

**FLUOPYRAM (LUNA® PRIVILEGE): UNA NUOVA SOSTANZA ATTIVA
FUNGICIDA PER IL CONTROLLO DI *BOTRYTIS CINEREA*
SU VITE E ORTICOLE**

V. LAZZARI, G. ARCANGELI, A. BOEBEL, A. GUALCO, S. LAZZATI, R. PIOMBO,
A. CANTONI

Bayer CropScience S.r.l. - Viale Certosa, 130, 20156 Milano
vittorio.lazzari@bayercropscience.com

RIASSUNTO

Fluopyram è una sostanza attiva fungicida appartenente alla nuova classe chimica delle piridinil-etil-benzammidi, scoperta e brevettata da Bayer CropScience. È un fungicida che possiede un'elevata attività biologica nei confronti di diversi ascomiceti patogeni di piante arboree, erbacee e orticole tra cui botrite (*Botrytis cinerea*), oidio (*Erysiphe* spp., *Podosphaera leucotricha*, *Sphaerotheca* spp., *Leveillula taurica*), monilia (*Monilinia* spp.), alternaria (*Alternaria* spp.), maculatura bruna (*Stemphylium vesicarium*), ticchiolatura (*Venturia* spp.) e di alcuni patogeni da conservazione (*Gloeosporium* spp., *Penicillium* spp.). Fluopyram inibisce la respirazione mitocondriale interferendo con l'attività dell'enzima Succinato Deidrogenasi, bloccando il trasporto degli elettroni a livello del Complesso II della catena respiratoria (SDH-Inibitore) e inducendo la morte delle cellule fungine. A causa di questo meccanismo di azione, fluopyram è attivo su diversi stadi del ciclo di sviluppo fungino quali la germinazione delle spore, l'accrescimento del tubulo germinativo e lo sviluppo del micelio. In questo lavoro vengono descritte le caratteristiche chimico-fisiche, tossicologiche ed ecotossicologiche di fluopyram ed una sintesi dei risultati delle sperimentazioni condotte in Italia per la verifica della sua attività di controllo di *B. cinerea* su importanti colture italiane quali vite, fragola, lattuga, pomodoro e zuccino.

Parole chiave: fluopyram, vite, orticole, *Botrytis cinerea*

SUMMARY

**FLUOPYRAM (LUNA® PRIVILEGE): A NEW ACTIVE SUBSTANCE EFFECTIVE
AGAINST *BOTRYTIS CINEREA* IN GRAPES AND VEGETABLES**

Fluopyram belongs to a new chemical class, the pyridinyl-ethyl-benzamides, discovered and patented by Bayer CropScience. Fluopyram is a fungicide which provides excellent efficacy against a wide range of ascomycetes in grapevine, fruit trees and vegetables such as grey mould (*Botrytis cinerea*), powdery mildew (*Erysiphe* spp., *Podosphaera leucotricha*, *Sphaerotheca* spp., *Leveillula taurica*), as well as blossom blight, brown rot (*Monilinia* spp.), brown spot (*Alternaria* spp., *Stemphylium vesicarium*), scab (*Venturia* spp.) and storage diseases (*Gloeosporium* spp., *Penicillium* spp.). Fluopyram inhibits mitochondrial respiration by interfering with Succinate DeHydrogenase at level of Complex II in the respiratory chain (SDH Inhibitor) and causing the death of the fungus. Due to this mode of action, fluopyram is effective on several stages of the fungal development cycle such as the spore germination, the tube elongation and the growth of mycelium. In this paper are presented the physical-chemical, toxicological and ecotoxicological properties of fluopyram as well as a summary of the results of trials carried out in Italy in order to verify the effectiveness against *B. cinerea* on grapes, strawberry, lettuce, tomato, cucumber and courgette.

