

## ESPERIENZE SULL'EFFICACIA DI TRATTAMENTI POST-RACCOLTA CON UN FORMULATO A BASE DI FLUDIOXONIL NEI CONFRONTI DELLE MALATTIE DA CONSERVAZIONE DEGLI AGRUMI

S. D'AQUINO<sup>1</sup>, M. SCHIRRA<sup>1</sup>, A. PALMA<sup>1</sup>, L. SERRATI<sup>2</sup>, R. LIGUORI<sup>2</sup>, M.C. STRANO<sup>3</sup>,  
V. ALOISI<sup>3</sup>, G. LANZA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> CNR - Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari - Traversa La Crucca, 3  
Loc. Baldinca, Li Punti, 07040 Sassari

<sup>2</sup> Syngenta Crop Protection S.p.A. - Via Gallarate, 139, 20151 Milano

<sup>3</sup> CRA - Istituto Sperimentale per l'Agrumicoltura - C.so Savoia, 190, 95024 Acireale (CT)  
salvatore.daquino@spa.cnr.it

### RIASSUNTO

Vengono riportati i risultati della sperimentazione effettuata con trattamenti post-raccolta di fludioxonil contro marciumi da conservazione causati da *Penicillium* spp. su agrumi. I trattamenti sono stati effettuati per immersione dei frutti nella sospensione di fungicida a 20 °C con concentrazioni di 300 o 600 mg/L per 30 sec. L'efficacia di fludioxonil è stata messa a confronto con quella di imazalil impiegato a 300, 500 o 600 mg/L. I risultati ottenuti evidenziano una attività curativa in frutti artificialmente inoculati con *Penicillium digitatum* simile o leggermente inferiore a quella di imazalil, rispettivamente a 12 e 24 ore dall'inoculo. In prove di conservazione di frutti con infezioni naturali la riduzione dei marciumi nelle tesi trattate con fludioxonil alla concentrazione di 600 mg/L è stata simile a quella rilevata in quelle trattate con imazalil, mentre perdite più elevate sono state rilevate nelle tesi trattate con la dose di 300 mg/L. Tenuto conto dei risultati ottenuti, del meccanismo d'azione diverso da quello di imazalil e tiabendazolo, e del favorevole profilo eco-tossicologico, fludioxonil merita di essere preso in considerazione come nuovo fungicida da inserire nelle strategie di prevenzione delle malattie post-raccolta degli agrumi, per ridurre il rischio d'insorgenza di resistenza in *Penicillium* spp.

**Parole chiave:** agrumi, fludioxonil, marciumi, penicilli, post-raccolta

### SUMMARY

#### EFFICACY OF FLUDIOXONIL TESTED IN POS-HARVEST APPLICATION AGAINST FRUIT DECAY OF CITRUS

Fludioxonil has been tested in comparison with imazalil on citrus to evaluate its potential as post-harvest fungicide for preventing post-harvest decay of fruits. Fludioxonil was used at 300 or 600 mg/L, while imazalil at 300, 500 or 600 mg/L. Both fungicides were dissolved in water in which fruit were dipped for 30 seconds at 20 °C. In treatments in which fungicides were applied after artificial inoculation with *Penicillium digitatum*, fludioxonil was as effective as imazalil in suppressing pathogen growth until 12 h after inoculation. Its curative activity slightly decreased after 24 h following inoculation, while strongly decreased after 36 and 48 h. However even 24 h after inoculation fludioxonil showed high curative activity against green mold in fruit of various cultivars, harvested at different degree of maturity. In trials on fruit with natural infections by *P. digitatum* and *P. italicum*, the effectiveness of fludioxonil at higher tested rate was comparable to imazalil. On the basis of these results and considering the new mode of action and the low toxicity on humans and environment, fludioxonil is a valid candidate as post-harvest fungicide to prevent decay in citrus fruit in order to reduce the risk of selection of resistant strains of *Penicillium* spp..

