

PENTHIOPYRAD (FONTELIS®) NUOVO FUNGICIDA AD AMPIO SPETTRO PER FRUTTIFERI ED ORTICOLE: CARATTERISTICHE GENERALI ED EFFICACIA SULLE PRINCIPALI MALATTIE FUNGINE DELLE POMACEE

L. MILANESI, C. PIROVANO, M. AUDISIO, R. RASERA, S. PASQUINI
DuPont de Nemours Italiana S.r.l. - Via P. Gobetti 2/c, 20063 Cernusco sul Naviglio (MI)
Lorenzo.Milanesi@ita.dupont.com

RIASSUNTO

Penthiopyrad (Fontelis®) è un nuovo fungicida appartenente alla famiglia chimica delle carbossamidi (FRAC Gruppo 7 - SDHI, inibitori della succinato deidrogenasi) per la difesa di numerose colture frutticole e orticole in pieno campo ed ambiente protetto. Penthiopyrad è attivo nei confronti di un ampio spettro di patogeni, quali ticchiolatura delle pomacee, oidio, alternaria, maculatura bruna del pero, botrite, sclerotinia e monilia. L'elevata efficacia, l'innovativo spettro d'azione ed il suo profilo tossicologico ed ambientale lo rendono altamente compatibile ai programmi di produzione integrata. L'esperienza di cinque anni di prove condotte nel Nord Italia su melo e pero mette in luce l'ottima efficacia di Fontelis nei confronti delle principali malattie fungine delle pomacee. Fontelis alla dose di 75 ml/hl di prodotto formulato è risultato uguale o superiore ai migliori standard di riferimento nel controllo di ticchiolatura, oidio, e maculatura bruna del pero.

Parole chiave: penthiopyrad, Fontelis, ticchiolatura, oidio, pomacee

SUMMARY

PENTHIOPYRAD (FONTELIS®) NOVEL BROAD SPECTRUM FUNGICIDE FOR FRUITS AND VEGETABLES: GENERAL FEATURES AND EFFICACY AGAINST MAIN POME FRUITS DISEASES

Penthiopyrad (Fontelis®) is a novel fungicide belonging to the chemical family of carboxamides (FRAC Group 7 - SDHI, Succinate DeHydrogenase Inhibitors). It is currently under registration for the protection of many fruit and vegetable crops in open field and protected environment. Penthiopyrad is active against a broad spectrum of pathogens, such as apple and pear scab, powdery mildew, *Alternaria* spp., brown spot of pear, grey mould, white mould, blossom blight and brown rot. High efficacy, innovative spectrum of activity and its toxicological and ecotoxicological profile make it highly compatible with Integrated Pest Management. Five years of trials carried out in Northern Italy on apples and pears show the excellent efficacy of Fontelis against main pome fruit diseases. Fontelis at the rate of 75 ml/hl of formulated product was equal or better than the best standard products in the control of apple scab, powdery mildew, and brown spot of pear.

Keywords: penthiopyrad, Fontelis, apple scab, powdery mildew, pome fruits

INTRODUZIONE

Penthiopyrad (Fontelis®) è un nuovo fungicida appartenente alla famiglia chimica delle carbossamidi (FRAC Gruppo 7 - SDHI, inibitori della succinato deidrogenasi) (Ganske *et al.*, 2009). Agisce inibendo il complesso enzimatico della deidrogenato succinasi (SQR), bloccando la

respirazione delle cellule fungine a livello mitocondriale. Viene così inibita la germinazione delle spore e la crescita del micelio (Martin *et al.*, 2009).

Il prodotto è attivo nei confronti di numerosi patogeni appartenenti alle sottodivisioni dei Basidiomiceti e Ascomiceti. In particolare alle dosi di 150-600 g/ha di sostanza attiva, Fontelis controlla un ampio spettro di malattie fungine di primario interesse commerciale quali: ticchiolatura delle pomacee, oidio, alternaria, maculatura bruna del pero, botrite, sclerotinia e monilia.

Fontelis è formulato come soluzione concentrata a 200 g/l di penthiopyrad e verrà registrato in Europa su numerose colture frutticole e orticole, sia in coltura protetta che di pieno campo (Troisi *et al.*, 2012). Esso è dotato di un'ottima attività preventiva, un'elevata resistenza al dilavamento e persistenza d'azione. Il suo profilo tossicologico ed ecotossicologico è molto favorevole.

