

UNA NUOVA MISCELA A BASE DI BENTHIAVALICARB, FUNGICIDA SPECIFICO CONTRO PERONOSPORA DELLA VITE, DEL POMODORO E DELLA PATATA

A. BERGAMASCHI, G. PRADOLESI

Cerexagri Italia s.r.l., via Terni 275 S. Carlo di Cesena (FC)
andrea.bergamaschi@ccrexagri.com

RIASSUNTO

Benthiavalicarb è un nuovo fungicida appartenente alla famiglia degli ammino acidi amido carbammati, attivo contro gli oomiceti di diverse colture. Esso esplica una forte inibizione della crescita del micelio, sporulazione e germinazione degli sporangi e non causa resistenza incrociata con strobilurine e fenilamidi. La molecola svolge una forte attività preventiva e anche un'attività translaminare e curativa, con una eccellente azione residuale. Presenta un profilo eco-tossicologico molto favorevole e non ha causato alcun sintomo di fitotossicità sulle colture saggiate. Benthiavalicarb è proposto da Cerexagri Italia in miscela con rame (brocantite-idrossisolfato di rame), per la lotta contro la peronospora della vite, del pomodoro e della patata alla dose di 2 kg/ha (35 g/ha di benthiavalicarb e 750 g/ha di rame). Applicato con un intervallo di 10-12 gg (vite) e di 7-9 (pomodoro, patata) in prove sperimentali di efficacia, la miscela ha mostrato un'efficacia pari o superiore agli standard impiegati.

Parole chiave: benthiavalicarb, rame, *Plasmopara viticola*, *Phytophthora infestans*

SUMMARY

A NEW MIXTURE OF BENTHIAVALICARB, A SPECIFIC FUNGICIDE FOR THE CONTROL OF DOWNY MILDEW OF GRAPEVINE AND LIGHT BLIGHT OF TOMATO AND POTATO

Benthiavalicarb is a new fungicide, belonging to the amino acid amide carbamate family, active against oomycete fungal pathogens of various crops. It is strongly inhibitory of mycelial growth, sporulation and germination of sporangium and it does not cause cross resistance to phenilamide and strobilurin fungicides. This compound has not only strongly preventive activity but also curative and penetrant activity, with excellent residual activity. Benthiavalicarb has a very favorable toxicological and environmental profile and does not cause phytotoxic symptoms on the tested crops. It is mixed with copper (brocantite hydrosulphate of copper) a new speciality developed by Cerexagri Italy for the control of grape downy mildew, tomato and potato late blight. Used at 2 kg/ha, it brings 35 g/ha of benthiavalicarb and 750 g/ha of copper. Applied in a 10-12 day interval (grape) and 7-9 (tomato, potato), in efficacy trials, the mixture showed a high level of protection equal or better than the ones of other curative specialities.

Key-words: benthiavalicarb, copper, *Plasmopara viticola*, *Phytophthora infestans*

INTRODUZIONE

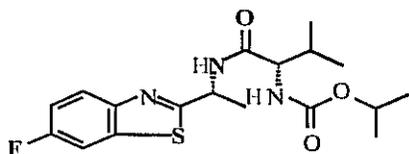
Benthiavalicarb è una nuova molecola derivante dalla ricerca di Kumiaï Chemical Industry e Ihara Chemical Industry, appartiene alla famiglia ammino acidi amido carbammati. Mostra un profilo eco-tossicologico molto favorevole, come si evince anche dalla breve descrizione fisico-chimica della molecola:

Caratteristiche fisico - chimiche

Nome chimico: isopropyl [(S)-1-[(R)-1-(6-fluorobenzothiazol-2-yl)-ethylcarbamoyl]-2-methylpropyl] carbamate

Nome comune: benthiavalicarb-isopropyl

Formula di struttura:



Formula molecolare bruta: $C_{18}H_{24}FN_3O_3S$

Peso molecolare: 381,46

Stato fisico: polvere bianca senza odore

Punto di fusione: 169,2°C

Pressione di vapore: $<3,0 \times 10^{-4}$ Pa

Solubilità: 13,14 mg/l

Log Pow: 2,52

Tossicologia:

