

EFFICACIA DELL'ACIDO ACETICO E PERACETICO NEL CONTROLLO DI *PENICILLIUM* SPP. DEI FRUTTI DI AGRUMI

C. OLIVERI, A. BONACCORSI, V. COCO

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Fitosanitarie, Università degli Studi di Catania

Via S. Sofia, 100, 95123 Catania

c.oliveri@unict.it

RIASSUNTO

E' stata studiata la capacità dell'acido acetico (AA) e dell'acido peracetico (PAA) di inibire lo sviluppo di sei isolati di *Penicillium digitatum* e sette di *P. italicum*. I saggi *in vitro* effettuati in piastre contenenti substrato addizionato con benomyl ed imazalil a diverse concentrazioni hanno evidenziato la resistenza di due isolati di *P. italicum* e tre di *P. digitatum* a benomyl (>100 ppm) e imazalil (>1 ppm). Saggi sulla germinazione conidica di *P. digitatum* e *P. italicum* sono stati condotti con differenti concentrazioni delle due sostanze ed a differenti tempi di contatto. Tutte le concentrazioni di PAA impiegate in saggi *in vitro* hanno inibito totalmente la germinazione di entrambi i patogeni a tutti i tempi di esposizione, mentre l'acido acetico ha mostrato efficacia alla concentrazione di 125 µg/ml. Il trattamento con PAA *in vivo*, a differenza di AA, non ha determinato la comparsa di fenomeni di fitotossicità sull'epicarpo dei frutti.

Parole chiave: *Penicillium*, acido acetico, acido peracetico, agrumi

SUMMARY

EFFECTIVENESS OF ACETIC AND PERACETIC ACID TO CONTROL *PENICILLIUM* SPP. ON CITRUS FRUIT

The inhibitory activity of acetic (AA) and peracetic (PAA) acid against six *Penicillium digitatum* and seven *P. italicum* strains was evaluated. In *in vitro* assays, two *P. italicum* and three *P. digitatum* strains showed resistance to the fungicides benomyl (>100 ppm) and imazalil (>1 ppm). Different concentration of AA and PAA and application times were used for the evaluation of conidia germination. All PAA concentrations totally inhibited the germination of both pathogens at all the application times, while AA treatment was active at 125 µg/ml. In *in vivo* When testes, phytotoxic effects were evident only on fruits treated with AA.

Keywords: *Penicillium*, acetic acid, peracetic acid, citrus

INTRODUZIONE

I fungicidi più comunemente utilizzati in post-raccolta consentono buoni risultati nel contenimento delle infezioni dei frutti di agrumi, ma presentano alcune limitazioni connesse con la comparsa di ceppi resistenti e con la presenza di residui. Inoltre, la loro attività risulta limitata se l'infezione è avvenuta in campo ed il micelio ha già colonizzato i tessuti.

Una sempre più insistente richiesta da parte del consumatore di ridurre l'impiego di fitofarmaci, l'insorgenza di patogeni resistenti ai prodotti chimici e la comparsa di malattie iatrogene hanno stimolato da tempo la ricerca di mezzi alternativi all'impiego di fitofarmaci (Gullino, 1994).

Gli studi condotti nell'ultimo decennio nel settore della lotta post-raccolta si sono concentrati sia su microrganismi antagonisti efficaci competitori per spazio e sostanze nutritive, sia su sostanze naturali. Ampiamente studiato è l'uso di funghi, lieviti e batteri per contenere lo sviluppo di malattie post-raccolta nei prodotti vegetali (Chalutz e Droby, 1997; Spadaro e Gullino, 2004; Wilson *et al.*, 1991; Wilson, 2004). Tra le sostanze naturali, sono da

annoverare alcuni acidi organici a corta catena carboniosa, quali acidi acetico, peracetico e propionico, impiegati per la loro attività antimicrobica in diversi prodotti alimentari (Mari *et al.*, 1999; Sholberg e Gaunce, 1995; Sholberg *et al.*, 2004).

In particolare, l'acido peracetico è un forte ossidante e disinfettante con un ampio spettro di azione antimicrobica, grazie alla combinazione dell'acido acetico con l'ossigeno attivo (Kitis, 2004). Lanza *et al.* (2007) hanno ottenuto buoni risultati con applicazioni di acido peracetico combinate con l'impiego di lieviti, nella riduzione del marciume da *Penicillia* su arance Tarocco.