**Keywords:** citrus fruit, fludioxonil, penicillium decay

## INTRODUZIONE

In Italia, come in gran parte dei Paesi del bacino del Mediterraneo, i penicilli rappresentano la più grave causa di marciumi nella fase post-raccolta degli agrumi (Eckert e Brown, 1986). In annate particolarmente favorevoli, intere partite di frutti non sottoposti ad opportuni trattamenti post-raccolta possono essere fortemente deprezzate per lo sviluppo dei penicilli. Grazie alla disponibilità di alcune molecole con spiccate proprietà preventive, curative ed eradicanti, appartenenti alla famiglia dei benzimidazoli (benomil, thiabendazolo) e degli imidazoli (imazalil) il controllo dei patogeni post-raccolta ed in particolare dei penicilli, non ha destato particolare preoccupazione a partire dagli anni '70. Tuttavia, l'uso ripetuto ed irrazionale di queste molecole ha portato ben presto alla selezione di ceppi resistenti ed ad una progressiva diminuzione della loro efficacia (Holmes e Eckert, 1999). Già dagli ultimi anni del secolo scorso importanti società produttrici di agrofarmaci e istituzioni scientifiche, hanno avviato un intenso lavoro di ricerca finalizzato all'ottenimento di nuove molecole ad attività fungicida con nuovi meccanismi d'azione, con ridotto impatto ambientale e a bassa tossicità per gli animali a sangue caldo. La ricerca di nuovi fungicidi è stata dettata anche dalla crescente preoccupazione mostrata da parte dei consumatori e dalle regole sempre più restrittive poste dalle istituzioni pubbliche per l'impiego degli agrofarmaci.

Fludioxonil (FDL), molecola classificata dalla "United States Environmental Protection Agency" come "reduced risk" fungicide, negli USA è autorizzato già da alcuni anni in post-raccolta per la prevenzione delle principali alterazioni fungine su drupacee, pomacee, kiwi, melograno e agrumi (U.S. EPA). Recentemente anche in Italia FDL è stato autorizzato in post-raccolta per il controllo di alcuni agenti dei marciumi nel kiwi, in particolare della muffa grigia (Syngenta Crop Protection, 2009).

FDL appartiene alla famiglia dei fenilpirroli, presenta un ampio spettro d'azione nei confronti dei principali patogeni del post-raccolta (*Botrytis*, *Monilia*, *Penicillium*, *Rizophus*, ecc.) ed ha un meccanismo d'azione diverso dai benzimidazoli e dagli imidazoli. Esso deriva da una molecola, pyrocinina, prodotta naturalmente da un batterio del suolo, *Pseudomonas pyrocinia* (Gullino *et al.*, 2000; Ligon *et al.*, 2000). Grazie a queste sue prerogative, unite anche alla mancanza di proprietà sistemiche ed alla bassa tossicità, FDL presenta importanti prospettive di utilizzo nel post-raccolta degli agrumi, sia come trattamento singolo, sia in combinazione con le molecole già autorizzate per ridurre e il rischio di insorgenza di ceppi resistenti.

In questa nota vengono riportati alcuni risultati di prove triennali condotte su agrumi per il controllo dei penicilli nella fase post-raccolta.

## MATERIALI E METODI

È stato impiegato un ceppo di *Penicillium digitatum* Sacc. sensibile a tiabendazolo (TBZ) ed imazalil (IMZ), isolato da frutti affetti da muffa verde provenienti dall'azienda dell'Istituto, sita a Nuraxineddu (Oristano). Il fungo è stato mantenuto in coltura su PDA (39 g/L) arricchito di streptomina solfato e oxytetraciclina idrocloride (100 + 100 mg/L) per prevenire la crescita di batteri. Le sospensioni conidiche impiegate per le prove, sono state ottenute da colture di due settimane. I conidi prelevati dalle piastre Petri sono stati sospesi in una soluzione sterile di Ringer (NaCl, 8,6 g/L; KCl, 0,48/L; CaCl<sub>2</sub>, 0,48/L), filtrati su doppio strato di garza (cheesecloth), contati con ematocitometro e portati alla concentrazione di 10<sup>6</sup> conidi/ml.

