

LITTOVIR® , NUOVO INSETTICIDA A BASE DI VIRUS DELLA POLIEDROSI NUCLEARE (SpliNPV), PER IL CONTENIMENTO DI *SPODOPTERA LITTORALIS* SU ORTICOLE

M. BENUZZI¹, F. FIORENTINI², A. LUCCHI², E. LADURNER²

¹ Intrachem Bio Italia S.p.A.-Servizio tecnico-Via Calcinaro, 2085/int. 7, 47521 Cesena (FC)

² Intrachem Production S.r.l. - Via XXV Aprile, 4/A, 24050 Grassobbio (BG)

massimo.benuzzi@intrachem.com

RIASSUNTO

Littovir è un nuovo insetticida a base del virus della poliedrosi nucleare di *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera Noctuidae), dannosa a molte specie orticole. Negli ultimi anni sono state effettuate diverse prove per valutare l'efficacia del prodotto contro questo fitofago su varie colture orticole. Si riportano i risultati delle prove più recenti, eseguite su peperone, fragola, zucchini e cavolfiore. Nelle condizioni sperimentali di pressione medio-alta di *S. littoralis*, Littovir ha sempre portato a una riduzione significativa del danno rispetto al testimone non trattato, con valori di efficacia del tutto comparabili a quelli ottenuti con il prodotto e/o la strategia di difesa chimica di riferimento. Littovir è altamente efficace nel contenimento del fitofago, è selettivo, e ha un meccanismo di azione innovativo, diverso da quello delle sostanze attive attualmente disponibili sul mercato. Le applicazioni di Littovir costituiscono quindi un valido strumento sia per l'agricoltura biologica sia per le strategie di difesa integrata, in quanto possono essere inserite in strategie di gestione della resistenza. Non lasciando residui sulla produzione, il prodotto può inoltre aiutare a soddisfare le eventuali richieste per una produzione con un numero limitato o priva di residui.

Parole chiave: Nucleopoliedrovirus, *Spodoptera littoralis*, orticoltura, difesa microbiologica

SUMMARY

EFFICACY OF LITTOVIR®, A NEW INSECTICIDE BASED ON *SPODOPTERA LITTORALIS* NUCLEOPOLYHEDROVIRUS (SpliNPV) FOR THE CONTROL OF *SPODOPTERA LITTORALIS* ON HORTICULTURAL CROPS

Littovir® is a new insecticide based on nucleopolyhedrovirus of *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera Noctuidae), which can cause severe damages to numerous species of horticultural crops. Over the last years, several trials have been conducted in order to evaluate the efficacy of the product against this insect on different horticultural crops. The results obtained in recent trials, conducted on sweet pepper, strawberry, zucchinis and cauliflower, are reported. Under these trial conditions of medium-high pest pressure, Littovir always resulted in a significant reduction of *S. littoralis* damage in comparison to the untreated control, with efficacy values being comparable to those of the chemical reference product and/or control strategy. Littovir is highly effective against the target pest, selective, and has a novel mode of action, different from that of any other substance currently available on the market. Applications of Littovir therefore constitute a valuable tool both for organic and integrated plant protection strategies, because they can be included into resistance management programs. Furthermore, the product does not leave any undesired residue on the production, and can thus help to meet potential requirements for a production free or with a limited number of residues.

Keywords: Nucleopolyhedrovirus, *Spodoptera littoralis*, horticulture, microbial pest control

INTRODUZIONE

La nottua del cotone, *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera Noctuidae), è un insetto molto polifago e diffuso soprattutto in Africa, Asia centrale e nel bacino mediterraneo (Pineda *et al.*, 2007). In Italia l'insetto arreca gravi danni alle colture soprattutto nelle regioni meridionali (Sannino, 2003). Il fitofago sverna prevalentemente allo stadio di crisalide nel terreno. All'inizio della primavera sfarfallano gli adulti e si accoppiano, dando origine a diverse generazioni il cui numero varia in funzione delle condizioni ambientali e dei fenomeni di migrazione (Sannino *et al.*, 2001; Sannino, 2003). Le femmine depongono le uova sulla vegetazione. Dalle uova schiudono le larve che provocano il danno su foglie, fusti, fiori e frutti. Le colture maggiormente soggette all'attacco sono colture orticole (peperone, melanzana, pomodoro, lattuga e simili, spinacio, cavolfiore, ecc.), floricole e ornamentali, mais e cotone (Sannino, 2003; Masetti *et al.*, 2008).

