

UN NUOVO DERIVATO DELL'ACIDO FOSFOROSO EFFICACE CONTRO LA GOMMOSI DEGLI AGRUMI DA *PHYTOPHTHORA*

R. FAEDDA¹, E. MARSILII², S.O. CACCIOLA³, C. RIZZA⁴, G. GRANATA¹, A. PANE¹,
A. GIAMBELLI², G. MAGNANO DI SAN LIO⁵

¹Dipartimento di Scienze e Tecnologie Fitosanitarie, Università degli Studi di Catania
Via Santa Sofia, 100, 95123 Catania

²Isagro Ricerca - Via Fauser, 4, 28100 Novara

³Dipartimento di Chimica Biologica, Chimica medica e Biologia molecolare
Università degli Studi di Catania - Viale Andrea Doria, 6, 95125 Catania

⁴Dipartimento S.En.Fi.Mi.Zo., Università degli Studi di Palermo
Viale delle Scienze, 2, 90128 Palermo

⁵Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agrari e Forestali
Università Mediterranea di Reggio Calabria - Località Feo di Vito, 89122 Reggio Calabria
gmagnano@unirc.it

RIASSUNTO

È stata saggiata l'efficacia di IR 8465 contro la gommosi degli agrumi causata da *Phytophthora citrophthora* e *P. nicotianae*. IR 8465 è un derivato dell'acido fosforoso sviluppato recentemente da Isagro Ricerca (Italia). Le prove sono state effettuate su alberelli di arancio cv Tarocco NL 57-1E-1, di tre anni di età, innestati su arancio amaro e su citrange Carrizo. Il citrange Carrizo è risultato più tollerante dell'arancio amaro alle infezioni delle due specie di *Phytophthora*. Su entrambi i portinnesti il nuovo principio attivo ha mostrato un'efficacia paragonabile a quella del fosetyl-Al, prodotto di riferimento della stessa famiglia chimica. Il trattamento per via fogliare con IR 8465 prima dell'inoculazione ha inibito lo sviluppo dei cancri gommosi sia sui rami che sul fusto delle piante inoculate con le due specie di *Phytophthora*. L'attività inibitoria del valifenalate, un nuovo fungicida della famiglia dei Dipeptidi, è stata significativa ma inferiore a quella di IR 8465, verosimilmente per la minore sistemica e persistenza di azione. Altri principi attivi sperimentali saggiati in queste prove sono apparsi promettenti sia per l'attività inibitoria sullo sviluppo dei cancri che per la sistemica.

Parole chiave: IR 8465, *Phytophthora citrophthora*, *Phytophthora nicotianae*, arancio amaro, citrange Carrizo

SUMMARY

EFFECTIVENESS OF A NEW DERIVATIVE OF PHOSPHOROUS ACID AGAINST PHYTOPHTHORA GUMMOSIS OF CITRUS

The effectiveness of IR 8465, a new derivative of phosphorous acid developed by Isagro Ricerca (Italy), was tested against *Phytophthora* gummosis of citrus caused by *Phytophthora citrophthora* and *P. nicotianae*. Experiments were performed on young trees of sweet orange cv Tarocco NL 57-1E-1 grafted on sour orange and Carrizo citrange rootstocks. Carrizo citrange proved to be less susceptible than sour orange to both species of *Phytophthora*. On both rootstocks IR 8465 performed as well as fosetyl-Al, a commercial product of the same family used as a reference. A preventative foliar spray of this new active ingredient inhibited the development of bleeding cankers on the twigs as well as the stem of trees inoculated with both *Phytophthora* species. Valiphenal, a new Carboxylic Acid Amide fungicide, was less

effective than IR 8465, probably due to its lower systemicity and persistence. Other experimental active ingredients tested in these trials appeared promising because of both their systemicity and inhibitory activity on bleeding cankers.