Keywords: fluopyram, grapes, vegetables, *Botrytis cinerea*

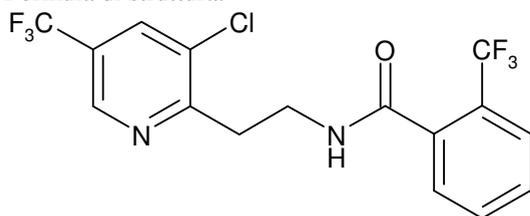
INTRODUZIONE

La sostanza attiva fluopyram è una molecola fungicida appartenente alla nuova classe chimica delle piridinil-etil-benzammidi, scoperta e brevettata da Bayer CropScience. Possiede un meccanismo d'azione specifico che non presenta resistenze incrociate nei confronti dei fungicidi QoI attivi contro alcuni ascomiceti (Leroux e Berthier, 1988). È efficace contro un vasto spettro di funghi patogeni di piante arboree, erbacee e orticole tra i quali: botrite (*Botrytis cinerea*), oidio (*Erysiphe* spp., *Podosphaera leucotricha*, *Sphaerotheca* spp., *Leveillula taurica*), monilia (*Monilinia* spp.), alternaria (*Alternaria* spp.), maculatura bruna (*Stemphylium vesicarium*), ticchiolatura (*Venturia* spp.) e malattie da magazzino (*Gloeosporium* spp., *Penicillium* spp.). Fluopyram è dotato di buona durata d'azione ed ha profilo biologico preventivo a cui associa proprietà potenzialmente curative.

Proprietà chimico-fisiche

Nome comune ISO:	fluopyram
Classe chimica:	piridinil-etil-benzammidi
Nome chimico IUPAC:	2,9-bis(trifluoromethyl)-6,7-dihydropyrido[2,3-e][2]benza-zocin-8(5H)-one
Formula empirica:	C ₁₆ H ₁₁ Cl F ₆ N ₂ O

Formula di struttura:



Peso molecolare:	396,72 g/mol
Stato fisico:	Polvere bianca
Solubilità in acqua (pH 4-9, 20 °C)	15-16 mg/L
Pressione di vapore a 25 °C:	1,2x10 ⁻⁶ Pa a 20 °C
Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua:	log Pow 3,3 (pH 6,5 a temperatura ambiente)

Tossicologia

Tossicità acuta	
DL ₅₀ orale ratto	DL ₅₀ > 2000 mg/kg
DL ₅₀ dermale ratto	DL ₅₀ > 2000 mg/kg
CL ₅₀ inalatoria ratto	CL ₅₀ > 5112 mg/m ³
Irritazione occhi/cute	Non irritante
Sensibilizzazione cutanea	Non sensibilizzante

Tossicità a lungo termine e dello sviluppo, mutagenesi

Mutagenesi	Non mutageno
Cancerogenesi	Non cancerogeno
Tossicità dello sviluppo	Non teratogeno, non tossico per la riproduzione

Ecotossicologia	
Trota iridea - <i>Oncorhynchus mykiss</i> (CL ₅₀ , 96 h)	>1,82 mg/L
Dafnia - <i>Daphnia magna</i> (CL ₅₀ , 48 h)	> 17 mg/L
Alghe - <i>Pseudokirchnerilla subcapitata</i> (EbC ₅₀ , 72 h)	8,9 mg/L
Quaglia - <i>Colinus virginianus</i> (DL ₅₀)	> 2000 mg/kg p.c.
Quaglia - <i>Colinus virginianus</i> (CL ₅₀ 5 gg via dieta)	> 5000 mg/kg dieta
Lombrico - <i>Eisenia foetida</i> (CL ₅₀)	> 1000 mg/kg substrato
Api e artropodi utili	Nessun effetto avverso alle dosi di impiego consigliate
Microrganismi del terreno	Nessun effetto avverso alle dosi di impiego consigliate

Gli studi condotti per indagare il comportamento ambientale di fluopyram non hanno evidenziato effetti inaccettabili nei diversi comparti.