L'elevata polifagia, il susseguirsi di numerose generazioni e la mobilità degli adulti possono portare ad infestazioni elevate. Sono stati eseguiti numerosi studi sui possibili mezzi di difesa (Smaghe e Degheele, 1992; Sannino, 2000, 2001; Pineda *et al.*, 2007), ma la lotta contro questo fitofago presenta comunque tuttora notevoli difficoltà dovute sia al comportamento dell'insetto sia al al rischio di insorgenza di resistenza alle molecole di sintesi (Ishaaya *et al.*, 1995; Smaghe *et al.*, 1999; Miles e Lysandrou, 2002).

In natura le larve di *S. littoralis*, come quelle di altri Lepidotteri, sono soggette a malattie causate da virus della poliedrosi nucleare (di seguito NPV) (Moscardi, 1999). I virus della poliedrosi nucleare (NPV) sono patogeni endocellulari obbligati, che necessitano di una cellula vitale per la propria riproduzione. Appartenenti al gruppo dei *Baculovirus* (Fam. *Baculoviridae*), sono presenti in molti ambienti su un ristretto spettro di ospiti, che non comprende né le piante né i vertebrati e non rappresentano quindi alcun rischio per l'uomo (OECD, 2002). Il loro materiale genetico è racchiuso entro un involucro di origine proteica denominato capsido o corpo d'inclusione, di forma spesso poliedrica nel caso degli NPV e con dimensioni variabili da 0,5 a 15 µm di diametro (Deseo-Kovacs e Rovesti, 1992). Il corpo di inclusione contiene i virioni singolarmente o riuniti in fasci di 2-8 unità, li protegge dai fattori ambientali e consente di mantenerli infettivi anche per diversi anni (Groner, 1987). I corpi di inclusione, una volta ingeriti dal fitofago-bersaglio e giunti nell'apparato digerente della larva, si dissolvono (grazie all'ambiente alcalino) e liberano i virioni. Questi iniziano a riprodursi nel nucleo delle cellule, soprattutto quelle del mesenteron, diffondendosi da qui agli altri tessuti, fino alla morte dell'ospite (Rohrmann, 2011). Le larve colpite manifestano inizialmente diminuzione dell'attività trofica e motoria e muoiono nel giro di qualche giorno (Masetti *et al.* 2010; Rohrmann, 2011).

La capacità di SpliNPV di causare elevata mortalità nelle popolazioni di *S. littoralis* è nota da tempo (Maeda *et al.*, 1990; Jones *et al.*, 1994). La società svizzera Andermatt Biocontrol AG, azienda leader nella produzione di formulazioni a base di Baculovirus, ha messo a punto un nuovo prodotto formulato a base di SpliNPV, denominato Littovir (concentrazione principio attivo: $5,0 \times 10^{11}$ SpliNPV/l, formulazione: SC), che verrà distribuito in Italia da Intrachem Bio Italia S.p.A.. La produzione del principio attivo viene eseguita infettando larve vive di *S. littoralis*, ottenute tramite allevamento massale in condizioni controllate, con SpliNPV. Dalle larve infette si ottengono i corpi di inclusione, che vengono poi sospesi nella formulazione commerciale assieme a sostanze fagostimolanti e protettivi dai raggi U.V., tutte di origine non sintetica. Per questo ed essendo SpliNPV non manipolato geneticamente, Littovir può essere impiegato anche in agricoltura biologica. Il prodotto è altamente concentrato (dose di campo consigliata: 100-200 ml/ha) e, come tutti i prodotti a base di

Baculovirus, mantiene una ottimale efficacia di campo se conservato in condizioni controllate. Infatti, Littovir può essere conservato per almeno 2 anni in frigorifero (4-5°C) e per oltre 5 anni in congelatore (-20°C). Le confezioni commerciali di piccola taglia sono state scelte appositamente per consentire una conservazione agevole in anche in spazi ridotti. A temperatura ambiente Littovir può essere invece conservato per 4-5 settimane e quindi essere spedito attraverso i normali canali distributivi.