Considerata l'importanza che il comparto agrumicolo riveste in Italia e tenuto conto dei danni che si registrano sui frutti nella fase post-raccolta, si è ritenuto interessante avviare uno studio sulla possibilità di applicazione di tali acidi per il contenimento di marciumi causati da *P. digitatum* e *P. italicum*.

MATERIALI E METODI

Caratterizzazione dei patogeni

Prove di patogenicità. Prove preliminari di patogenicità degli isolati in studio sono state condotte su albicocche, pere, mele, limoni, arance, fichidindia e uva provenienti da coltivazioni biologiche. I frutti sono stati selezionati in modo da risultare uniformi per provenienza, pezzatura, maturazione ed impiegati subito per le prove o mantenuti a 4°C per non più di una settimana. Sono stati quindi lavati sotto acqua corrente per rimuovere residui di terra e altro materiale, operando con la massima cautela per evitare l'alterazione dell'integrità superficiale. Successivamente, sono stati sterilizzati in superficie immergendoli in ipoclorito di sodio al 2% per 2 minuti, sciacquati con acqua distillata sterile e quindi lasciati asciugare all'aria. Ciascun frutto è stato ferito artificialmente in quattro punti nella zona equatoriale con un ago diritto in acciaio, provocando ferite larghe 2 mm e prefissando una profondità di infissione di 3 mm. Gli acini d'uva sono stati feriti una sola volta.

Culture fungine degli isolati utilizzati in questo studio, cresciute per 7 giorni su PDA (Potato Dextrose Agar, Oxoid) a 25°C sono state sospese in acqua distillata sterile a dare una concentrazione di 10⁶ cfu/ml. Una goccia di sospensione fungina (20 µl) è stata posta su ciascuna ferita e lasciata a temperatura ambiente. La tesi controllo era costituita da frutti feriti ed inoculati solamente con acqua distillata sterile. Ciascun esperimento è stato ripetuto due volte.

Dopo l'inoculazione, i frutti sono stati posti in contenitori di plastica. Ciascun contenitore presentava singole cavità per mantenere i frutti separati e prevenire così le infezioni causate dal contatto con i frutti adiacenti. Per garantire l'umidità necessaria allo sviluppo della malattia, è stata posta della carta bibula imbevuta d'acqua nelle cavità vuote del contenitore, che a sua volta è stato posto in un sacchetto di plastica. I sacchetti sono stati chiusi ed i frutti incubati a 20°C.

Dopo 7 giorni dall'inoculazione, si è proceduto al conteggio delle ferite infette. I dati sono stati espressi in percentuale sul totale delle ferite.

Prove di germinazione in vitro. Le prove sono state effettuate mediante conteggio, al microscopio ottico, del numero di conidi germinati e osservazione del micelio fungino. Duecento µl della sospensione di ciascun isolato fungino (6 isolati di *P. digitatum* e 7 di *P. italicum*) alla concentrazione di 10⁵ cfu/ml, sono stati poggiati su vetrini porta-oggetto preparati versandovi sopra circa 2 ml di PDA non ancora solidificato. I campioni, posti in una camera umida sterile, costituita da dischetti di carta bibula imbevuti di acqua distillata sterile, sono poi stati incubati in termostato a 25°C per circa 18 h, durante le quali si è proceduto alla

conta dei conidi germinati mediante l'osservazione al microscopio ottico a 3, 6 e 18 ore dalla semina.

Effetto dell'imazalil e del benomyl sulla germinazione dei conidi

Le prove sono state condotte inoculando ciascun isolato fungino (20 µl di una sospensione conidica 10^4 cfu/ml) al centro di piastre Petri contenenti PDA addizionato con 10, 50 e 100 ppm di benomyl (Benlate® - DuPont) o con 0,1, 0,5 e 1 ppm di imazalil (Deccozil® 50 - Cerexagri). La tesi controllo era costituita da piastre con PDA senza aggiunta di fungicida. Le piastre sono state mantenute a 25°C al buio per 7 giorni. L'efficacia dei due principi attivi è stata valutata individuando la più bassa concentrazione in grado di inibire la crescita del fungo (CMI) e misurando la crescita radiale delle colonie. Per ogni tesi sono state allestite due ripetizioni. L'esperimento è stato ripetuto due volte.