I frutti sono stati inoculati secondo il metodo proposto da Eckert e Brown (1986): un puntale del diametro di 2 mm, prima immerso nella sospensione conidica, era fatto penetrare per 2 mm

di profondità nell'albedo in un punto della zona equatoriale. Prima di essere inoculati i frutti sono stati disinfettati per immersione (60 secondi) in una soluzione a temperatura ambiente contenente 1% di candeggina per uso domestico (5% ipoclorito di sodio) e subito dopo risciacquati con acqua corrente. Ogni prova è stata ripetuta due volte e per ogni trattamento sono state utilizzate 3 o 5 repliche, ognuna composta da 30 o 50 frutti.

I trattamenti sono stati eseguiti immergendo i frutti per 30 sec in acqua alla temperatura di 20 °C (Testimone) o in sospensioni fungicide alla stessa temperatura, contenenti 300 o 600 mg/L FDL (Scholar, 230 g/L, Syngenta Crop Protection S.p.A., Milano, Italy) o IMZ (Deccoziel 50, 44,66 g/L, Janssen Pharmaceutica N. V., Beerse, Belgium).

#### **Attività di FDL in funzione dell'intervallo di tempo tra inoculazione e trattamento**

L'attività di FDL in funzione dell'intervallo di tempo intercorso dall'inoculazione, è stata confrontata con quella di IMZ utilizzando frutti di arancio 'Hamlin', trattati dopo 2, 12, 24, 36 e 48 ore dall'inoculazione. Entrambi i fungicidi sono stati impiegati alla concentrazione di 600 mg/L. Dopo i trattamenti i frutti sono stati conservati a 20 °C e 90-95% UR e ispezionati per la presenza di marciumi dopo 7 giorni.

#### **Attività curativa**

Sono stati utilizzati frutti di arance "Moro" e "Hamlin", mandarino "Tardivo di Ciaculli", clementine "Rubino" e limone "Eureka" allo stadio d'invasatura o in uno stadio più avanzato di maturazione. Subito dopo la raccolta i frutti sono stati disinfettati con candeggina, risciacquati con acqua corrente e inoculati. Dopo 24 ore di incubazione a 22 °C e 90-95% UR, i frutti sono stati sottoposti ai trattamenti fungicidi. L'incidenza dei marciumi è stata valutata dopo 7 giorni di incubazione a 22 °C e 90-95% UR.

#### **Attività protettiva su frutti con infezioni naturali**

Frutti di mandarino 'tardivo di Ciaculli', arancio 'Tarocco' e limone 'Lisbon' sono stati selezionati subito dopo la raccolta; dopo circa 24 ore sono stati lavati con acqua corrente, fatti asciugare naturalmente (4 ore circa) e trattati per immersione (30 sec) in una sospensione contenente 300 o 600 mg/L di FDL o 500 mg/L di IMZ, alla temperatura di 20 °C. I frutti sono stati quindi conservati a 6 °C e 90% UR per 6 settimane cui ha fatto seguito il trasferimento a 22 °C e 90-95% UR, in condizioni simulate di mercato. I controlli sono stati eseguiti a fine refrigerazione e dopo una settimana a 22 °C.

#### **Analisi statistica**

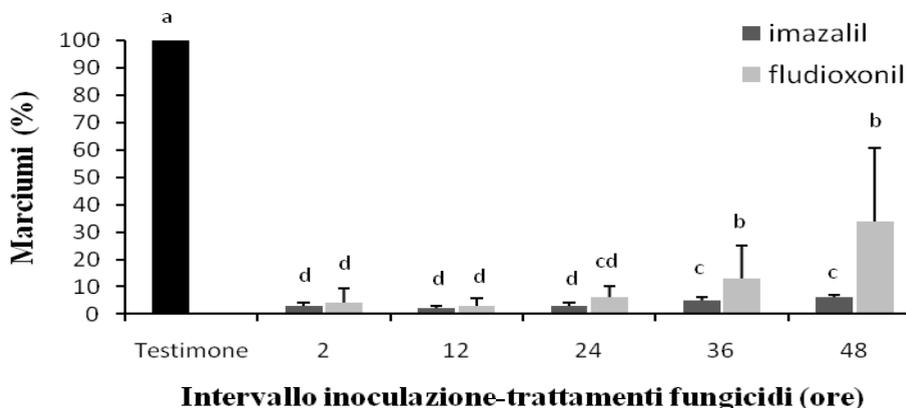
I dati ottenuti sono stati sottoposti all'analisi della varianza dopo aver trasformato i valori percentuali in  $\sqrt{x}$  o  $\arcsin\sqrt{x}$ . Per la separazione delle medie è stato utilizzato il test di Duncan ( $P \leq 0,05$ ).