In questo lavoro sono descritte le proprietà fisico-chimiche, biologiche e tossicologiche, ed il meccanismo d'azione della molecola. Vengono riportati inoltre in sintesi i risultati delle prove sperimentali effettuate negli anni 2007-2011 in diversi ambienti italiani con Fontelis sulle principali malattie fungine delle pomacee.

Proprietà fisico-chimiche

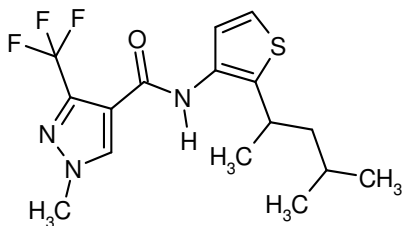
Codice sperimentale: DPX-LEM17

Nome comune: penthiopyrad

Gruppo chimico: carbossamidi

Numero CAS: 183675-82-3

Formula di struttura:



Peso molecolare: 359,4 g/mole

Stato fisico: solido, inodore, bianco

Punto di fusione: 109°C

Solubilità in acqua (pH7): 1,38 mg/l

Coeff. Part. ottanolo/acqua (pH7): 4,62 (Log P_{ow})

Tensione di vapore (20°C): $2,96 \times 10^6$ Pa

Penthiopyrad non è infiammabile, esplosivo od ossidante.

Tossicologia

Nei confronti dei mammiferi penthiopyrad e Fontelis hanno dimostrato una bassa tossicità acuta a seguito di esposizione orale, dermale e inalatoria. Non sono irritanti né sensibilizzanti per la pelle e gli occhi. Penthiopyrad non è neurotossico, mutageno, teratogeno, o tossico per la riproduzione.

Tabella 1. Profilo tossicologico di penthiopyrad e Fontelis

Tipo di studio	Specie	Penthiopyrad	Fontelis
Acuta orale	Topo	DL ₅₀ >2000 mg/kg	DL ₅₀ >5000 mg/kg
Dermale	Topo	DL ₅₀ >2000 mg/kg	DL ₅₀ >5000 mg/kg
Inalazione	Topo	CL ₅₀ a 4 ore >5,7 mg/l	CL ₅₀ a 4 ore >3,5 mg/l
Irritazione della pelle	Coniglio	Non irritante	Non irritante
Irritazione degli occhi	Coniglio	Non irritante	Non irritante
Sensibilizzazione per la pelle	Guinea pig /Topo	Non sensibilizzante	Non sensibilizzante

Ecotossicologia

Fauna selvatica e microrganismi non-target - Penthiopyrad ha una bassa tossicità nei confronti di uccelli, pesci, organismi acquatici, lombrichi e microflora del terreno.

Quaglia (DL ₅₀)	> 2250 mg/kg p.c./gg
Quaglia (CL ₅₀ 5gg via dieta)	> 5620 mg/kg p.c./gg
Anatra (CL ₅₀ 5gg via dieta)	> 5620 mg/kg p.c./gg
Trota Iridea (CL ₅₀ , 96 h)	0,36 mg s.a./l – 2,2 mg p.f./l
Lombrichi (CL ₅₀)	203,3 mg s.a./kg suolo
<i>Daphnia magna</i> (EC ₅₀)	2,53 mg s.a./l
<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> (EbC ₅₀ , 72h)	6,5 mg s.a./l

Studi di tossicità acuta con il prodotto formulato sono stati condotti su pesci d'acqua dolce e salata, dafnidi, alghe e insetti acquatici, dimostrando che i dafnidi sono gli organismi più sensibili. L'olio contenuto nel formulato è stato individuato come la causa dell'immobilizzazione della *Daphnia magna*. L'alto valore di CL₅₀ conferma la sicurezza del prodotto per i lombrichi.

Eventuali effetti di Fontelis sui microrganismi non-target del suolo sono stati valutati calcolando la mineralizzazione del carbonio e la trasformazione dell'azoto. Nessuna differenza è stata riscontrata su suoli trattati rispetto allo standard di riferimento.

Api e altri artropodi utili - Gli studi effettuati con Fontelis hanno dimostrato che il prodotto è sicuro per le api. La DL₅₀ sia per esposizione orale che per contatto è risultata molto elevata.