Littovir si aggiunge al numero sempre crescente di insetticidi commerciali a base di Baculovirus presenti nel mercato mondiale e comunemente impiegati per il contenimento di diverse specie, come per esempio *Cydia pomonella*, *Adoxophyes orana*, *Cryptopheblia leucotreta*, *Spodoptera litura* e *S. exigua*, *Phthorimaea operculella* e *Helicoverpa armigera* (Lacey *et al.*, 2008; Wanderer *et al.*, 2009; Benuzzi *et al.*, 2010).

L'efficacia del prodotto è stata saggiata in Italia a partire dal 2006 su diverse colture orticole. Nel presente lavoro si raccolgono alcune delle prove sperimentali eseguite in Italia di recente, che dimostrano l'efficacia di Littovir nel contenimento di *S. littoralis* su peperone, fragola, zucchini e cavolfiore.

MATERIALI E METODI

La prova su peperone è stata condotta da Agrigeos Srl (Centro di Saggio) a Vittoria (RG) nel 2009 su varietà Ragazzo. Littovir è stato saggiato rispettivamente a 100 e 200 ml/ha, e confrontato con una strategia di difesa di riferimento chimico, comunemente utilizzata nell'area di studio per il controllo dell'insetto, e un testimone non trattato. Sono stati effettuati 5 interventi con Littovir a distanza di 4-7 giorni a partire da inizio schiusura uova (23 luglio–17 agosto; BBCH 69-81; volume di bagnatura: 1000 l/ha). Il numero di frutti danneggiati da *S. littoralis* sul totale dei frutti presenti è stato contato sulle 20 piante centrali di ogni parcella (dimensione parcella: 8.25 m²) in più rilievi successivi al fine di determinare la percentuale totale di frutti danneggiati per pianta a 7 giorni dall'ultimo intervento.

La prova su fragola è stata effettuata da G.Z. Srl (Centro di Saggio) a Frignano (CE) nel 2009 su varietà Camarosa. Littovir è stato saggiato rispettivamente a 100 e 200 ml/ha, a confronto con un prodotto di riferimento chimico e un testimone non trattato. Sono stati effettuati 3 interventi con Littovir a cadenza settimanale a partire dalla schiusura delle uova (2-16 settembre; BBCH 14-18; volume di bagnatura: 600 l/ha). Il numero di larve vive presenti sulle 25 piante centrali di ogni parcella (dimensione parcella: 12 m²) è stato rilevato in più rilievi successivi, con un rilievo finale a 7 giorni dall'ultimo intervento.

La prova su zucchini è stata condotta da CORAGRO Srl (Centro di Saggio) a Licodia Eubea (CT) nel 2010 su varietà Vip. Littovir è stato saggiato 200 ml/ha, e messo a confronto con un prodotto di riferimento chimico e un testimone non trattato. Sono stati eseguiti 2 interventi per tesi a cadenza settimanale a partire dalla schiusura delle uova (6 e 13 settembre; BBCH 54-55; volume di bagnatura: 1000 l/ha). La percentuale di foglie danneggiate da *S. littoralis* è stata rilevata in più rilievi successivi sulle 10 piante centrali di ogni parcella (dimensione parcella: 8 m²), con un rilievo finale a 21 giorni dall'ultimo intervento.