## **RISULTATI**

#### **Attività di FDL in funzione dell'intervallo di tempo tra inoculazione e trattamento**

Sino a 12 ore dall'inoculo, FDL ha manifestato elevata efficacia nel contenere lo sviluppo della muffa verde, simile a quella mostrata da IMZ; diversamente, dopo 24 ore FDL ha evidenziato una progressiva riduzione di efficacia, con infezioni interessanti circa il 15 e il 40% dei frutti, nelle tesi trattate rispettivamente dopo 36 e 48 ore dall'inoculazione (figura 1).

Figura 1. Incidenza dei marciumi dopo una settimana di conservazione a 22 °C e 90-95% UR in frutti di arancio “Hamlin” immersi per 30 sec in emulsioni fungicide a 20 °C contenenti 600 mg/L di fludioxonil o imazalil. I trattamenti fungicidi sono stati effettuati dopo 2, 12, 24, 36 o 48 dall’inoculazione con conidi di *Penicillium digitatum*. A lettere uguali sugli istogrammi corrispondono valori statisticamente non differenti per  $P < 0,05$  (test di Duncan). Le barre verticali indicano la deviazione standard (n=5)



#### Attività curativa

In tutte le cultivar saggiate, trattate dopo 24 ore dall’inoculazione, FDL ha evidenziato elevata attività curativa, analoga o leggermente inferiore a quella rilevata per IMZ (tabella 1). L’analisi dei dati non ha indicato un effetto dose significativo. Al contrario l’incidenza dei marciumi ha presentato un’ampia variabilità, in funzione della cultivar e del grado di maturazione raggiunto al momento della raccolta (tabella 1).

Tabella 1. Incidenza dei marciumi in frutti di agrumi inoculati artificialmente con una sospensione conidica ( $10^6$  conidi/ml) di *P. digitatum*, sottoposti a trattamento fungicida con fludioxonil (FDL) o imazalil (IMZ) dopo 24 ore di incubazione a 22 °C e 90-95% UR, e conservati per una settimana a 22 °C e 90-95% UR

Trattamenti	Marciumi (%)					
	Arancio “Moro”	Arancio “Hamlin”	Mandarino “Tardivo di Ciaculli”	Clement. “Rubino”	Limone “Lisbon” (invaia)	Limone “Lisbon” (maturo)
Testimone	83,3 a <sup>1</sup>	98,3 a	93,3 a	100 a	98,0 a	100 a
FDL 300 mg/L	6,7 b	3,3 c	4,0 b	15,2 b	0,0 b	16,8 b
FDL 600 mg/L	1,7 c	9,2 b	8,0 b	12,4 b	0,0 b	10,2 b
IMZ 300 mg/L	1,7 c	0 c	0 b	2,0 c	0,0 b	0,0 c
IMZ 600 mg/L	0 c	0 c	0 b	0,0 c	0,0 b	0,0 c

<sup>1</sup> In ogni colonna, a lettere diverse corrispondono valori statisticamente differenti per  $P \leq 0,05$ . L’analisi della varianza è stata eseguita sulla radice quadrata o sull’arco seno della radice quadrata dei valori percentuali mentre per la stima delle differenze tra le medie è stato impiegato il test di Duncan ( $P < 0,05$ )