Tabella 2. Tossicità di Fontelis nei confronti di ape domestica (*Apis mellifera*)

Esposizione	DL ₅₀ (µg prodotto/ape)
Acuta contatto	>482,6
Acuta orale	>517,4

Sulla base dei dati generati per verificare l'effetto di Fontelis sugli artropodi non-target, si può affermare che il fungicida è sicuro per le popolazioni testate alle dosi consigliate. Ampi margini di sicurezza sono stati dimostrati per le specie *Aphidius rhopalosiph*, *Chrysoperla carnea* e *Orius laevigatus*. Test di campo condotti su melo hanno evidenziato la sicurezza del prodotto anche per *Typhlodromus pyri* alla dose di 225 g s.a./ha, applicato 3 volte.

Meccanismo e spettro d'azione

Penthiopyrad è un nuovo fungicida appartenente alla classe chimica degli SDHI (*succinate dehydrogenase inhibitor* – Gruppo 7 FRAC). Il meccanismo d'azione consiste nell'inibizione a livello intracellulare del complesso enzimatico della succinato deidrogenasi, conosciuto anche come SQR. La succinato deidrogenasi gioca un ruolo chiave nella produzione dell'acido citrico e nel trasporto degli elettroni nei mitocondri, entrambi processi fondamentali per la respirazione aerobica. L'inibizione di questo enzima causa il blocco della respirazione cellulare e priva il patogeno fungino dell'energia necessaria per la sopravvivenza. Viene così bloccata la germinazione delle spore e la crescita del fungo, che rapidamente muore. Alcuni studi condotti da DuPont usando mitocondri isolati da 6 importanti parassiti fungini dimostrano che penthiopyrad è uno dei più potenti inibitori di SQR nella classe degli SDHI.

Il prodotto è in grado di esplicare la sua azione quando viene applicato preventivamente.

Penthiopyrad è attivo nei confronti di un ampio spettro di malattie fungine causate da diversi Ascomyceti e Basidiomyceti. In particolare Fontelis alla dose di 150-600 g/ha di sostanza attiva è in grado di controllare un elevato numero di patogeni fungini di primario interesse agrario, quali: *Venturia inaequalis*, *Venturia pirina*, *Podosphaera leucotricha*, *Alternaria* spp., *Stemphylium vesicarium*, *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Monilinia fructicola* e *Monilinia laxa*.

Interazione con la pianta e resistenza al dilavamento

Quando applicato sulla vegetazione penthiopyrad viene rapidamente assorbito dalle cellule vegetali. Il prodotto è, inoltre, dotato di un movimento translaminare che ne consente un'ottima distribuzione all'interno della foglia. Tutto ciò si traduce in un'elevata resistenza al dilavamento e persistenza.

Strategia anti-resistenza

Penthiopyrad possiede un meccanismo d'azione differente da quello della maggior parte dei fungicidi oggi presenti sul mercato, e rappresenta un nuovo e prezioso strumento per la gestione e la prevenzione delle resistenze. Ciò considerato, è importante prevedere fin dall'inizio un uso appropriato di Fontelis, che ne tuteli le prestazioni nel tempo. In Italia il prodotto verrà raccomandato in un numero massimo di due interventi l'anno (uno per le orticole di pieno campo), all'interno di programmi di difesa che prevedano l'impiego di fungicidi a differente meccanismo d'azione ed in accordo con lo schema FRAC. È necessario applicare Fontelis in via preventiva.

MATERIALI E METODI

L'impostazione delle prove di efficacia è stata pianificata seguendo le linee guida EPPO (European Plant Protection Organisation) e in accordo con le GEP (Good Experimental Practices). L'impianto di ogni prova prevedeva quattro ripetizioni per tesi, distribuite in base ad uno schema a blocchi randomizzati. Le applicazioni sono state effettuate seguendo le buone pratiche di campagna, utilizzando semoventi prototipi o irroratori a spalla motorizzati, avendo cura di assicurare una corretta bagnatura degli organi colpiti (volumi d'acqua 1000-1500 l/ha).

V. *inaequalis* su melo: nelle prove del 2008-2009 sono state effettuate 6-12 applicazioni con lo stesso prodotto a 7-10 giorni di intervallo, iniziando dalla fase di apertura gemme (BBCH 07). Nelle prove del 2011 invece, a fianco di una linea con 6-10 applicazioni di penthiopyrad, sono stati confrontati due diversi programmi, che nel momento della fioritura (BBCH 59/61 e 7/10

giorni dopo) prevedevano 2 applicazioni di penthiopyrad o 2 applicazioni di boscalid+pyraclostrobin (il resto del programma è stato completato, sia prima che dopo, con ugual numero di applicazioni di ditianon). I rilievi sono stati eseguiti valutando la percentuale di foglie e frutti colpiti.