Keywords: IR 8465, *Phytophthora citrophthora*, *Phytophthora nicotianae*, sour orange, Carrizo citrange

INTRODUZIONE

Il marciume radicale e la gommosi causati da *Phytophthora citrophthora* (R.E. Smith. et E.H. Smith.) Leonian e *P. nicotianae* Breda de Haan (= *P. parasitica* Dastur) sono due *facies* di una delle principali malattie degli agrumi (Cacciola e Magnano di San Lio, 2008). La lotta contro le malattie degli agrumi causate da specie terricole di *Phytophthora* si basa sull'impiego di strategie di difesa integrata (Cacciola e Magnano di San Lio, 2008). In queste strategie un ruolo importante è svolto dai mezzi chimici, da quando negli anni '80 sono stati messi in commercio due fungicidi sistemici efficaci contro gli Oomiceti, l'etilfosfito di alluminio o fosetyl-Al, un derivato dell'acido fosforoso, e il metalaxyl, appartenente alla famiglia delle fenilammidi, quest'ultimo sostituito più recentemente dall'isomero metalaxyl-M o mefenoxam. Il meccanismo d'azione del fosetyl-Al nella pianta non è stato completamente chiarito ma è accertato che dipende fundamentalmente dall' H_3PO_3 che si libera in soluzione acquosa (Hewitt, 1998). Una delle principali caratteristiche dei derivati dell'acido fosforoso è l'elevata mobilità nella pianta sia attraverso l'apoplasto che il simplasto. Più recentemente sono stati sviluppati nuovi principi attivi specifici per gli Oomiceti che sembrano promettenti per la lotta alle malattie degli agrumi causate da specie di *Phytophthora* (Matheron, 2002). In questo studio è stata valutata l'efficacia di IR 8465, un nuovo derivato dell'acido fosforoso sviluppato dalla Società Isagro (Isagro Ricerca, Novara, Italia). Il prodotto è stato confrontato con altre sostanze attive sperimentali e con il valifenalate, un fungicida della famiglia dei Dipeptidi sviluppato anch'esso da Isagro e messo in commercio in Italia da poco più di un anno come antiperonosporico, in miscela con folpet.

MATERIALI E METODI

Le prove sono state condotte negli anni 2007-2008, in ombraio. Per i saggi sono stati utilizzati alberelli di arancio della cv Tarocco NL 57-1E-1, di tre anni di età, innestati da due anni su arancio amaro o su citrange Carrizo, allevati in fitocella ed irrigati con gocciolatoi localizzati alla base del tronco. Le piante sono state inoculate asportando con un foratappi un tassello di corteccia del diametro di 0,5 cm ed inserendo nel foro un dischetto di dimensioni corrispondenti prelevato da colonie di *P. citrophthora* o di *P. nicotianae* in attiva crescita su agar-patata-destrosio. Gli isolati delle due specie di *Phytophthora* provenivano da alberi di agrume con sintomi rispettivamente di gommosi della parte basale del tronco e di marciume delle radichette. Subito dopo l'inoculazione, il tassello di corteccia è stato collocato nuovamente nel foro e il fusto è stato avvolto ermeticamente con Parafilm[®]. Sui rametti più grossi di ciascuna pianta sono state effettuate 4 inoculazioni, a distanza di almeno 15 cm tra di loro. Le stesse piante sono state inoculate alla base del fusto in due punti, 5 e 15 cm dal suolo. Ciascuna tesi è stata replicata su 3-4 piante, con 12-16 ripetizioni sui rami e 6-8 sul tronco. I trattamenti con i diversi principi attivi (p.a.) sono stati effettuati mediante irrorazione fogliare, 7 giorni o 24 h prima dell'inoculazione. La gravità delle infezioni è stata valutata sui rami in base alla lunghezza dei cancri e sul tronco in base all'area della lesione gommosa visibile sul cilindro centrale dopo aver asportato la corteccia. Per determinare l'area è stato disegnato il contorno della lesione sovrapponendo ad essa un foglio di cellophane trasparente ed è stata applicata la formula dell'ellisse ($A = \pi a b$, dove a e b sono rispettivamente la lunghezza e la

larghezza della lesione). Sono state utilizzate anche scale empiriche, con valori compresi tra 0 e 2 oppure tra 0 e 4, corrispondenti a diversi gradi di intensità o tipo di sintomo. Le inoculazioni sono state effettuate in vari periodi dell'anno ad eccezione dei mesi più caldi. Ciascuna prova è stata ripetuta tre volte. I principi attivi e le dosi utilizzati negli esperimenti sono elencati nella tabella 1.