Efficacia di PAA e AA sulla germinazione dei conidi

La prova è stata effettuata adoperando acido acetico al 100% (Merck) e peracetico (~ 39 % in acido acetico, Fluka) a diverse concentrazioni (31,2, 62,5, 125, 250 e 500 µg/ml) ed a differenti tempi di contatto (20 secondi, 1, 2, 5 e 10 minuti). La concentrazione intermedia tra i due valori di 62,5 e 125 µg/ml è stata impiegata allo scopo di definire la concentrazione minima inibitoria. Le prove sono state condotte impiegando due isolati fungini caratterizzati da una elevata capacità germinativa (*P. digitatum* MPVCT 230 e *P. italicum* MPVCT 207). L'acido acetico e l'acido peracetico sono stati aggiunti alle sospensioni fungine fino ad ottenere una concentrazione finale del patogeno di 6×10^5 ufc/ml. Le miscele sono state mantenute a $2 \pm 1^\circ\text{C}$. Trascorsi 20 sec e 1, 2, 5, 10 min di contatto con la sospensione conidica, sono stati prelevati 500 µl della sospensione per ciascuna concentrazione e diluiti 1:100. Cento µl della diluizione così ottenuta sono stati distribuiti in piastre Petri contenenti 25 ml di MEA (Malt Extract Agar, Difco). Ogni tesi comprendeva due repliche. Le colture sono state incubate a 20°C per 24 h. Una sospensione di conidi non trattati è stata utilizzata come controllo.

La germinazione dei conidi è stata determinata mediante osservazione al microscopio ottico di 300 conidi. I risultati sono stati espressi come ufc/piastra.

Trattamento di frutti cv. Navelina con PAA e AA

La prova è stata effettuata utilizzando arance cv Navelina, un isolato fungino di *P. italicum* (MPVCT 207) con elevata capacità germinativa e due isolati di *P. digitatum* (MPVCT 230 e MPVCT 238). Questi ultimi presentavano diversa velocità di germinazione: i conidi di *P. digitatum* MPVCT 230 germinavano più velocemente di quelli di *P. digitatum* MPVCT 238. Ciascuna replicazione era costituita da 4 frutti. Prima del loro utilizzo i frutti sono stati lavati in acqua corrente e sterilizzati superficialmente immergendoli in ipoclorito di sodio al 2% per 2 min, sciacquati con acqua distillata sterile e quindi lasciati asciugare all'aria. Ciascun frutto è stato ferito artificialmente in quattro punti nella zona equatoriale fino a una profondità di 3 mm. Successivamente i frutti sono stati immersi per 20 secondi in soluzioni di acido acetico o acido peracetico a diverse concentrazioni (31,2, 62,5, 125, 250 e 500 µg/ml). Dopo l'immersione i frutti sono stati asciugati e mantenuti a temperatura ambiente. La tesi testimone è stata trattata con acqua distillata sterile. I frutti sono stati infine riposti in cassette chiuse in buste di polietilene e mantenuti in cella climatica alla temperatura costante di $20 \pm 1^\circ\text{C}$.

RISULTATI

Caratterizzazione dei patogeni

Prove di patogenicità. Dopo 7 giorni dall'inoculazione, gli isolati ottenuti da frutti infetti hanno mostrato un'elevata patogenicità nei riguardi di arance, limoni, albicocche, pere e uva,

mentre entrambi i ceppi tipo e i due isolati provenienti da aria e superfici all'interno di un magazzino di lavorazione hanno mostrato differente specificità e aggressività. Gli isolati altamente patogeni non hanno mostrato una stretta specificità d'ospite, risultando patogeni verso diverse specie di frutti (tabella 1).