L'utilizzo dei formulati a base di fluopyram, nelle condizioni di Buona Pratica Agricola, è considerato a basso rischio di effetti avversi su uccelli, mammiferi, lombrichi e altri organismi non bersaglio, artropodi utili presenti negli ecosistemi agricoli e microrganismi non bersaglio presenti nel suolo.

Meccanismo d'azione e comportamento nella pianta

Fluopyram agisce interferendo nei diversi stadi del ciclo di sviluppo fungino quali la germinazione delle spore, l'accrescimento del tubulo germinativo e lo sviluppo del micelio. A livello biochimico, fluopyram interferisce sulla respirazione mitocondriale bloccando la produzione di energia e inducendo la morte della cellula fungina. In particolare inibisce l'attività dell'enzima succinato-deidrogenasi coinvolto nel trasporto degli elettroni a livello del complesso II della catena respiratoria (complex II - SDH inhibitor), componente la membrana interna dei mitocondri (Rich, 1996; Hägerhäll, 1997). Fluopyram, applicato per via fogliare, protegge i tessuti vegetali in modo peculiare: la maggior parte della sostanza attiva è infatti localizzata sulla superficie dei tessuti vegetali, mentre una piccola quantità continua a penetrare all'interno dei tessuti stessi. È dotato di sistemìa acropeta (ridistribuzione per via xylematica) e di attività translaminare.

Formulazioni

E' stata sviluppata una formulazione in sospensione concentrata contenente 500 g/L di fluopyram (Luna® Privilege SC500) il cui impiego è previsto su vite, fragola, lattuga, alcune solanacee e cucurbitacee in pieno campo e in serra per il controllo di *B. cinerea*. Sono in sviluppo ulteriori formulazioni a base di fluopyram e altre sostanze attive fungicide a diverso meccanismo di azione, per l'impiego contro importanti patogeni quali oidio (*Erysiphe* spp., *Podosphaera leucotricha*, *Sphaerotheca* spp., *Leveillula taurica*), monilia (*Monilinia* spp.), alternaria (*Alternaria* spp.), maculatura bruna (*S. vesicarium*), ticchiolatura (*Venturia* spp.) e alcuni patogeni da conservazione (*Gloeosporium* spp., *Penicillium* spp.).

MATERIALI E METODI

Nelle sperimentazioni condotte in Italia è stata valutata l'efficacia di fluopyram nel controllo di importanti ascomiceti patogeni di vite, frutticole e orticole.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti su alcune colture rappresentative quali vite, fragola, lattuga, pomodoro e zuccino. In particolare, la formulazione contenente fluopyram è stata utilizzata con applicazioni fogliari, su vite e orticole alle dosi di 250-300 g di sostanza attiva/ha per il controllo di *B. cinerea*, a confronto con prodotti a diverso meccanismo d'azione.

Le sperimentazioni, realizzate dal 2006 al 2009, sono state effettuate nel rispetto dei principi della G.E.P. (Good Efficacy Practice), seguendo le indicazioni riportate nelle linee guida E.P.P.O. generali (PP 1/152, 2006; PP 1/181, 2003) e specifiche disponibili (PP 1/16, 1996; PP 1/17, 2000; PP 1/54, 2002). Le parcelle sono state distribuite secondo uno schema a blocchi randomizzati con 4 ripetizioni. Le prove sono state condotte applicando, per via fogliare, il prodotto contenente fluopyram su vite, nelle fasi di pre-chiusura e di maturazione dei grappoli, mentre su orticole durante tutto il ciclo vegetativo delle colture. Il trattamento fungicida è stato eseguito con attrezzature per irrorazione a motore adatte per trattare superfici sperimentali di piccole dimensioni. I volumi di acqua utilizzati sono variati in funzione del tipo di impianto e dello stadio vegetativo delle colture irrorate: su vite sono stati impiegati 800-1000 L/ha, su fragola 500-1000 L/ha, su pomodoro 500-1500 L/ha, su zucchini 750-1500 L/ha e su lattuga 500-1000 L/ha. Nelle località di prova e nel periodo compreso tra il primo trattamento l'ultimo rilievo, sono stati raccolti i dati meteorologici più significativi per l'interpretazione dei risultati (con cadenza giornaliera: temperatura, umidità relativa, precipitazioni totali).