Tabella 1. Principi attivi (p.a.), tipi di formulati e dosi utilizzati per i trattamenti fogliari. I p.a. sperimentali sono indicati con lettere dell'alfabeto

Principi attivi	Tipo di formulazione	Dose (g p.a./L)
IR 8465	WP	1,6
Fosetyl-Al	WG	1,6
Valifenalate	WG	0,3
Valifenalate + Break-Thru S240 [®]	WG	0,3 + 0,9
Valifenalate + Siapton [®]	WG	0,3 + 0,4
A	EC	1,6
B	EC	1,6
Fosetyl-Al + C	WG	1,6 + 1,6
G	WP	1,6
G + X	EC	1,6
H	EC	1,6

RISULTATI

L'isolato di *P. citrophthora* è risultato più virulento di quello di *P. nicotianae*, indipendentemente dal periodo dell'anno in cui le piante sono state inoculate e dai valori della temperatura nell'ombra. La differenza di patogenicità tra gli isolati delle due specie è stata più evidente sulla cv Tarocco NL 57-1E-1 e sull'arancio amaro, mentre si è ridotta, pur rimanendo significativa, su citrange Carrizo. Questo portinnesto ha mostrato una tolleranza maggiore di quella dell'arancio amaro alle infezioni di entrambe le specie di *Phytophthora*.

In tutti gli esperimenti, l'efficacia inibitoria dei prodotti sullo sviluppo dei cancri rameali è risultata positivamente correlata all'efficacia inibitoria sui cancri della parte basale del tronco. Inoltre, per tutti i prodotti saggiati vi è stata corrispondenza tra l'efficacia nei confronti di *P. citrophthora* e quella nei confronti di *P. nicotianae*.

IR 8465 e fosetyl-Al sono stati i prodotti più efficaci. Applicati preventivamente per via fogliare hanno inibito lo sviluppo dei cancri sia sui rami che alla base del tronco, dimostrando una elevata mobilità anche in senso basipeto (figure 1-6). A parità di trattamento, non sono state riscontrate differenze significative tra le dimensioni dei cancri situati sul tronco a due diverse altezze dal suolo (figura 4).

Nelle piante trattate con IR 8465 e fosetyl-Al sia *P. citrophthora* che *P. nicotianae* sono state isolate dai punti di inoculo sul tronco anche 70 giorni dopo l'inoculazione. Nonostante l'inoculo sia rimasto vitale l'attività inibitoria dei due prodotti è stata di lunga durata e ha impedito lo sviluppo dei cancri (figura 2).

Il valifenalate, pur avendo mostrato un'efficacia inferiore a quella dei due derivati dell'acido fosforoso, ha inibito significativamente lo sviluppo dei cancri sia sui rami che alla base del tronco (figura 1). L'attività sistemica e l'efficacia di questo dipeptide sono aumentate quando è stato miscelato con Break-Thru S240, un coadiuvante organo-siliconico, mentre la miscela con Siapton, un idrolizzato di proteine animali con attività biostimolante, non ne ha migliorato l'efficacia (figura 1).

I prodotti sperimentali indicati con le lettere A e B hanno mostrato un'interessante attività inibitoria sullo sviluppo dei cancri e in alcuni casi non si sono differenziati dai derivati dell'acido fosforoso. Per contro, i prodotti G e H hanno mostrato una scarsa attività inibente (figure 2-6).

Figura 1. Effetto inibitorio di diversi principi attivi (trattamento fogliare 24 h prima dell'inoculazione) sullo sviluppo dei cancri rameali (A) e nella parte basale del tronco (B) in piante di arancio cv Tarocco innestate su arancio amaro e inoculate con *P. citrophthora* il 21/05/2007. I rilievi sono stati effettuati rispettivamente 33 e 67 giorni dopo l'inoculazione (medie \pm D.S.)