DL₅₀ orale (topo): >5000mg/kg (maschio e femmina)

DL₅₀ orale (ratto): >5000mg/kg (maschio e femmina)

DL₅₀ cutanea (ratto): >2000mg/kg (maschio e femmina)

Irritazione oculare (coniglio): non irritante

Irritazione cutanea (coniglio): non irritante

Sensibilizzazione della pelle: non sensibilizzante

Mutagenesi: nessun potenziale mutageno

Teratogenicità: nessun potenziale teratogeno

Riproduzione: nessun effetto sfavorevole

Tossicità cronica: nessun potenziale cancerogeno

Ecotossicologia:

Uccelli: acuta (DL₅₀ orale): >2000mg/kg
subacuta (CL₅₀): >5000mg/l

Attività biologica

Benthiavalicarb presenta un'attività fungicida a dosi molto basse contro tutti i funghi della famiglia delle peronosporacee ad eccezione di quelle appartenenti al genere *Pythium*. La sua modalità d'azione riguarda la disorganizzazione delle membrane cellulari e la biosintesi dei lipidi (Miyake *et al.*, 2003). Le caratteristiche dell'attività biologica di benthiavalicarb sono state definite con svariati studi di laboratorio su *Phytophthora infestans* (Miyake *et al.*, 2003).

Tabella 1 – Attività di benthiavalicarb su *Phytophthora* spp.

Patogeno	Concentrazione minima inibitoria (M.I.C.) ppm
<i>Phytophthora infestans</i>	0,1 - 0,3
<i>Phytophthora capsici</i>	0,03 - 0,1
<i>Phytophthora palmivora</i>	0,1 - 0,3
<i>Phytophthora cactorum</i>	0,03 - 0,1
<i>Phytophthora nicotianae</i>	0,1 - 0,3
<i>Phytophthora porri</i>	0,1 - 0,3
<i>Phytophthora katsurae</i>	0,03 - 0,1
<i>Phytophthora megasperma</i>	0,1 - 0,3

I risultati ottenuti mostrano un'attività a bassa concentrazione sulla maggior parte degli stadi di sviluppo del fungo: crescita del micelio, sporulazione, liberazione delle zoospore e germinazione degli sporangi (tabella 2).

Benthiavalicarb presenta un'eccellente efficacia preventiva (tabella 3), un effetto curativo significativo (tabella 4), una buona capacità translaminare (tabella 5) (Miyake *et al.*, 2003), una capacità alla traslocazione apoplastica e una sistemica ascendente di livello moderato.

Tabella 2 – Efficacia di benthiavalicarb su *Phytophthora infestans* *in vitro*

Prodotto	Concentrazione letale CL ₉₀ (mg m.a./litro)				
	Sporulazione	Emissione zoospore	Zoospore mobili	Germinazione zoospore	Germinazione sporangi
Benthiavalicarb	0,6	> 100	> 100	0,07	0,03
Dimethomorph	2,9	22	> 100	0,1	0,08
Mancozeb	> 100	3,3	1 - 3	1 - 3	66

Tabella 3 – Attività preventiva contro peronospora della vite e del pomodoro in serra

Prodotto	Dose mg p.a./l	% efficacia	
		Pomodoro	Vite
Benthiavalicarb	10	100	100
Benthiavalicarb	3	100	98
Benthiavalicarb	1	97	84
Dimethomorph	10	89	78
Metalaxyl	10	79	100
Mancozeb	10	27	75
Testimone*	-	(100)	(84)

* (% infezione)

Tabella 4 – Attività curativa contro peronospora della vite e del pomodoro in serra

Prodotto	Dose mg p.a./l	% efficacia	
		Pomodoro	Vite
Benthiavalicarb	30	100	100
Benthiavalicarb	10	100	98
Benthiavalicarb	3	39	59
Dimethomorph	30	0	58
Metalaxyl	10	0	100
Testimone*	-	(100)	(95)

* (% infezione)

Tabella 5 – Attività translaminare*

Prodotto	Dose mg p.a./l	% efficacia
Benthiavalicarb	100	100
Benthiavalicarb	30	82
Dimethomorph	100	46
Metalaxyl	30	97
Mancozeb	100	22
Testimone**	-	(100)