***P. leucotricha* su melo:** sono state effettuate 6-12 applicazioni con lo stesso prodotto a 7-10 giorni di intervallo iniziando dalla fase di apertura gemme. I rilievi sono stati eseguiti valutando la percentuale di getti colpiti o di foglie colpite.

***S. vesicarium* su pero:** sono state effettuate 8-13 applicazioni con lo stesso prodotto a 7-10 giorni di intervallo iniziando dalla fase di inizio fioritura (BBCH 61). I rilievi sono stati eseguiti valutando la percentuale di frutti colpiti.

È sempre stato effettuato anche un controllo visivo su foglie e frutti per valutare l'eventuale fitotossicità del prodotto nei confronti della coltura. I risultati sono stati sottoposti all'analisi della varianza, separando le tesi che differivano significativamente con il test di Duncan applicato al livello di $p \leq 0,05$.

Tabella 3. Elementi descrittivi delle prove

Patogeno	Anno	Codice prova	Località	Coltura	Varietà	Data rilievo
<i>V. inaequalis</i>	2008	Dupont R&D ITK-08-821	Filo Argenta (RA)	Melo	Gala	21/5
<i>V. inaequalis</i>	2008	Dupont R&D ITM-08-821	Cavour (TO)	Melo	Golden Delicious	11/6 (foglie) 14/7 (frutti)
<i>V. inaequalis</i>	2008	Agrisearch ITC-08-822	Gherghenzano (BO)	Melo	Golden Delicious	27/6
<i>V. inaequalis</i>	2009	Dupont R&D ITK-09-911	Filo Argenta (RA)	Melo	Imperatore	18/5
<i>V. inaequalis</i>	2009	Dupont R&D ITN-09-911	Romagnano (TN)	Melo	Imperatore	26/5
<i>V. inaequalis</i>	2011	Dupont R&D ITN-11-690	Conselice (RA)	Melo	Fuji	27/5
<i>V. inaequalis</i>	2011	Dupont R&D ITY-11-690	Zevio (VR)	Melo	Imperatore	14/6 (foglie) 29/6 (frutti)
<i>V. inaequalis</i>	2011	Dupont R&D ITM-11-690	Barge (CN)	Melo	Golden Delicious	6/6
<i>P. leucotricha</i>	2007	Dupont R&D ITN-07-901	Belfiore (VR)	Melo	Imperatore	14/5
<i>P. leucotricha</i>	2008	Agrea ITC-08-821	Verona (VR)	Melo	Golden Delicious	8/7
<i>P. leucotricha</i>	2009	Dupont R&D ITN-09-811	Belfiore (VR)	Melo	Imperatore	25/5
<i>P. leucotricha</i>	2009	DuPont R&D ITK-09-811	Castello d'Argile (BO)	Melo	Golden Delicious	14/5
<i>P. leucotricha</i>	2010	DuPont R&D ITM-10-655	Verzuolo (CN)	Melo	Gala	14/5

Tabella 3. Elementi descrittivi delle prove (continuazione)

Patogeno	Anno	Codice prova	Località	Coltura	Varietà	Data rilievo
<i>S. vesicarium</i>	2009	Agri2000 ITP-09-821	Baricella (BO)	Pero	Abate Fétel	4/9
<i>S. vesicarium</i>	2009	Eurofins ITT-09-821	Altedo (BO)	Pero	Santa Maria	22/7
<i>S. vesicarium</i>	2010	G.Z. ITZ-10-660	Finale Emilia (MO)	Pero	Abate Fétel	9/9
<i>S. vesicarium</i>	2011	Eurofins ITT-11-700	Finale Emilia (MO)	Pero	Conference	21/6

Tabella 4. Elenco dei prodotti saggiati, loro formulazione e dosaggi in prova

Prodotti	Dose applicata	
	g-ml p.f.	g s.a.
Fontelis (penthiopyrad 200g/l SC)	75/hl	15/hl
Delan 70 WG (ditianon 70%)	75/hl	52,5/hl
Make Up 80 WDG (captano 80%)	187,5/hl	150/hl
Score 25 EC (difenoconazolo 250 g/l)	15/hl	3,75/hl
Bellis (boscalid+pyraclostrobin 38% WG)	800 /ha	304 g /ha
Nimrod 250 EW (bupirimate 250g/l)	15/hl	60/hl
Cantus (boscalid 50%) WG	400 /ha	200 g /ha