La prova su cavolfiore è stata realizzata da Metapontum Agrobios (Centro di Saggio) a Metaponto (MT) nel 2010 su varietà Casper. Littovir è stato saggiato 200 ml/ha, e messo a confronto con un prodotto di riferimento chimico e un testimone non trattato. Sono stati effettuati 4 interventi per tesi a distanza di 7-9 giorni a partire dalla comparsa dei primi sintomi di attacco sulla coltura (20 settembre – 14 ottobre; BBCH 14-27; volume di bagnatura: 1000 l/ha). La percentuale di foglie danneggiate e la percentuale di superficie fogliare danneggiata su 100 foglie per parcella (dimensione: 10 m²) sono state rilevate in più rilievi successivi, con un rilievo finale a 7 giorni dall'ultimo intervento.

I dettagli sulle tesi a confronto nelle diverse prove sono riassunti in tabella 1. Tutte le prove sono state condotte su colture in pieno campo e in ognuna è stato realizzato un disegno sperimentale a blocchi randomizzati con 4 ripetizioni per tesi. In tutte le prove è stata calcolata l'efficacia secondo Abbott delle tesi a confronto nel ridurre il danno da *S. littoralis* (Abbott, 1925).

I parametri registrati nelle varie prove (% frutti danneggiati, numero di larve vive, % foglie danneggiate, % area fogliare danneggiata) nelle diverse tesi sono state confrontate tramite analisi della varianza (Anova a una via), seguita da test di Student-Newman-Keuls (prove su peperone e fragola), test di Duncan (prova su zucchini) e test di Tukey (prova su cavolo) per la separazione delle medie ($p \leq 0,05$).

Tabella 1. Tesi a confronto nelle diverse prove (Testimone n.t.=Testimone non trattato), dosaggi saggiati ed epoca di intervento

Tesi	Principio attivo (p.a.)	Conc. p.a. (% o NPV/l)	Prodotto commerciale	Dose/ha	Data intervento (gg/mm)
Anno 2009 – Prova su peperone cv Ragazzo					
1	SpliNPV	5×10^{11}	Littovir	100 ml	23/7, 27/7, 3/8, 10/8, 17/8
2	SpliNPV	5×10^{11}	Littovir	200 ml	23/7, 27/7, 3/8, 10/8, 17/8
3	Chlorpyrifos Deltametrina	44,53 1,63	Dursban Decis Jet	1000 ml 500 ml	23/7, 3/8 10/8, 17/8
4	Testimone n.t.				
Anno 2009 - Prova su fragola cv Camarosa					
1	SpliNPV	5×10^{11}	Littovir	100 ml	2/9, 9/9, 16/9
2	SpliNPV	5×10^{11}	Littovir	200 ml	2/9, 9/9, 16/9
3	Spinosad	44,2	Laser	250 ml	2/9, 16/9
4	Testimone n. t.	-	-	-	-
Anno 2010 - Prova su zucchini cv Vip					
1	SpliNPV	5×10^{11}	Littovir	200 ml	6/9, 13/9
2	Indoxacarb	30,0	Steward	125 g	6/9, 13/9
3	Testimone n. t.	-	-	-	-
Anno 2010 – Prova su cavolo cv Casper					
1	SpliNPV	5×10^{11}	Littovir	200 ml	20/9, 28/9, 7/10, 14/10
2	Spinosad	11,6	Success	800 ml	20/9, 28/9, 7/10, 14/10
3	Testimone n.t.				

RISULTATI

I risultati ottenuti nelle diverse prove sono riassunti in tabella 2. Per chiarezza di esposizione, sono stati omessi i risultati dei rilievi intermedi (nei quali tuttavia si è osservata la stessa tendenza come nel rilievo finale) e riportati soltanto quelli del rilievo finale.