* dalla pagina superiore a quella inferiore

** (percentuale di infezione)

Tabella 6 – Attività residuale e resistenza al dilavamento su pomodoro in serra

Prodotto	Rapporto CL ₅₀ (mg p.a./l)*	
	Attività residuale	Resistenza al dilavamento
Benthiavalicarb	1,5	2,3
Dimetomorph	2,2	25,2
Mancozeb	3,7	3,0

CL₅₀= concentrazione di prodotto che porta alla morte il 50% della popolazione trattata

*Attività residuale : CL₅₀ a 7 giorni/CL₅₀ a T₀
Resistenza al dilavamento: CL₅₀ pioggia (30 mm/h per 1h)/ CL₅₀ 0 mm pioggia (maggiore è il valore del rapporto, minore è la resistenza al dilavamento)

La molecola presenta inoltre una ottima resistenza al dilavamento, come si può osservare in tabella 6 (Miyake *et al.*, 2003).

Benthiavalicarb è sviluppato in miscela con prodotti di copertura quali rame, folpet, mancozeb, in quanto essi esplicano la loro attività fungina con un'azione multisito tale da prevenire l'insorgenza di ceppi resistenti.

Le verifiche sperimentali sono iniziate nel 2001 e di seguito viene riportata una sintesi, al fine di dimostrare l'interesse e l'efficacia di una miscela di benthiavalicarb e rame. La messa a punto della formulazione ha beneficiato dei miglioramenti recentemente approntati da Cerexagri S.A. in tema di sviluppo di una forma cristallina denominata "brocantite" a base di idrossisolfato di rame e di formulazione in granuli idrodispersibili (Ferrier *et al.*, 2003).

MATERIALI E METODI

Dal 2001 al 2003 sono state realizzate 8 prove di efficacia sulla vite, 2 nel 2002 sul pomodoro, 1 sulla patata. Tutte le prove sono state effettuate seguendo le Buone Pratiche di Sperimentazione (GAP) sulla base delle linee guida EPPO per vite, pomodoro e patata. Le prove sperimentali condotte su vite sono state impiantate in regioni vitivinicole come

Piemonte, Veneto e Emilia-Romagna in cui la peronospora crea le situazioni più difficili per un controllo adeguato, in termini di gravità delle infezioni peronosporiche che si generano durante la stagione.

Lo schema sperimentale era a blocchi randomizzati con testimone incluso nella prova. In tutti i campi sperimentali (vite, pomodoro, patata) si è operato in condizioni naturali di infezione, con l'eccezione del 2003 in Emilia-Romagna, dove si è ricorso, su vite, ad alcune irrigazioni sopra chioma per mantenere un tasso di umidità favorevole allo sviluppo della malattia. Il volume di adacquamento a trattamento è stato: per la vite 800-1000 l/ha, per pomodoro e patata 500-700 l/ha.

Dato che si è trattato di prove efficacia sono stati eseguiti un numero adeguato di trattamenti per tutta la stagione, tali da garantire un'efficace lotta contro la malattia e precisamente: sulla vite 6-8 applicazioni con un turno di 10-12 gg, su pomodoro e patata 5-8 applicazioni con un turno di 7-9 gg.

I rilievi consistevano in una stima visuale dei danni provocati dalla malattia. Per la vite i rilievi, sia su grappolo che su foglia, erano finalizzati a valutare la percentuale di organi attaccati (frequenza) e il livello di danno (intensità). Per pomodoro e patata si è compiuta la medesima valutazione esclusivamente su foglie. I risultati ottenuti sono stati sottoposti ad analisi della varianza ed al confronto delle medie con il test di Duncan o di Student-Newman-Keuls. Su pomodoro, inoltre, al momento della raccolta si è stimata la produzione delle singole tesi. Il momento del rilievo finale è stato: per vite in prossimità dell'invasatura (BBCH 81-83), per pomodoro al 70-80% della colorazione dei frutti nei palchi principali (BBCH 87-88) e per patata a circa il 70-80 % della massa finale dei tuberi (BBCH 47- 48).