### Attività protettiva su frutti con infezioni naturali

I risultati scaturiti dalla prova di conservazione con frutti non inoculati artificialmente, hanno confermato l'efficacia di FDL nel contenimento dei marciumi, indicando un'attività curativo-protettiva comparabile a quella di IMZ. Anche in questo, l'incidenza dei marciumi è stata influenzata dalla cultivar. Infatti, mentre nel limone "Lisbon" FDL ha inibito quasi completamente lo sviluppo dei patogeni, nel mandarino "Tardivo di Ciaculli" e nell'arancio "Tarocco", alla fine della settimana di 'shelf-life' successiva a 6 settimane di conservazione refrigerata, le perdite raggiungevano punte rispettivamente del 17,5 e 26,7%. Tuttavia, a differenza di quanto riscontrato nelle prove finalizzate ad evidenziare l'attività curativa, la dose più alta ha garantito una minore incidenza dei marciumi, statisticamente non differente da quella mostrata da IMZ (tabelle 2, 3 e 4).

Tabella 2. Incidenza dei marciumi in frutti di mandarino "Tardivo di Ciaculli", arancio "Tarocco" e limone "Lisbon" non inoculati artificialmente, trattati con imazalil (IMZ) o fludioxonil (FDL) e conservati a 6 °C e 90% UR per 6 settimane più una settimana in condizioni simulate di mercato a 22 °C e 90-95% UR

Trattamenti	Marciumi Totali (%)					
	6 settimane a 6°C			6 settimane a 6°C più 1 settimana a 22°C		
	Mandarino "Tardivo di Ciaculli"	Arancio "Tarocco"	Limone "Lisbon"	Mandarino "Tardivo di Ciaculli"	Arancio "Tarocco"	Limone "Lisbon"
Testimone	25,8 a	25,8 a	12,2 a	42,5 a	55,0 a	15,6 a
IMZ 500 mg/L	1,7 c	4,2 c	1,1 b	3,3 c	6,7 c	5,6 b
FDL 300 mg/L	10,0 b	15,0 b	0,0 b	17,5 b	26,7 b	0,0 c
FDL 600 mg/L	2,5 c	6,7 c	0,0 b	5,0 c	13,3 c	1,1 c

<sup>1</sup> In ogni colonna a lettere diverse corrispondono valori statisticamente differenti per  $P \leq 0,05$ . L'analisi della varianza è stata eseguita sulla radice quadrata o sull'arco seno della radice quadrata dei valori percentuali mentre per la stima delle differenze tra le medie è stato impiegato il test di Duncan

<sup>2</sup> Marciumi causati prevalentemente da *P. digitatum* e *P. italicum*

### DISCUSSIONE

In prove condotte in vitro FDL ha mostrato elevata efficacia nell'inibire sia la germinazione di conidi sia lo sviluppo del micelio in diversi patogeni tipici della fase post-raccolta di diversi prodotti ortofruitticoli, quali *P. expansum*, *P. digitatum*, *P. italicum*, *Botrytis cynerea*, *Monilia* spp., *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Sclerotinia* spp. (Northover e Zhou, 2002; Adaskaveg *et al.*, 2004; Errampalli, 2004; Matheron, 2004; Errampalli *et al.*, 2005; Schirra *et al.*, 2005; D'Aquino *et al.*, 2007; Kanetis *et al.*, 2007; Zhang, 2007; Schirra *et al.*, 2008).

I risultati di questo studio confermano l'attività curativa e protettiva di FDL sul contenimento dei penicilli degli agrumi già riscontrata in altre prove sperimentali su frutti inoculati naturalmente o artificialmente (Adaskaveg *et al.*, 2004; Schirra *et al.*, 2005; Zhang, 2007).

I dati riportati in figura 1 evidenziano come a differenza di IMZ l'attività di FDL diminuisce sensibilmente dopo 24 ore dall'inoculazione. Tenuto conto che sino a 12 ore non è stata