Tabella 1. Saggi di patogenicità su frutti

Specie/Isolato ^a	Area di origine	Matrice	% dei siti inoculati con presenza di sporulazione ^b						
			albicocca	pera	mela	limone	arancia	ficodindia	uva
<i>P. digitatum</i>									
MUCL 14256	Louvain-B.	arancia	87	81	-	81	12	44	87
MPVCT 233	Motta S.A.(CT)	arancia	87	81	-	87	100	-	81
MPVCT 234	Giarre (CT)	arancia	81	87	-	93	93	-	87
MPVCT 235	Motta S.A.(CT)	arancia	93	-	-	91	87	-	62
MPVCT 238	Mascali (CT)	arancia	25	44	-	75	81	-	81
MPVCT 230	Catania	limone	100	100	-	93	87	-	93
<i>P. italicum</i>									
MUCL 958	Louvain-B.	arancia	44	50	-	19	31	-	87
MPVCT 207	Lentini (SR)	superfici	50	37	-	81	81	-	75
MPVCT 209	Lentini (SR)	aria	81	44	-	-	-	-	-
MPVCT 236	Motta S.A.(CT)	arancia	87	81	-	87	93	-	81
MPVCT 237	Catania	arancia	81	87	-	87	81	-	75
MPVCT 239	Catania	arancia	81	75	-	87	81	-	87
MPVCT 242	Acireale (CT)	arancia	62	69	-	87	87	-	93

^a MPVCT: Micoteca di Patologia Vegetale, Università degli Studi di Catania, I; MUCL: Micoteca dell'Università Cattolica di Louvain-B; ^b - = assenza di sintomi

Prove di germinazione in vitro di conidi di *P. digitatum* e di *P. italicum*. A tutti i tempi di osservazione (3, 6 e 18 ore dalla semina) gli isolati studiati hanno evidenziato una differente capacità di germinazione conidica, mostrando percentuali comprese fra 2 e 46% dopo sei ore. A tempi di osservazione superiori tutti i conidi risultavano germinati (dati non mostrati).

Effetto dell'imazalil e del benomyl sulla germinazione dei conidi

I saggi *in vitro* effettuati in piastre contenenti substrato addizionato con benomyl o imazalil a diverse concentrazioni, hanno evidenziato la resistenza di due isolati di *P. italicum* e tre di *P. digitatum* a benomyl (>100 ppm) e imazalil (>1 ppm) (tabella 2).

Tabella 2. Concentrazione minima inibitoria (CMI) di due fungicidi

Specie	Isolato ^a	CMI (ppm)	
		imazalil	benomyl
<i>P. digitatum</i>	MUCL 14256	1	<10
	MPVCT 233	1	<50
	MPVCT 234	>1	<10
	MPVCT 235	1	<50
	MPVCT 238	>1	>100
	MPVCT 230	>1	<10
<i>P. italicum</i>	MUCL 958	>1	>100
	MPVCT 207	<0.1	>100
	MPVCT 209	<0.1	<10
	MPVCT 236	<0.1	<50
	MPVCT 237	<0.1	<10
	MPVCT 239	<0.1	<10
	MPVCT 242	>1	<10

Efficacia di PAA e AA sulla germinazione dei conidi

L'acido peracetico ha mostrato una maggiore efficacia dell'acido acetico. Infatti, tutte le concentrazioni di PAA impiegate hanno inibito totalmente la germinazione di entrambi i patogeni a tutti i tempi di esposizione, mentre l'acido acetico ha mostrato efficacia alla concentrazione di 125 µg/ml. Inoltre, alle concentrazioni inferiori, il numero delle colonie fungine rilevate decresceva in modo proporzionale all'aumentare del tempo di contatto (tabella 3).

Tabella 3. Effetti dell'acido acetico sulla germinazione dei conidi alle diverse concentrazioni e a diversi tempi di contatto

Isolato	Tempo di contatto	cfu/piastra±DS* Concentrazione AA (µg/ml)		
		31,2	62,5	125
<i>P. digitatum</i> MPVCT 230	2 sec	290 ± 7,1	260 ± 7,1	0
	1 min	125 ± 2,8	118 ± 4,2	0
	2 min	132 ± 5,7	120 ± 5,7	0
	5 min	86 ± 1,4	75 ± 8,5	0
	10 min	70 ± 4,2	50 ± 2,8	0
<i>P. italicum</i> MPVCT 207	20 sec	202 ± 4,2	195 ± 2,8	0
	1 min	97 ± 2,8	85 ± 4,2	0
	2 min	90 ± 4,2	72 ± 5,7	0
	5 min	61 ± 5,7	54 ± 7,1	0
	10 min	70 ± 1,4	43 ± 4,2	0