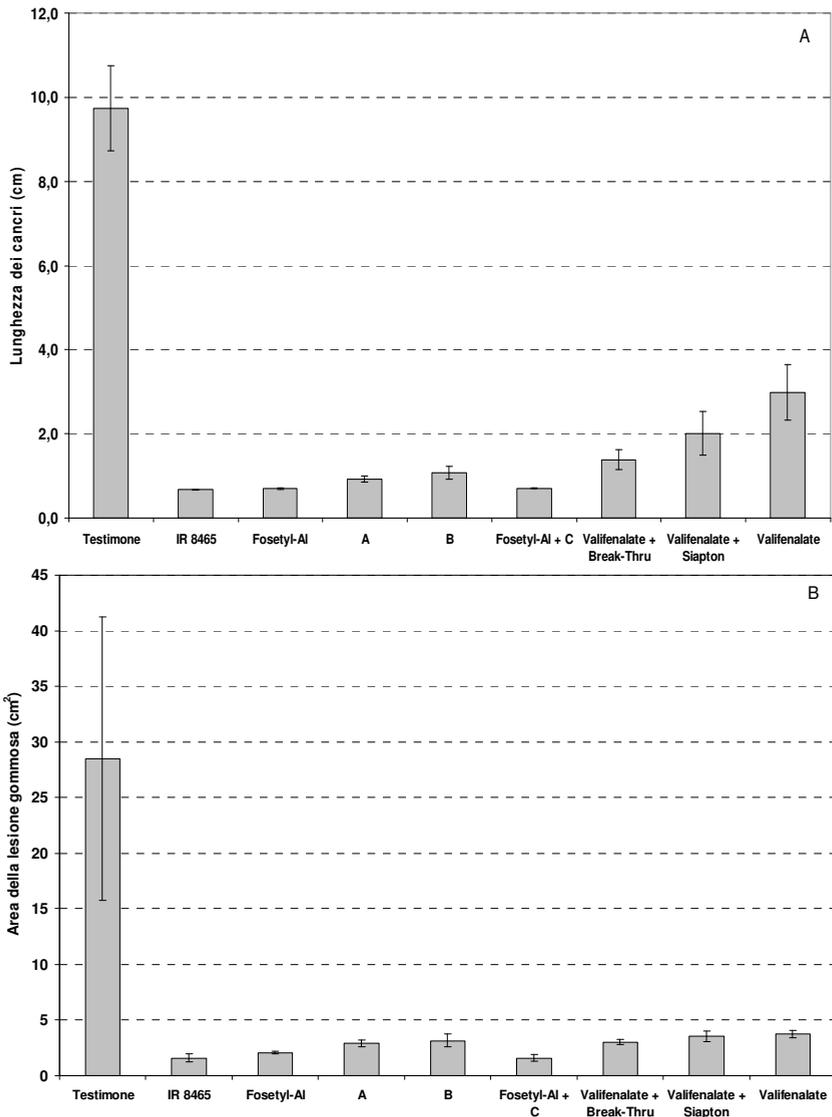


Figura 2. Effetto inibitorio di diversi principi attivi (trattamento fogliare 7 giorni prima dell'inoculazione) sullo sviluppo dei cancri rameali in piante di arancio cv Tarocco innestate su citrange Carrizo e inoculate con *P. citrophthora* il 21/03/08. I rilievi effettuati a diversi intervalli di tempo dopo l'inoculazione consentono di valutare la persistenza dell'attività dei prodotti saggiati (medie \pm D.S.)