riscontrata alcuna differenza tra IMZ e FDL, è presumibile che la maggiore incidenza dei marciumi dopo 24 ore dall'inoculazione dipenda non tanto da una minore efficacia di FDL rispetto a IMZ, ma da una intrinseca minor capacità di traslocazione del FDL nei tessuti del frutto. A prescindere da quest'ultimo aspetto, come si evince dai dati riportati in tabella 1, FDL garantisce una elevata attività curativa anche dopo 24 ore dall'inoculazione. In queste prove il trattamento è stato posticipato di 24 ore rispetto all'inoculazione, perché tale intervallo rispecchia nella realtà operativa il tempo che normalmente intercorre tra la raccolta e i trattamenti che si effettuano in centrale, anche se le condizioni di incubazione adottate (22 °C e 90-95% UR), particolarmente favorevoli allo sviluppo dei penicilli, difficilmente si verificano nelle condizioni reali. Ciononostante, FDL ha mostrato una capacità curativa simile o di poco inferiore a quella esibita da IMZ. La variabilità osservata tra le cultivar dipende probabilmente dallo spessore dell'albedo e dalla sua consistenza, in parte legata allo stadio di maturazione dei frutti alla raccolta. Infatti, nei casi in cui l'albedo mostrava maggiore compattezza o per caratteristiche tipiche della cultivar o per lo stadio di maturazione meno avanzato, l'efficacia di FDL è stata simile a quella di IMZ; al contrario nel caso delle clementine "Rubino" (buccia molto sottile) e del limone "Lisbon" raccolto in fase più avanzata di maturazione, FDL ha manifestato un'efficacia inferiore a IMZ. Il fatto che non sono state riscontrate differenze sostanziali tra le due concentrazioni (300 e 600 mg/L), è un'ulteriore prova che l'efficacia di FDL non sia stata limitata dalla concentrazione della sostanza attiva quanto piuttosto dalla mancata penetrazione e traslocazione del fungicida nei tessuti già infetti.

Le prove effettuate con frutti non sottoposti ad inoculazione artificiale avevano un duplice scopo: evidenziare l'attività curativa sulle infezioni naturalmente contratte in campo e durante le operazioni di raccolta/trasporto/selezione, e rilevare l'attività protettiva nei confronti di potenziali infezioni verificatesi dopo il trattamento fungicida, durante la conservazione e la successiva fase di "shelf-life". In questo caso le tesi con la più alta concentrazione (600 mg/L) di FDL hanno riportato perdite minori e statisticamente simili a quelle delle perdite accusate dalle tesi trattate con IMZ.

Dopo 6 settimane di conservazione a 6 °C e una settimana di condizioni simulate di mercato a 22 °C il trattamento con 300 mg/L di FDL non ha garantito un livello di residui sufficiente per assicurare un ottimale controllo dei patogeni. Schirra *et al.* (2005) hanno riscontrato riduzioni nei residui in arance "Tarocco" e "Salustina" di oltre il 50% dopo 3 settimane di conservazione in condizioni simulate di mercato a 17 °C.

## CONCLUSIONI

La perdita di efficacia di TBZ e IMZ, i due fungicidi maggiormente utilizzati per il controllo dei marciumi nella maggior parte dei paesi agrumicoli, ha stimolato la ricerca di nuovi formulati con differenti meccanismi d'azione e ad ampio spettro d'azione per il controllo dei principali patogeni post-raccolta.

Trovare alternative valide a queste due molecole, ed in particolare modo a IMZ, non è facile, perché oltre alla intrinseca elevata attività contro i penicilli, le nuove sostanze attive dovrebbero possedere la capacità di penetrare ed essere traslocate nei tessuti (movimento citotropico e sistemico) e al contempo essere sufficientemente stabili da garantire protezione dall'attacco dei patogeni per tutta la durata della vita post-raccolta, che in certi casi può durare anche alcuni mesi. È comunque da evidenziare che, una sostanza attiva con traslocazione sistemica ed elevata persistenza, può lasciare residui superiori a quelli consenti dalla legislazione e quindi deteriorare irrimediabilmente la qualità merceologica della produzione.

Le caratteristiche di FDL, rispondono in gran parte ai requisiti che un fungicida ideale dovrebbe possedere: è attivo nei confronti dei numerosi patogeni post-raccolta; pur non essendo sistemico ha spiccate proprietà curative anche dopo 12-24 ore dalle infezioni; agisce a concentrazioni molto basse e presenta caratteristiche di tossicità (DL 50 orale per ratti e topi > 5000 mg/kg più basse) più basse di TBZ (DL 50 orale per ratti e topi 3100 mg/kg) e IMZ (DL 50 orale per ratti e topi 227-343 mg/kg).