La pressione del fitofago osservata nelle prove eseguite nel biennio 2009-10 può essere considerata medio-alta (cfr. danno nel testimone non trattato in tabella 2). In queste condizioni

sperimentali, Littovir, applicato a 200 ml/ha, ha sempre portato a una riduzione significativa del danno da *S. littoralis* rispetto al testimone non trattato, con risultati del tutto comparabili a quelli ottenuti con il prodotto di riferimento e/o la strategia di difesa chimica, comunemente impiegati nell'area di studio per la lotta contro questo insetto (tabella 2). Nelle prove su peperone e fragola, Littovir è stato saggiato anche alla dose di campo di 100 ml/ha. In entrambe le prove si nota un leggero effetto dose-risposta, anche se non sempre statisticamente significativo (tabella 2).

Littovir ha inoltre mostrato una ottima selettività verso le colture. Infatti, in nessun caso si sono riscontrati sintomi di fitotossicità.

Tabella 2. Danno (% frutti danneggiati, numero di larve vive, % foglie danneggiate, % area fogliare danneggiata) causato da *S. littoralis* al rilievo finale nelle diverse prove e tesi ed efficacia delle diverse tesi nel contenere il danno (m±d.s.)

Anno 2009 – Prova su peperone cv Ragazzo			
Tesi	Principio attivo	Totale frutti colpiti (%)	Efficacia (%)
1	SpliNPV (100 ml/ha)	6,0 ± 1,7 b*	76,4 ± 6,9
2	SpliNPV (200 ml/ha)	3,9 ± 0,7 b	84,7 ± 2,8
3	Chlorpyrifos Deltametrina	2,3 ± 1,4 b	91,0 ± 5,4
4	Testimone non trattato	25,3 ± 14,1 a	-
Anno 2009 - Prova su fragola cv Camarosa			
Tesi	Principio attivo	N° larve vive/25 piante	Efficacia (%)
1	SpliNPV (100 ml/ha)	5,3 ± 0,5 b	78,1 ± 5,7
2	SpliNPV (200 ml/ha)	2,8 ± 0,5 bc	88,7 ± 2,7
3	Spinosad	1,0 ± 0,0 c	95,9 ± 0,7
4	Testimone non trattato	24,8 ± 4,0 a	-
Anno 2010 - Prova su zucchini cv Vip			
Tesi	Principio attivo	Foglie danneggiate (%)	Efficacia (%)
1	SpliNPV (200 ml/ha)	1,8 ± 2,4 b	94,9 ± 6,2
2	Indoxacarb	0,5 ± 1,0 b	98,8 ± 2,5
3	Testimone non trattato	32,5 ± 6,5 a	-
Anno 2010 – Prova su cavolo cv Casper			
Tesi	Principio attivo	Foglie danneggiate (%) Superficie fogliare danneggiata (%)	Efficacia (%)
1	SpliNPV (200 ml/ha)	29,0 ± 4,1 b 2,2 ± 0,2 B	63,4 ± 5,2 78,4 ± 1,8
2	Spinosad	28,3 ± 3,9 b 2,1 ± 0,4 B	64,4 ± 4,9 79,4 ± 3,9
3	Testimone non trattato	79,3 ± 4,3a 10,2 ± 3,1 A	- -

* Per ciascuna prova, lettere diverse dello stesso tipo indicano differenze statisticamente significative (test per separazione medie: $p \leq 0,05$).

DISCUSSIONE

Le prove eseguite nel biennio 2009 e 2010 condotte su diverse orticole (peperone, fragola, zucchini e cavolfiore) evidenziano l'elevata efficacia del prodotto a base di SpliNPV nel contenere il danno causato da *S. littoralis*, sempre comparabile alle linee di difesa chimica comunemente impiegate nell'area di studio.