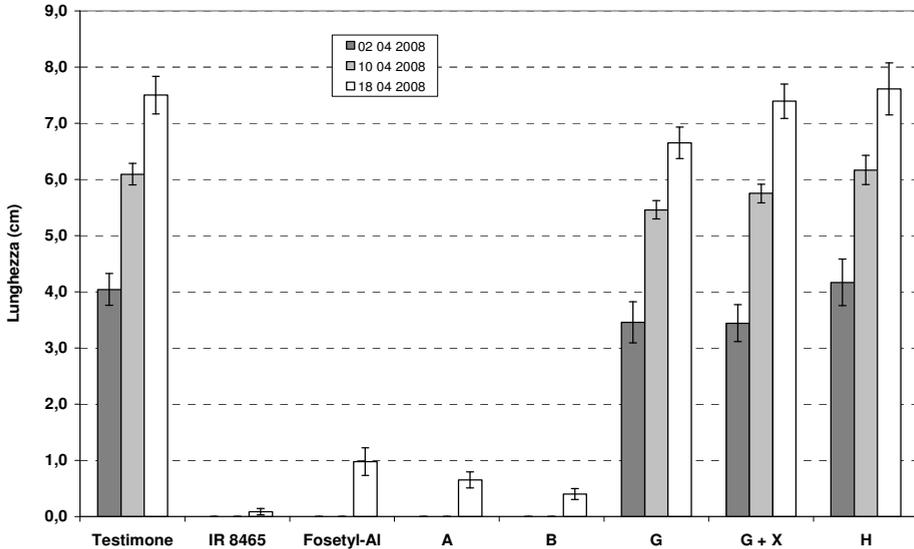


Figura 3. Effetto inibitorio di diversi principi attivi (trattamento fogliare 7 giorni prima dell'inoculazione) sullo sviluppo dei cancri rameali di piante di arancio cv Tarocco innestate su citrange Carrizo e inoculate con *P. citrophthora*. Rilievo del 18/07/2008, 70 giorni dopo l'inoculazione (medie \pm D.S.)

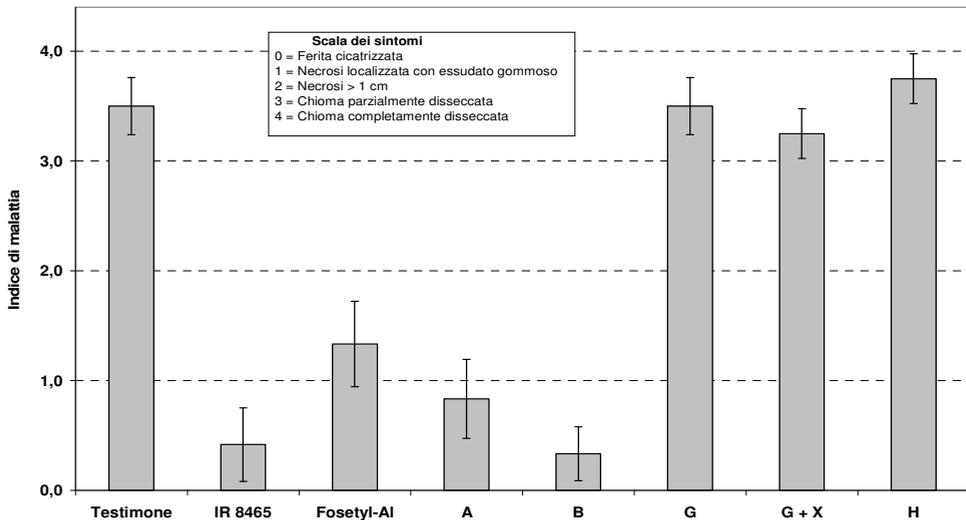


Figura 4. Effetto inibitorio di diversi principi attivi (trattamento fogliare 7 giorni prima dell'inoculazione) sullo sviluppo dei cancri nella parte basale del tronco di piante di arancio cv Tarocco innestate su citrange Carrizo e inoculate con *Phytophthora citrophthora*. Sono riportati le dimensioni dei cancri a due diverse altezze dal suolo (5 e 15 cm). Rilievo del 18/07/2008, 70 giorni dopo l'inoculazione (medie \pm D.S.)