* DS= deviazione standard

Trattamento di frutti di arancio cv. Navelina con PAA e AA

I rilievi sono stati effettuati a 3, 7 e 10 giorni dall'inizio del trattamento, tenendo conto del numero delle ferite con presenza di marciume molle o depressioni sui frutti, esprimendo i risultati in valore percentuale. Tra le concentrazioni di AA saggiate la concentrazione minima inibitoria è stata di 125 µg/ml. Alla concentrazione di 93,7 µg/ml, c'è stata una riduzione dello sviluppo dell'isolato *P. digitatum* MPVCT 230 rispetto al controllo non trattato, tuttavia tutte le ferite presentavano la presenza di marciume molle e il 31,2% di esse mostrava sporificazione del fungo. Alle concentrazioni inferiori (31,2 e 62,5 µg/ml), tutte le ferite presentavano marciume. Sull'epicarpo dei frutti trattati con AA alle concentrazioni superiori a 125 µg/ml, sono stati osservati imbrunimenti dopo 7 giorni dal trattamento. Nel trattamento con PAA la concentrazione che ha inibito lo sviluppo del patogeno è stata di 93,7 µg/ml.

Nel caso dell'impiego dell'isolato *P. digitatum* MPVCT 238, che in prove *in vitro* aveva presentato una più bassa velocità germinativa, la concentrazione minima inibitoria di acido acetico è stata invece di 93,7 µg/ml. Alla concentrazione di 31,2 µg/ml, il 75% delle ferite mostravano sporulazione. Nel trattamento con PAA la concentrazione minima inibitoria è stata di 62,5 µg/ml; alla concentrazione di 31,2 µg/ml il 12% delle ferite presentavano sporulazione.

La concentrazione minima inibitoria di acido acetico che ha inibito la germinazione dei conidi di *P. italicum* MPVCT 207 è stata più elevata rispetto ai due isolati di *P. digitatum* saggiati, cioè di 125 µg/ml. Infatti, alla concentrazione intermedia di 93,7 µg/ml, il 25% dei siti inoculati presentavano marciume molle 7 giorni dopo il trattamento. Con il trattamento con PAA, la concentrazione minima inibitoria era rappresentata da 93,7 µg/ml.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Oggi si assiste ad un crescente interesse per l'impiego di sostanze naturali in post-raccolta che dovrebbe sostituire o integrare le attuali strategie di difesa con mezzi chimici. L'acido peracetico è usato principalmente nell'industria alimentare, dove è applicato come disinfettante (Kitis, 2004). Dall'inizio degli anni cinquanta, l'acido acetico è stato applicato per la rimozione di batteri e funghi da frutta e verdura. Tuttora l'acido peracetico è applicato per la disinfezione di ambienti ospedalieri e per impedire la formazione di biofilm nelle industrie di cellulosa. Può essere applicato per la depurazione dell'acqua come disinfettante e per la disinfezione delle tubature. La sua azione disinfettante si esplica per ossidazione delle membrane esterne delle cellule e delle spore dei microrganismi.

Considerate le caratteristiche antimicrobiche di queste sostanze naturali, si è voluto indagare sul loro possibile impiego nella difesa post-raccolta dei frutti di agrumi. Precedenti esperienze positive su agrumi e su drupacee fanno, infatti, ritenere che l'approfondimento delle ricerche potrebbe favorirne l'impiego su scala applicativa (Mari *et al.*, 1999; Lanza *et al.*, 2007).

Un preliminare studio sulle caratteristiche biologiche degli isolati fungini è apparso necessario, per sgombrare il campo da possibili interferenze delle caratteristiche biologiche degli isolati sul trattamento. A tal fine si è proceduto a prove di caratterizzazione di diversi isolati fungini in collezione presso la sezione di Patologia Vegetale del Di.S.Te.F. di Catania. I risultati ottenuti hanno confermato l'ampia variabilità degli isolati di *Penicillium* spp. per quanto riguarda patogenicità, capacità germinativa e resistenza a comuni fungicidi. Gli isolati molto virulenti provenivano da frutti con marciume e non hanno presentato durante le prove *in vivo* su frutti, una stretta specificità d'ospite, dimostrando patogenicità verso diverse specie di frutti.

I saggi *in vitro* con substrato addizionato con fungicidi a diverse concentrazioni, hanno evidenziato la resistenza di due isolati di *P. italicum* e tre di *P. digitatum* a benomyl e imazalil.