In considerazione dei dati ottenuti, e del favorevole profilo eco-tossicologico, fludioxonil appare un interessante candidato da inserire nella lista di fungicidi da utilizzare per il post-raccolta degli agrumi al fine di contrastare il fenomeno di selezione di ceppi resistenti.

### **Ringraziamenti**

Gli autori ringraziano il Signor Mura Domenico per l'assistenza tecnica prestata.

### **LAVORI CITATI**

- Adaskaveg J.E., Kanetis L., Soto-Estrada A., Förster H., 2004. A new era of postharvest decay control in citrus with the simultaneous introduction of three new 'reduced risk' fungicides. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 999-1004.
- D'Aquino S., Schirra M., Palma A., Tedde M., Angioni A., Garau A., Cabras P., 2007. Residue levels and storage responses of nectarines, apricots, and peaches after dip treatments with fludioxonil fungicide mixtures. *J. Agr. Food Chem.*, 55, 825-831.
- Eckert J.W., Brown G.E., 1986. Postharvest citrus diseases and their control. *In: Wardowsky W.F., Nagy S., Grieson W. (eds.), Fresh Citrus Fruit. Van Nostrand Reinhold Company Inc., NY, 315-360.*
- Errampalli D., 2004. Effect of fludioxonil on germination and growth of *Penicillium expansum* and decay in apple cvs. Empire and Gala. *Crop Protection*, 23, 811-817.
- Errampalli D., Northover J., Skog L., Brubacher N.L., Collucci C.A., 2005. Control of blue mold (*Penicillium expansum*) by fludioxonil in apples (cv Empire) under controlled atmosphere and cold storage conditions. *Pest Manag. Sci.*, 61, 591-596.
- Gullino M.L., Leroux P., Smith M., 2000. Use and challenges of novel compounds for plant disease control. *Crop Protection*, 19, 1-11.
- Holmes G.J., Eckert J.W., 1999. Sensitivity of *Penicillium digitatum* and *P. italicum* to postharvest citrus fungicides in California. *Phytopathology*, 89, 716-721.
- Kanetis L., Förster H., Adaskaveg J.E., 2007. Comparative efficacy of the new postharvest fungicides azoxystrobin, fludioxonil, and pyrimethanil for managing citrus green molds. *Plant Dis.*, 91, 1502-1511.
- Ligon J.M., Dwight S.H., Hammer P.E., Torkewitz N.R., Hofmann D., Kempf H., Van Pée K., 2000. Natural products with antifungal activity from *Pseudomonas* biocontrol bacteria. *Pest Manag. Sci.*, 56, 688-695.
- Matheron M.E., 2004. Activity of Boscalid, Fenexamid, Fludioxonil, and Vinclozolin on growth of *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum* and development of lettuce drop. *Plant Dis.*, 88, 665-668.
- Northover J., Zhou T., 2002. Control of rhizopus rot of peaches with postharvest treatments of tebuconazole, fludioxonil, and *Pseudomonas syringae*. *Can. J. Plant Pathol.*, 24, 144-153.
- Schirra M., D'Aquino S., Migheli Q., Pirisi F.M., Angioni A., 2008. Influence of post-harvest treatments with fludioxonil and soy lecithin co-application in controlling blue and grey mould and fludioxonil residues in Coscia pears. *Food Additives and Contaminants*, 1, 68-72.

- Schirra M., D'Aquino S., Palma A., Marceddu S., Angioni A., Cabras P., Scherm B., Migheli Q., 2005. Residue level, persistence, and storage performances of citrus fruit treated with fludioxonil. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 6718-6724.
- Syngenta Crop Protection - <http://www.syngenta.it/syngentacpit/Prodotti/Fungicidi/Scholar.htm>, consultato 30/11/2009.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Federal Register Documents - <http://www.epa.gov/fedrgstr/index.html>, consultato 30/11/2009
- Zang J., 2007. The potential of a new fungicide fludioxonil for stem-end rot and green mold control on Florida citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 46, 262-270.