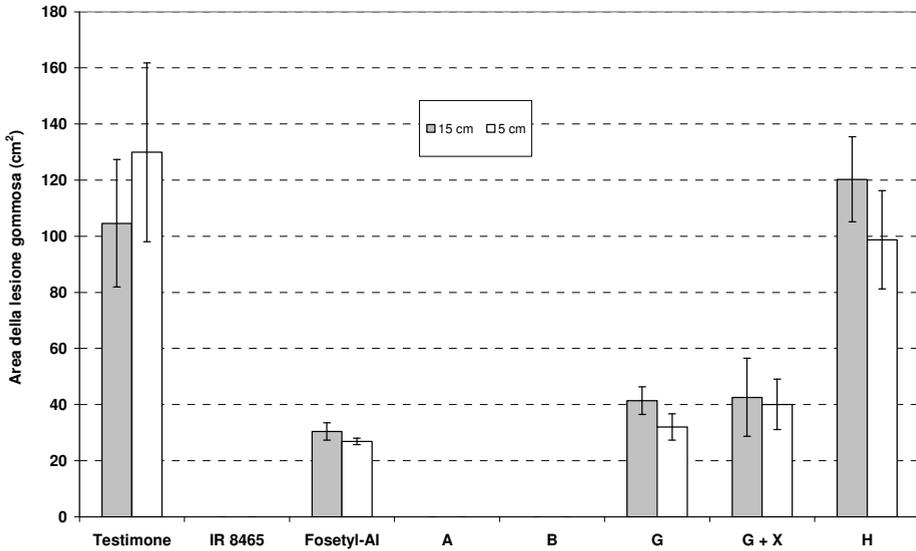


Figura 5. Effetto inibitorio di diversi principi attivi (trattamento fogliare 7 giorni prima dell'inoculazione) sullo sviluppo dei cancri rameali in piante di arancio cv Tarocco innestate su citrange Carrizo e inoculate con *P. nicotianae*. Rilievo del 18/04/2008, 29 giorni dopo l'inoculazione (medie \pm D.S.)

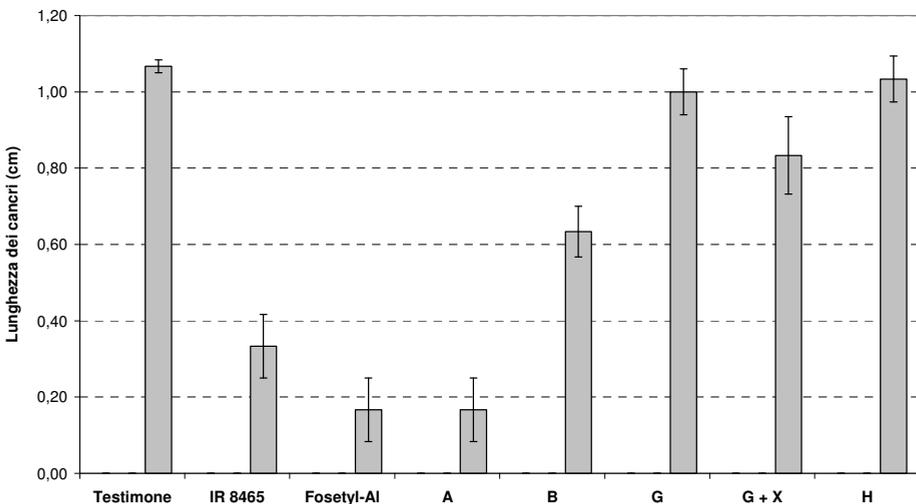
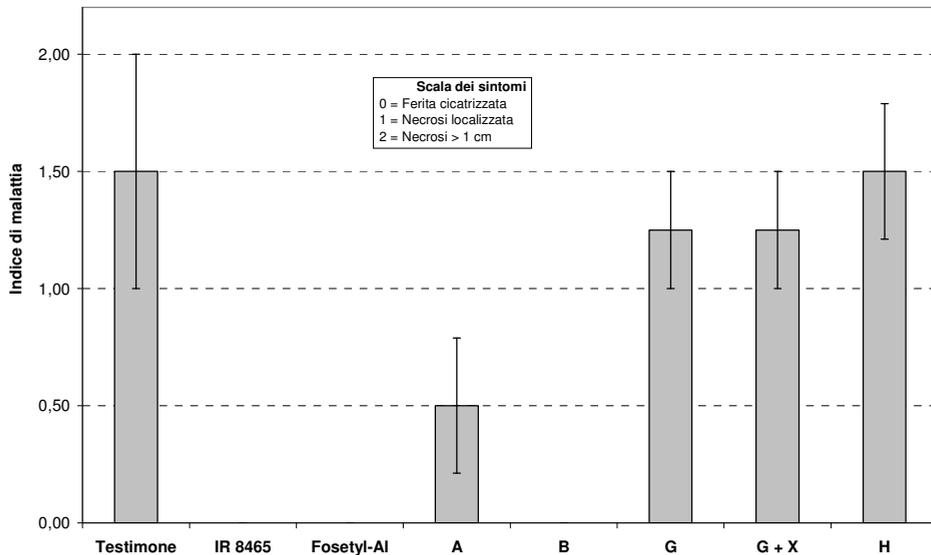


Figura 6. Effetto di diversi principi attivi (trattamento fogliare 7 giorni prima dell'inoculazione) sulla gravità delle infezioni nella parte basale del tronco di piante di arancio cv Tarocco innestate su citrange Carrizo e inoculate con *Phytophthora nicotianae*. Rilievo del 18/07/2008, 70 giorni dopo l'inoculazione (medie \pm D.S.)