Gli isolati studiati hanno mostrato differente capacità di germinazione conidica. In particolare un'ampia variabilità è stata osservata per gli isolati di *P. digitatum*. Gli stessi isolati, caratterizzati con metodi molecolari in un precedente studio, avevano mostrato un diverso profilo fAFLP che li raggruppava in due subcluster differenti (Oliveri *et al.*, 2007). Per le successive prove *in vivo*, sono stati selezionati due isolati di *P. digitatum* e uno di *P. italicum* rappresentativi per la diversa velocità di germinazione.

Nelle prove effettuate l'acido peracetico si è mostrato più efficace dell'acido acetico. Infatti, tutte le concentrazioni di PAA impiegate hanno inibito totalmente la germinazione di entrambi i patogeni a tutti i tempi di esposizione, mentre l'acido acetico ha mostrato efficacia solo dalla concentrazione di 125 µg/ml.

In prove *in vivo* con arance cv Navelina i due acidi hanno evidenziato una attività variabile fino alla completa inibizione dell'infezione, in relazione alla concentrazione impiegata. Imbrunimenti dell'epicarpo dei frutti sono stati osservati con l'impiego di acido acetico ad elevate concentrazioni (da 125 a 1000 µg/ml). Altri Autori hanno segnalato la presenza di imbrunimenti su altre specie di frutti ed in particolare su varietà bianche di fichi, su uva da tavola e pere (Sholberg *et al.*, 1996, 2004; Molinu *et al.*, 2007).

L'acido acetico e peracetico hanno mostrato pertanto un'elevata efficacia nel prevenire i marciumi degli agrumi in post-raccolta, ma ulteriori studi dovrebbero essere effettuati ai fini di un reale impiego su scala commerciale.

LAVORI CITATI

- Chalutz E., Droby S., 1997. Biological control of postharvest disease. *In: Plant-microbe interactions and biological control*. Ed. Boland G.J. and Kuykendall L.D. Marcel Dekker, Inc., New York, 157-170.
- Gullino M.L., 1994. Lotta biologica a funghi agenti di marciumi della frutta in post-raccolta. *Informatore Fitopatologico*, 4, 5-13.
- Kitis M., 2004. Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. *Environment International*, 30, 47-55.
- Lanza G., Di Martino Aleppo E., Strano M.C., Aloisi V., Privitera D., 2007. Effectiveness of peracetic acid in integrated control strategies of *Penicillium* decay in Tarocco orange fruit. *Proceedings COST 924. International Congress*, Bologna 3-5 maggio, 9 (riassunto).
- Mari M., Cembali T., Baraldi E., Canalini L., 1999. Peracetic acid and chlorine dioxide for postharvest control of *Monilinia laxa* in stone fruits. *Plant Disease*, 83, 773-776.
- Molinu M.G., Venditti T., Dore A., D'Allewin G., Serusi A., Agabbio M., 2007. Reduction of fig fruit (*Ficus carica*) postharvest decay by curing and acetic acid treatments. *Proceedings COST 924. International Congress*, Bologna 3-5 maggio, 30 (riassunto).
- Oliveri C., Campisano A., Catara A., Cirvilleri G., 2007. Characterization and fAFLP genotyping of *Penicillium* strains from postharvest samples and packinghouse environments. *Journal of Plant Pathology*, 89, 29-40.
- Sholberg P.L., Gaunce A.P., 1995. Fumigation of fruit with acetic acid to prevent postharvest decay. *Hortscience*, 30 (6), 1271-1275.
- Sholberg P.L., Reynolds A.G., Gaunce A.P., 1996. Fumigation of table grapes with acetic acid to prevent postharvest decay. *Plant Disease*, 80, 1425-1428.
- Sholberg P.L., Shephard T., Randall P., Moyls L., 2004. Use of measure concentrations of acetic acid vapour to control postharvest decay in d'Anjou pears. *Postharvest Biology and Technology*, 32, 89-98.

- Spadaro D., Gullino M.L., 2004. State of the art and future prospects of the biological control of postharvest fruit diseases. *International Journal of Food Microbiology*, 91, 185-194.
- Wilson C.L., Wisniewski M.E., Biles C.L., McLaughlin R., Chalutz E., Droby E., 1991. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables: alternatives to synthetic fungicides. *Crop Protection*, 10, 172-177.
- Wilson M., 2004. Management of bacterial diseases of plants: biological control. *In*: Dekker Encyclopedia of Crop Science. Ed. Goodman R.M. Marcel Dekker, NY.