L'efficacia dei formulati è stata valutata verificando la riduzione dei danni causati dai diversi patogeni fungini su foglie, steli e frutti, misurati in termini di incidenza e di severità, rispetto ad un testimone non trattato, così come indicato nelle citate linee guida EPPO. I dati delle singole prove sono stati sottoposti ad analisi statistica (analisi della varianza e Test di Duncan con $P=0,05$). I rilievi relativi alla fitocompatibilità sono stati eseguiti riferendosi alla linea guida EPPO specifica (PP 1/135, 2006), valutando gli effetti sui diversi organi della coltura trattata.

RISULTATI E DISCUSSIONE

I risultati ottenuti su vite contro *B. cinerea* (tabella 1) indicano come fluopyram, impiegato a dosi di 250 e 300 g s.a./ha, sia particolarmente adatto per applicazioni nelle fasi di pre-chiusura e maturazione grappolo, garantendo elevati livelli di controllo del patogeno, uguali o superiori a quelli delle sostanze attive a confronto, siano esse dotate di meccanismo di azione simile o differente.

Tabella 1. Vite: efficacia su *B. cinerea* di applicazioni fogliari in pre-chiusura grappolo e invaiatura-maturazione (media di 12 prove 2007-2009)

Prodotti	Dosi f.c. kg-L/ha	Dosi s.a. g/ha	Efficacia su grappoli	
			Incidenza	Severità
Testimone	-	-	(55,8)	(19,7)
Fluopyram SC500	0,5	250	80,1	85,3
	0,6	300	86,2	90,8
Boscalid WG50	1,2	600	74,7	78,9
Cyprodinil+fludioxonil WG62,5	0,8	300 + 200	76,9	81,4
2 trattamenti a prechiusura e a maturazione grappolo			grado d'azione % Abbott	

I risultati riportati contro *B. cinerea* su fragola, lattuga, pomodoro e zucchini (tabelle 2, 3, 4 e 5) indicano come fluopyram, impiegato alle dosi di 250 e 300 g s.a./ha, in applicazioni a partire dalle fasi di fioritura fino a pre-raccolta (fragola) o con applicazioni a calendario con intervallo di 8-12 giorni (lattuga, pomodoro e zucchini) abbia garantito elevati livelli di efficacia e prolungata durata d'azione, fornendo la protezione necessaria agli organi vegetali

suscettibili di infezione. I rilievi specifici effettuati nelle sperimentazioni sopracitate hanno evidenziato una perfetta fitocompatibilità del prodotto su tutte le colture in prova.

Tabella 2. Fragola: efficacia su *B. cinerea* di applicazioni fogliari da fioritura a maturazione-pre-raccolta (media di 9 prove 2006-2009)

Prodotti	Dosi f.c. kg-L/ha	Dosi s.a. g/ha	Efficacia su frutti Incidenza
Testimone	-	-	(41,1)
Fluopyram SC500	0,5	250	76,7
	0,6	300	81,5
Pyraclostrobin + boscalid WG33,4	1,8	120+480	73,9
Cyprodinil+fludioxonil WG62,5	0,8	300+200	79,6
2-3 trattamenti da fioritura a maturazione-pre-raccolta			grado d'azione % Abbott

Tabella 3. Lattuga: efficacia su *B. cinerea* di applicazioni fogliari con intervalli di 8-12 giorni (media di 5 prove 2006-2008)

Prodotti	Dosi f.c. kg-L/ha	Dosi s.a. g/ha	Efficacia su piante Severità
Testimone	-	-	(36,4)
Fluopyram sc500	0,5	250	93,6
	0,6	300	96,6
Pyraclostrobin + boscalid WG33,4	1,5	100+400	89,5
Cyprodinil+fludioxonil WG62,5	0,7	263 + 175	95,2
3-4 trattamenti a 8-12 gg di intervallo			grado d'azione % Abbott