Lo standard nelle prove vite fino al 2002 è stato la miscela dimethomorph e rame alla dose di omologazione. Nel 2003 si è impiegata una miscela ternaria a base di iprovalicarb, mancozeb e fosetil alluminio, alla quale si confrontava anche una miscela estemporanea fra fosetil alluminio (dose di impiego 1,2 kg/ha) e la miscela benthiavalicarb + rame, il fine era di saggiarne l'efficacia e la selettività sulla pianta. Gli standard impiegati per pomodoro e patata sono stati le miscele di dimethomorph e rame, cymoxanil e rame alle dosi registrate per queste colture. La miscela benthiavalicarb e rame ha una composizione pari a 1,75% di benthiavalicarb e 37,5% di rame da idrossisolfato. La dose impiegata è stata di 2 kg/ha, con un apporto di materia attiva rispettivamente di 35 g/ha per benthiavalicarb e 750 g/ha di rame.

RISULTATI

Benthiavalicarb in miscela con idrossisolfato di rame è stato saggiato negli ultimi anni in numerose prove efficacia. Alla dose di 35 g p.a./ha per benthiavalicarb e 750 g p.a./ha di rame ad un intervallo di 10-12 giorni il formulato ha dimostrato un'elevata efficacia nei confronti della peronospora della vite, comparabile ai normali standard utilizzati (dimethomorph, iprovalicarb). In particolare è risultato altamente attivo sia nella protezione della foglia che in quella del grappolo (tabelle 7, 8, 9). Benthiavalicarb è risultato anche perfettamente miscibile con fosetil alluminio, garantendo una migliore e più prolungata protezione delle foglie.

Su pomodoro, con un intervallo di 7-9 giorni, il formulato si è dimostrato molto attivo nei confronti di *Phytophthora infestans*, al pari dei migliori standard di riferimento, proteggendo efficacemente la massa vegetale e portando a maturazione il carico produttivo delle piante trattate (tabella 10). Anche sulla peronospora della patata l'attività di benthiavalicarb in miscela con idrossisolfato di rame è risultata elevata quanto quella dei migliori standard testati (tabella 11).

Tabella 7 – Efficacia di bentiavalicarb in miscela con idrossisolfato di rame contro *Plasmopara viticola* su vite (Italia 2001 – 1 prova)

Tesi	dose g p.a./ha	% superficie fogliare infetta	% foglie infette	% acini infetti	% grappoli infetti
Testimone	-	9,3 a	68,2 a	33,9 a	57,4 a
Bentiavalicarb + idrossisolfato di Cu	35 + 750	0,3 b	8,0 b	0 b	0 b
Dimethomorph + ossicloruro di Cu	210 + 1400	0,2 b	6,5 b	0 b	0 b

I valori contrassegnati dalla medesima lettera, nella stessa colonna, non differiscono significativamente secondo il test di Duncan (P=0,05)

Tabella 8 – Efficacia di bentiavalicarb in miscela con idrossisolfato di rame contro *Plasmopara viticola* su vite (Italia 2002 – media di 5 prove)

Tesi	Dose g p.a./ha	% superficie fogliare infetta	% foglie infette	% acini infetti	% grappoli infetti
Testimone	-	30,7	87,5	56	78,4
Bentiavalicarb + idrossisolfato di Cu	35 + 750	0,7	7,7	0,9	4,4
Dimethomorph + ossicloruro di Cu	210 + 1400	1,7	12	0,9	3,3

Tabella 9 – Efficacia di bentiavalicarb in miscela con idrossisolfato di rame contro *Plasmopara viticola* su vite (Italia 2003 - media 2 prove)

Tesi	Dose g p.a./ha	% superficie fogliare infetta	% foglie infette	% acini infetti	% grappoli infetti
Testimone	-	37,7	54,9	8,2	35,4
Bentiavalicarb + idrossisolfato di Cu	35 + 750	1,6	16	0,3	0,9
Bentiavalicarb + idrossisolfato di Cu + fosetyl Al	35 + 750 + 1000	0,8	17,9	0	0
Iprovalicarb + mancozeb + fosetyl Al	119 + 1001 + 1298,5	5,6	27,7	0	0

Tabella 10 – Efficacia di bentiavalicarb in miscela con idrossisolfato di rame contro *Phytophthora infestans* su pomodoro (Italia 2002 - media 2 prove)