Nelle prove su peperone, fragola e zucchini, dove il prodotto era stato applicato a partire dalla schiusura delle uova del fitofago-bersaglio, sono stati raggiunti valori di efficacia superiori all'85%. Valori leggermente inferiori (63-78%) sono stati ottenuti su cavolfiore, dove il prodotto era stato impiegato a partire dalla comparsa dei primi sintomi di danno e quindi quando larve di diverse età erano già presenti sulla coltura. In *S. littoralis*, come in altre specie di Lepidotteri, la suscettibilità al virus decresce con l'età e quindi con l'aumento ponderale della larva (Kadir *et al.*, 1999; Pourmirza, 2000; Duan e Otvos, 2001). Al fine di ottimizzare l'attività del larvicida, è perciò consigliabile intervenire alla schiusura delle uova contro i primi stadi larvali, soprattutto nei casi in cui SpliNPV viene impiegato come unico mezzo di difesa e non inserito in una strategia di difesa integrata.

Alla dose di campo di 100 ml/ha sono stati registrati valori di efficacia leggermente inferiori che a 200 ml/ha. Questo è principalmente dovuto al minor numero di corpi di inclusione distribuiti sulla vegetazione e quindi a una minore probabilità di ingestione del principio attivo da parte della larva bersaglio e conseguentemente della dose letale. Nella strategia di intervento contro *S. littoralis* bisogna inoltre considerare che l'insetticida a base di SpliNPV non manifesta una capacità di abbattimento della popolazione in poche ore (si riduce tuttavia notevolmente l'attività trofica), sia a causa della gradualità dell'infezione sia perchè SpliNPV non porta a morte l'ospite immediatamente, ma nel giro di qualche giorno (van Beek e Hughes, 1988; Masetti *et al.*, 2008).

CONCLUSIONI

I risultati ottenuti nelle prove riportate e numerose altre prove sperimentali che compongono il dossier di registrazione dimostrano come il larvicida Littovir costituisca uno strumento valido ed efficace per il contenimento di *S. littoralis* su orticole. Tra i maggiori vantaggi legati all'uso di SpliNPV in particolare e dei prodotti a base di virus della poliedrosi nucleare in generale va citata l'elevata specificità nei riguardi del fitofago bersaglio, l'assenza di effetti indesiderati verso altri organismi presenti e la facile applicabilità con le ordinarie macchine irroratrici (Groner, 1987; OECD, 2002). Il meccanismo di azione di SpliNPV è innovativo e diverso da quello delle sostanze attive attualmente disponibili sul mercato. Littovir può quindi aiutare a ridurre i rischi di sviluppo di popolazioni resistenti se impiegato in miscela con o in alternanza a insetticidi di sintesi. L'insetticida può essere miscelato anche con formulati a base di *Bacillus thuringiensis* (Masetti *et al.*, 2008) nel caso in cui siano presenti sulla coltura diverse specie di Lepidotteri. Il prodotto può inoltre assumere un ruolo fondamentale nelle scelte fitoiatriche soprattutto in prossimità della raccolta: non è richiesto alcun Limite Massimo di Residuo e Littovir può perciò contribuire a soddisfare le eventuali richieste per una produzione priva o con un limitato numero di residui.

LAVORI CITATI

- Abbott W. S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267.
- Benuzzi M., Fiorentini F., Lucchi A., Ladurner E., 2010. Helicovex, nuovo insetticida a base di virus della poliedrosi nucleare (HearNPV): efficacia nel contenimento della nottua gialla del pomodoro (*Helicoverpa armigera*) su orticole. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 1, 11-18.