DISCUSSIONE

Il prodotto IR 8465 ha mostrato un'efficacia contro la gommosi degli agrumi paragonabile a quella del fosetyl-AI. Poiché le caratteristiche dei due prodotti sono molto simili, anche questo nuovo derivato dell'acido fosforoso potrebbe trovare collocazione nelle strategie di lotta integrata contro le malattie degli agrumi causate da specie terricole di *Phytophthora*. L'attività del valifenalate su agrumi è risultata meno soddisfacente di quella mostrata contro i marciumi radicali di piante ornamentali (Marsili *et al.*, 2009). Questo prodotto ha inibito significativamente lo sviluppo dei cancri sia sui rami che sul tronco ma la sua efficacia è risultata inferiore a quella dei derivati dell'acido fosforoso, probabilmente a causa della minore sistemica e persistenza di azione. Tuttavia, i risultati degli esperimenti indicano che l'efficacia di questo dipeptide può aumentare significativamente se nella formulazione si aggiungono coadiuvanti che ne favoriscono l'assorbimento e la mobilità nei tessuti della pianta. Sarebbe interessante, inoltre, saggiare le miscele di questo fungicida con altri principi attivi. Le miscele di diversi principi attivi, infatti, possono avere effetti sinergici, consentono di ridurre le dosi di p.a. e riducono il rischio di comparsa di resistenza nelle popolazioni dei patogeni (Gisi, 1991).

Un aspetto fondamentale nelle strategie di lotta integrata contro il marciume radicale e la gommosi degli agrumi è la scelta del portinnesto. In generale, l'impiego di un portinnesto tollerante, può rendere più efficace anche la lotta con mezzi chimici. Sia l'arancio amaro che il citrange Carrizo sono indicati nella letteratura come resistenti (Cacciola *et al.*, 2007), tuttavia in queste prove hanno mostrato una notevole differenza di suscettibilità alla gommosi del tronco; il citrange Carrizo, infatti, è risultato più tollerante. Sarebbe interessante verificare se

questo portinnesto sia altrettanto tollerante nei confronti del marciume radicale e se i nuovi fungicidi siano efficaci anche contro questa *facies* della malattia.

Nei prossimi anni la sostituzione dell'arancio amaro con i citrange, in seguito alla diffusione negli agrumeti italiani del virus della Tristeza (CTV) al quale l'arancio amaro è molto suscettibile, e l'introduzione di nuovi fungicidi sistemici potrebbero aprire nuove prospettive per la lotta chimica contro le malattie degli agrumi causate da specie terricole di *Phytophthora*.

LAVORI CITATI

- Cacciola S.O., Magnano di San Lio G., 2008. Management of Citrus Diseases Caused by *Phytophthora* spp. *In: Integrated Management of Diseases Caused by Fungi, Phytoplasma and Bacteria.* (A. Ciancio & K. G. Mukerji coord.), vol. 3 IPM series, Springer Science + Business Media B. V., Heidelberg, Germany, 61-84.
- Cacciola S.O., Raudino F., Lo Giudice V., Magnano Di San Lio G., 2007. Malattie dell'apparato radicale degli agrumi. *Informatore Fitopatologico*, 57, 9-22.
- Gisi U., 1991. Synergism between fungicides for control of *Phytophthora*. *In: Phytophthora* (J. A. Lucas, R. C. Shattock, D. S. Shaw e L.R. Cooke coord.). Cambridge University Press. Cambridge, Gran Bretagna, 361-372.
- Hewitt H.G., 1998. Fungicides in Crop Protection. CAB International, Wallingford, Gran Bretagna, 221 pp.
- Marsilii E., Cacciola S.O., Salamone A., Scarito G., Raudino F., Pane A., 2009. Efficacia del Valifenalate contro specie terricole di *Phytophthora* patogene di piante ornamentali. *Protezione delle colture*, 2, 108-109.
- Matheron M.E., 2002. Comparative ability of six fungicides to inhibit development of *Phytophthora* gummosis on Citrus. *Plant Disease*, 86, 687-690.