RISULTATI E DISCUSSIONE

V. inaequalis su melo

Nelle prove di efficacia, condotte nel Nord Italia, penthiopyrad ha dimostrato un'ottima attività di contenimento delle infezioni di ticchiolatura. Anche il programma che prevedeva le 2 applicazioni di penthiopyrad in fioritura, periodo di massima sensibilità alla ticchiolatura, si è dimostrato superiore alla linea standard che nelle stesse date aveva 2 applicazioni di boscalid + pyraclostrobin. Le tabelle 5 e 6 raccolgono i risultati ottenuti. Il grafico 1 invece rappresenta la media delle prove effettuate con la doppia applicazione di penthiopyrad in fioritura.

P. leucotricha su melo

Nelle prove di efficacia, condotte nel Nord Italia, penthiopyrad ha dimostrato un'elevata attività di contenimento delle infezioni di oidio. La tabella 7 riporta i risultati ottenuti.

S. vesicarium su pero

Nelle prove di efficacia, condotte nel Nord Italia sulle cv Abate Fétel, Conference e Santa Maria, penthiopyrad ha dimostrato un'elevata attività di contenimento delle infezioni di maculatura bruna del pero. La tabella 8 raccoglie i risultati ottenuti.

Nelle tabelle 5 – 8 i valori contrassegnati dalla stessa lettera nella stessa colonna non sono significativamente diversi al test di Duncan ($p \leq 0,05$)

Tabella 5. Efficacia di penthiopyrad verso *V. inaequalis* su melo. Risultati di 5 prove, 2008-2009

Tesi	Dose/hl	% organi colpiti								
		ITK-08-821		ITM-08-821		ITC-08-822		ITK-09-911		ITN-09-911
	g s.a	foglie	frutti	foglie	frutti	foglie	frutti	foglie	frutti	foglie
Penthiopyrad	15	6,3 e	1,5 c	15 c	4,5 b	7 d	2,8 e	16 b	2 b	25 c
Ditianon	52,5	43,8 c	13,8 ab	29 bc	17,5 b	34 b	46,3 c	-	-	-
Captano	150	27,5 d	12,5 bc	22 bc	5 b	36 b	58 b	17 b	3 b	20 c
Difenoconazolo	3,75	51,3 bc	10 bc	34 bc	13,8 b	21 c	35 d	75 a	43 a	50 b
Testimone n. t.	-	68,8 a	25,3 a	68 a	86,5 a	97 a	99,8 a	85 a	52 a	66 a

Tabella 6. Efficacia di un programma con 2 applicazioni di penthiopyrad in fioritura verso *V. inaequalis* su melo. Risultati di 3 prove condotte nel 2011: % organi colpiti

Tesi	ITN-11-690		ITY-11-690		ITM-11-690	
	% foglie	% frutti	% foglie	% frutti	% foglie	% frutti
Penthiopyrad	5,3 c	1 b	3,8 b	0 b	8 b	0 b
Programma con 2 penthiopyrad in fioritura	10 bc	4,3 b	2,8 b	0,15 b	14 b	0 b
Programma con 2 boscalid + pyraclostrobin in fioritura	15,8 b	7 b	6,5 b	0,3 b	27 b	0 b
Testimone non trattato	51,5 a	32 a	58,6 a	6,9 a	77 a	18,3 a

Tabella 7. Efficacia di penthiopyrad verso *P. leucotricha* su melo. Risultati di 5 prove, 2007-2010

