

DERIVA DI POLVERI DURANTE LA SEMINA DEL MAIS CONCIATO E MEZZI DI CONTENIMENTO

D. POCHI¹, M. BIOCCHA¹, R. FANIGLIULO¹, M. FEDRIZZI¹, E. CONTE², P. PULCINI², R. GRILLI¹, P. GALLO¹, G. IMPERI¹

¹ CRA-ING – Unità di ricerca in Ingegneria Agraria – Via della Pascolare 16, 00016, Monterotondo, Roma

² CRA-PAV – Centro di ricerca per la Patologia Vegetale – Via C.G. Bertero 56, 00156 Roma
daniele.pochi@entecra.it

RIASSUNTO

Vengono presentati i risultati di prove volte alla quantificazione della dispersione di insetticidi impiegati per la concia del mais (*Zea mays* L.) durante la semina e alla verifica delle riduzioni della deriva ottenibili attraverso l'impiego di opportune modifiche della seminatrice. Gli esperimenti condotti nel biennio 2009-2010 comprendono test effettuati a punto fisso e in pieno campo, in parcelle di piccole (0,16 ha) e grandi (3 ha) dimensioni. Nei risultati vengono forniti i valori delle deposizioni a terra e delle concentrazioni nell'aria di quattro principi attivi (thiametoxan, imidacloprid, clothianidin e fipronil) nella zona adiacente alla superficie seminata ottenuti mettendo a confronto diverse configurazioni della seminatrice. La riduzione della deriva determinata con l'adozione dei deflettori risulta chiara e può essere quantificata in circa il 50%. I valori della riduzione di concentrazione dei principi attivi nell'aria, invece, non mostrano un andamento simile, andando da un massimo del 90,6% di riduzione (nel solo caso del fipronil in parcelle grandi) fino a casi in cui si assiste ad un aumento delle concentrazioni nella zona di campionamento con l'uso dei deflettori. Queste esperienze potrebbero risultare utili alla definizione di soglie di rischio dei principi attivi impiegati nella concia del mais verso le popolazioni degli insetti impollinatori.

Parole chiave: neonicotinoidi, moria delle api, insetticidi, deriva di polveri.

SUMMARY

POWDER EMISSIONS DURING SOWING OF DRESSED SEED MAIZE AND DRIFT REDUCING SYSTEMS

The paper shows the results of experiments aimed at evaluating the quantity of insecticides powder released from maize (*Zea mays* L.) dressed seed during sowing and to verify the reduction of powder drift caused by the use of drift reducing systems applied to pneumatic drills. The tests have been carried out in field (both in small plots, 0.16 hectares, and large plots, three hectares) during the last two years. The results show the values of both ground level residues and air concentrations of the four active ingredients utilized in the trials (thiametoxan, imidacloprid, clothianidin and fipronil). The use of air deflector mounted on the drill causes an average drift reduction of about 50% at the ground level. However these devices appeared less effective towards the concentration in the air, showing both reductions (with a maximum of 90.6% in large plots with fipronil) and increase effects of active ingredient concentration in the sampling area. The experiences can be useful to establish risk threshold values for pollinating insects in the case of dressed maize seed use.

Keywords: neonicotinoids, honey bee decline, insecticides, dust drift.

INTRODUZIONE

La concia del seme con prodotti chimici è una tecnica di difesa particolarmente valida, in quanto capace di proteggere il mais (*Zea mays* L.) durante le prime fasi di sviluppo utilizzando

ridotte quantità di prodotto antiparassitario applicate con precisione rispetto al bersaglio (Furlan *et al.*, 2007). La concia però non mette del tutto al riparo l'ambiente circostante il campo seminato dalla possibile contaminazione con i prodotti fitosanitari. Ciò è dovuto al peculiare funzionamento delle seminatrici pneumatiche di precisione, che rappresentano la quasi totalità delle macchine impiegate per la semina del mais in Italia. Per provvedere alla deposizione del seme, infatti, tali macchine impiegano una corrente d'aria che, agendo in depressione sul disco distributore, ne fa aderire con precisione i semi, che vengono rilasciati solo in prossimità del punto di caduta del distributore. La corrente d'aria generata dal ventilatore viene convogliata in uscita attraverso una bocchetta, direzionata in modo diverso a seconda del modello di seminatrice. Tale corrente d'aria può trasportare e proiettare all'esterno le polveri che inevitabilmente vengono rilasciate dalla semente concia (Pochi e Fanigliulo, 2010).