Tesi	dose g p.a./ha	% superficie fogliare infetta	% foglie infette	Produzione (T/ha)
Testimone	-	85,8	100	16,5
Bentiavalicarb + idrossisolfato di Cu	35 + 750	3,6	81	99,2
Dimethomorph + ossicloruro di Cu	210 + 1400	5,1	85	91,5
Cymoxanil + ossicloruro di Cu	147 + 1391,25	19,1	100	54,1

Tabella 11 – Efficacia di benthiavalicarb in miscela con idrossisolfato di rame contro *Phytophthora infestans* su patata (Italia 2003 - 1 prova)

Tesi	dose g p.a./ha	% superficie fogliare infetta	% foglie infette
Testimone	-	25 a	11,5 a
Benthiavalicarb + idrossisolfato di Cu	35 + 750	10,8 b	5 b
Dimethomorph + ossicloruro di Cu	210 + 1400	9 b	4,8 b
Iprovalicarb + ossicloruro di Cu	147 + 1277,5	10,8 b	4,8 b
Cymoxanil + ossicloruro di Cu	147 + 1391,25	11 b	5 b

I valori contrassegnati dalla medesima lettera, nella stessa colonna, non differiscono significativamente secondo il test di Student-Newman-Keuls (P=0,05)

CONCLUSIONI

Benthiavalicarb ha dimostrato, nei tre anni di prova, un'elevata efficacia antiperonosporica anche in considerazione dei bassi dosaggi con cui è stato saggiato.

Durante il periodo di sperimentazione non si sono mai riscontrati effetti fitotossici sulle diverse colture trattate e, su vite, neppure in miscela con fosetil alluminio. Al contrario si è potuto osservare un cosiddetto effetto "greening" della piante trattate. Sia su vite che su pomodoro e patata il prodotto si è rivelato particolarmente efficace ed idoneo durante tutte le fasi della coltura perché in grado di proteggere sia la massa vegetale che la produzione.

Il meccanismo d'azione, diverso rispetto ai più consolidati prodotti utilizzati nella lotta antiperonosporica delle colture agrarie, consente l'impiego di benthiavalicarb anche in strategia antiresistenza, peraltro già implementata all'interno del formulato dal partner multisito rappresentato dall'idrossisolfato di rame. Il favorevole profilo tossicologico ed ecotossicologico permettono a benthiavalicarb di essere impiegato nei moderni programmi di difesa integrata.

LAVORI CITATI

- ANONIMO, 2000. Directive n°PP1/31(2) Guide lines for the efficacy evaluation of fungicides *Plasmopora viticola*, EPPO European and Mediterranean Plant Protection Organization.
- ANONIMO, 1997. Directive n° PP1/65(3) Guide lines for the efficacy evaluation of fungicides, Downy mildews of lettuce and other vegetables, EPPO European and Mediterranean Plant Protection Organization.
- VERGNET C., GIRANTET T., LASSUS X., HELLER J.J., 2003. Une nouvelle association a base de benthiavalicarbe et de cuivre pour lutter contre le mildiou de la vigne en fin de saison. *Conférence Internationale sur les Maladies des Plantes*, Tours, Décembre 2003.
- VERGNET C., GIRANTET T., ROUBAUD G., HELLER J.J., 2003. Le benthiavalicarbe, un nouveau fongicide pour lutter contre le mildiou de la tomate. *Conférence Internationale sur les Maladies des Plantes*, Tours, Décembre 2003.
- FERRIER F., VERGNET C., GIRANTET T., HELLER J.J., JONCHERAY G., 2003. La Bouillie Bordelaise: de la fabrication «à la ferme» à la formulation en granulés dispersibles. *Conférence Internationale sur les Maladies des Plantes*, Tours, Décembre 2003.
- MIYAKE Y., SAKAI J., MIURA I., NAGAYAMA K., SHIBATA M., JAMES P., 2003. Le benthiavalicarbe: nouveau fongicide spécifique des oomycètes (mildious de la vigne, de la pomme de terre, de la tomate, etc.). *Conférence Internationale sur les Maladies des Plantes*, Tours, Décembre 2003.