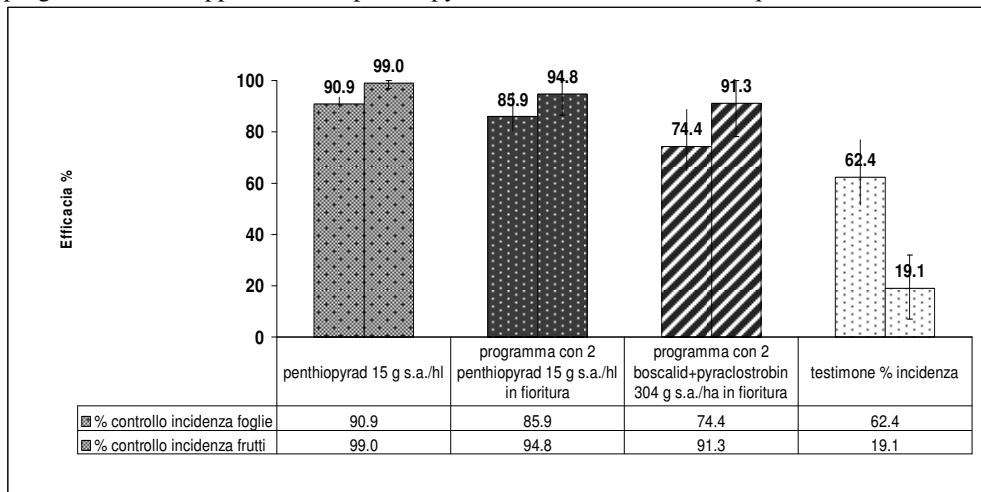
Tesi	dose	ITN-07-901	ITC-08-821	ITN-09-811	ITK-09-811	ITM-10-655
s. a.	g s.a./hl	% getti colp.	% foglie colp.	% getti colp.	% getti colp.	% getti colp.
Penthiopyrad	15	7 b	1,25 b	6 b	8 b	2 b
Bupirimate	60	-	-	9,3 b	10 b	5 b
Difenoconazolo	3,75	-	10,25 b	-	-	-
Testimone n. t.	-	100 a	41,25 a	66,3 a	55 a	50 a

Tabella 8. Efficacia di penthiopyrad verso *S. vesicarium* su pero. Risultati di 4 prove, 2009-2011

Tesi	dose	ITP-09-821	ITT-09-821	ITZ-10-660	ITT-11-700
	g s.a./hl	% frutti colpiti	% frutti colpiti	% frutti colpiti	% frutti colpiti
Penthiopyrad	15	8,9 b	4,8 b	4,3 b	3,8 b
Captano	150*	16 b	4,5 b	3 b	1,5 c
Boscalid	200 g s.a./ha	-	-	-	4,5 b
Testimone n. t.	-	31 a	15 a	13,5 a	94,3 a

* 150 g s.a./hl per ITP-09-821 e ITT-09-821, per le altre 2 prove la dose è di 128 g s.a./hl

Grafico 1. Efficacia media percentuale di 3 prove condotte nel 2011 che prevedevano un programma con 2 applicazioni di penthiopyrad in fioritura verso *V. inaequalis* su melo in Italia



CONCLUSIONI

L'esperienza di cinque anni di prove condotte nel Nord Italia su melo e pero mette in luce l'ottima efficacia di Fontelis nei confronti delle principali malattie fungine delle pomacee. Alla dose di 75 ml/hl di prodotto formulato esso è risultato uguale o superiore ai migliori standard di riferimento nel controllo di ticchiolatura, e oidio del melo e maculatura bruna del pero. Nell'ottica di una strategia anti-resistenza, si ricorda di utilizzare il prodotto solamente in via preventiva e all'interno di programmi di difesa che prevedano l'impiego di fungicidi a differente meccanismo d'azione.

Fontelis possiede un meccanismo d'azione differente dalla maggior parte dei fungicidi presenti sul mercato, e rappresenta un nuovo e prezioso strumento per la difesa di pomacee ed orticole. L'elevata efficacia ed il suo profilo tossicologico ed ambientale lo rendono adatto per l'impiego nei programmi di produzione integrata.

LAVORI CITATI

- Ganske D., Martin M., McInnes B., McKinley N., Rogers G., Geddens R. 2009. Controlling scab, powdery mildew and other apple diseases with DPX-LEM17. Annual meeting of the *American Phytopathological Society (APS)* in Portland, OR.
- Martin M., McInnes B., Geddens R. 2009. Controlling important diseases of fruits and vegetables with DPX-LEM17. Annual meeting of the *American Phytopathological Society (APS)* in Portland, OR.
- Troisi M., Gimillaro M.P., Mangiapan S., Pirovano C., Pasquini S. 2012. Penthiopyrad (Fontelis®), nuovo fungicida ad ampio spettro: esperienze nel controllo di botrite e sclerotinia delle orticole. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 2, 559-564.
- ® Marchio registrato E.I Du Pont de Nemours & CO. (Inc.)