- Deseö-Kovács K.V., Rovesti L., 1992. Lotta microbiologica contro i fitofagi: teoria e pratica. Edizioni Agricole, Bologna, I edizione, 296 pp.
- Duan L., Otvos I. S., 2001. Influence of larval age and virus concentration on mortality and sublethal effects of a Nucleopolyhedrovirus on the Western spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae). *Environmental Entomology*,
- Groner A., 1987. Specificity and safety of baculoviruses. In: The biology of baculoviruses (Granados R. R., Federici B. A., Editori), CRC Press, Boca Raton, USA, 178-196.
- Ishaaya I., Yablonski S., Horowitz A. R., 1995. Comparative toxicity of two ecdysteroid agonists RH-2485 and RH-5992, on susceptible and pyrethroid-resistant strains of the Egyptian cotton leafworm *Spodoptera littoralis*. *Phytoparasitica*, 23, 139-145.
- Jones K. A., Irving N. S., Grzywacz D., Moawad G. M., Hussein A. H., Fargahli A., 1994. Application rate trials with a nuclear polyhedrosis virus to contro *Spodoptera littoralis* (Boisd.) on cotton in Egypt. *Crop Protection*, 13, 337-340.
- Kadir H. B. A., Payne C. C., Crook N. E., Fenlon J. S., Winstanley D., 1999. The comparative susceptibility of the diamondback moth *Plutella xylostella* and some other major Lepidopteran pests of Brassica crops to a range of Baculoviruses. *Biocontrol Science and Technology*, 9 (3), 421-433.
- Lacey L. A., Thomson D., Vincent C., Arthurs S. P. 2008. Codling moth Granulovirus: a comprehensive review. *Biocontrol Science and Technology*, 1-25
- Maeda S., Mukohara Y., Kondo A., 1990. Characteristically distinct isolates of the nuclear polyhedrosis virus from *Spodoptera litura*. *Journal of General Virology*, 71, 2631-2639.
- Masetti A., De Luigi V., Burgio G., 2008. Effects of nucleopolyhedrovirus based product on *Spodoptera littoralis*. *Bulletin of Insectology*, 61 (2), 299-302.
- Miles M., Lysandrou M., 2002. Evidence for negative cross resistance to insecticides in field collected *Spodoptera littoralis* (Boisd.) from Lebanon in laboratory bioassays. *Mededelingen Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen*, 67, 665-669.
- Moscardi F., 1999. Assessment on application of baculoviruses for control of Lepidoptera. *Annual Review of Entomology*, 44, 257-289.
- OECD, 2002. Consensus document on information used on assessment on environmental applications involving Baculovirus. *Series on Harmonizations of Regulatory Oversight in Biotechnology*, 20, 90 pp.
- Pineda S., Schneider M.-I., Smaghe G., Martinez A.-M., Del Estal P., Viñuela E., Valle J., Budia F., 2007. Lethal and sublethal effects of methoxyfenozide and spinosad on *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, 100 (3), 773-780.
- Pourmirza A. A., 2000. Relationship between Nuclear Polyhedrosis Virus susceptibility and larval weight in *Heliothis armigera*. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2, 291-298.
- Rohrmann G. F., 2011. Baculovirus molecular biology, II edizione, National Center of Biotechnology Information (US), Bethesda (MD), 210 pp.
- Sannino L., 2000. Confronto di insetticidi ad applicazione fogliare per il controllo di *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera Noctuidae) su fragola. *Il Tabacco*, 8, 19-23.
- Sannino L., 2001. Efficacia contro *Spodoptera littoralis* di un nuovo formulato. *L'Informatore Agrario*, 52 (18), 76-79.
- Sannino L., Piro F., Concilio L., 2001. Monitoraggio di *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera Noctuidae) nella Piana del Sele. *Informatore Fitopatologico*, 5, 63-67.

- Sannino L., 2003. *Spodoptera littoralis* in Italia: possibili ragioni della crescente diffusione e mezzi di lotta. *Informatore Fitopatologico*, 6, 28-31.
- Smaghe G., Degheele D., 1992. Effect of the nonsteroidal ecdysteroid agonist RH 5849 on reproduction of *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Parasitica*, 48, 23-29.
- Smaghe G., Carton B., Wesemael W., Ishaaya I., Tirry L., 1999. Ecdysone agonists – mechanism of action and application on *Spodoptera* species. *Pesticide Science*, 55, 386-389.
- Van Beek N. A. M., Hughes P. R., 1998. The response time of insect larvae infected with recombinant baculoviruses. *Journal of Invertebrate Pathology*, 72, 338-347.
- Wanderer H., Bolhalder F., Zingg D., Andermatt M., 2009. Baculovirus as biopesticides: need for further R&D. *IOBC/WPRS Bulletin* 45: 69-74.