Tabella 4. Pomodoro: efficacia su *B. cinerea* di applicazioni fogliari da fioritura a pre-raccolta (media di 3 prove 2006-2008)

Prodotti	Dosi f.c. kg-L/ha	Dosi s.a. g/ha	Efficacia su fusti Incidenza
Testimone	-	-	(25,2)
Fluopyram SC500	0,5	250	87,6
	0,6	300	95,0
Pyraclostrobin + boscalid WG33,4	1,8	120+480	77,9
Cyprodinil+fludioxonil WG62,5	0,8	300+200	82,8
4-5 trattamenti da fioritura a pre-raccolta			grado d'azione % Abbott

Tabella 5. Zucchino: efficacia su *B. cinerea* di applicazioni fogliari da fioritura a pre-raccolta (media di 3 prove 2006-2008)

Prodotti	Dosi f.c. kg-L/ha	Dosi s.a. g/ha	Efficacia su frutti Incidenza
Testimone	-	-	(36,3)
Fluopyram SC500	0,5	250	82,1
	0,6	300	89,4
Cyprodinil+fludioxonil WG62,5	0,8	300+200	82,6
3-5 trattamenti da fioritura a pre-raccolta			grado d'azione % Abbott

CONCLUSIONI

I risultati delle sperimentazioni condotte dal 2006 al 2009 e riportate in questo articolo dimostrano che fluopyram, impiegato preventivamente su vite, fragola, lattuga, pomodoro e zuccino, ha sempre garantito ottima efficacia contro botrite (*B. cinerea*), garantendo un livello di protezione delle colture almeno pari a quello dei migliori standards di confronto esistenti sul mercato italiano, indipendentemente dal loro meccanismo di azione. L'eccellente attività di fluopyram, nei confronti di questa crittogama sulle diverse colture, si esplica a carico degli organi vegetali suscettibili, siano essi l'intera pianta, i fusti o i frutti, e permette alle piante di svilupparsi in buono stato sanitario garantendo produzioni ottimali.

Tali caratteristiche, unite al favorevole profilo tossicologico ed ecotossicologico, identificano fluopyram quale valida alternativa alle sostanze attive attualmente disponibili per il controllo di *B. cinerea* e ne suggeriscono l'inserimento con successo nei programmi di difesa dai patogeni fungini di importanti colture italiane quali vite ed orticole coltivate in pieno campo od in serra.

LAVORI CITATI

- Hägerhäll C., 1997. Succinate: quinone oxidoreductases, variations on a conserved theme. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1320 (2), 107-141.
- Leroux P., Berthier G., 1988. Resistance to carboxin and fenfuram in *Ustilago nuda* (Jens.) Rostr., the causal agent of barley loose smut. *Crop Protection*, 7, 16-19.
- OEPP/EPPO, 1996. *Botrytis cinerea* on strawberry. Guideline for biological Evaluation of Pesticide No. PP 1/16 (2).
- OEPP/EPPO, 2000. *Botryotinia fuckeliana* on grapevine. Guideline for biological Evaluation of Pesticide No. PP 1/17 (3).
- OEPP/EPPO, 2002. *Botrytis* spp. on vegetables. Guideline for biological Evaluation of Pesticide No. PP 1/54 (3).
- OEPP/EPPO, 2003. Conduct and reporting of efficacy evaluation trials. Guideline for biological Evaluation of Pesticide No. PP 1/181(3).
- OEPP/EPPO, 2006. Design and analysis of efficacy evaluation trials. Guideline for biological Evaluation of Pesticide No. PP 1/152 (3).
- OEPP/EPPO, 2006. Phytotoxicity assessment. Guideline for biological Evaluation of Pesticide No. PP 1/135 (3).
- Rich PR., 1996. Quinone binding sites of membrane proteins as targets for inhibitors. *Pesticide Science*, 47, 287-296.