Questo fenomeno di contaminazione sembrerebbe trascurabile per la piccola quantità di prodotto potenzialmente disperdibile ma negli ultimi anni la coincidenza dei fenomeni di moria delle api (*Apis mellifera* L.) e dello spopolamento degli alveari con la semina primaverile del mais, ha indotto ad una maggiore attenzione al fenomeno (Maini *et al.*, 2010). Le api infatti sono sottoposte a diverse forme di contaminazione, come l'abbeveraggio sulle gocce di guttazione (Girolami *et al.*, 2009), il bottinamento di nettare e polline su piante contaminate e/o trattate e il contatto diretto con le polveri disperse nella zona di volo degli insetti (Greatti *et al.* 2003; Greatti *et al.*, 2006; Tremolada *et al.*, 2010). A questo proposito, la particolare formulazione (polveri) può amplificare gli effetti di adesione del prodotto sul corpo delle api che durante il volo si caricano elettrostaticamente e attraggono naturalmente più particelle di polvere (Prier *et al.*, 2001). In funzione infine delle quantità assorbite dalle api, i prodotti fitoiatrici possono provocare l'intossicazione diretta (Pistorius *et al.*, 2009) oppure degli effetti sub-letali (Bortolotti *et al.* 2003), spesso citati come componenti importanti della sindrome dello spopolamento degli alveari a cui si va assistendo negli ultimi anni.

Il gruppo degli insetticidi considerato responsabile di quanto appena descritto (i neonicotinoidi e il fipronil) è stato oggetto di un provvedimento sospensivo da parte del Ministero della Salute (DM 16 settembre 2010).

Questo lavoro riporta alcuni risultati ottenuti nell'ambito del progetto Apenet finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali (Apenet, 2011). Uno degli obiettivi del progetto è stato quello di quantificare le perdite che effettivamente si verificano durante la semina (anche ai fini di una classificazione delle seminatrici) e studiare le tecniche per la riduzione o l'eliminazione del problema.

Scopo del presente lavoro è quello di riportare i risultati relativi alla dispersione delle polveri derivanti dal mais conciato confrontando seminatrici pneumatiche con o senza deflettori dell'aria durante prove statiche e in campo.

MATERIALI E METODI

Semente

Le prove sono state effettuate utilizzando lotti di sementi di mais commerciale (Pioneer Hybreed PR32G44) conciate con quattro insetticidi (Gaucho™, principio attivo (p.a.): imidacloprid, Poncho™, p.a.: clothianidin; Cruiser™, p.a.: thiametoxam; Regent™, p.a.: fipronil) e un fungicida (Celest™, p.a.: fludioxonil e metalaxil). Secondo i produttori, le quantità di p.a. erano rispettivamente pari a 1,000 mg/seme per l'imidacloprid, 1,250 mg seme per clothianidin, 0,600 mg/seme per thiametoxam e 0,500 mg/seme per fipronil. Il seme era confezionato in sacchi da 25.000 semi.

Prove in campo

Le prove sono state effettuate nelle aziende sperimentali del CRA-ING e del CRA-PCM (circa 42°5'51.26"N; 12°37'3.52"E; 24 m s.l.m.) da aprile a luglio 2009 e da aprile a giugno 2010. Durante le prove, i principali parametri micrometeorologici sono stati monitorati in continuo. Lo stesso tipo di campionatori dei test a punto fisso (piastre Petri e campionatori dell'aria) è stato impiegato per valutare la deriva in campo.

Nel 2009, le prove di campo sono state condotte in appezzamenti di piccole dimensioni pari a 0,16 ettari (40 x 40 m). La zona di campionamento era costituita da tre piastre Petri poste a 5, 10, 20, 30, 50 m dal bordo campo, nel lato sottovento della parcella e due campionatori d'aria posti a 5 e 10 m. Per ogni p.a., il test di semina è stato replicato per tre volte.

Nel 2010 i test sono stati effettuati seminando appezzamenti di 3 ha (150 x 200 m). La zona di campionamento corrispondeva a una fascia di 20 m lungo il perimetro del campo, con le serie di piastre Petri disposte su ogni lato del campo al fine di catturare la polvere al livello del suolo indipendentemente dai possibili cambiamenti nella direzione del vento. Pertanto, su ogni lato, una serie di tre piastre di Petri, distanziate di 5 m, è stata messa a 5, 10 e 20 m dal bordo campo per un totale di 36 punti di campionamento a terra. Nello stesso tempo, sono stati utilizzati tre campionatori d'aria, posti al centro del lato che risultava sottovento all'inizio della prova, a 5, 10 e 20 m di distanza dal bordo del campo.

Prove a punto fisso

Al fine di ottenere un sito protetto da influenze esterne e abbastanza grande per contenere le macchine, i test statici sono stati eseguiti sotto il portico antistante il locale officine del CRA-ING, il lato aperto del quale è stato chiuso per mezzo di teloni. Nel sito di prova, le condizioni di vento artificiale sono state prodotte per mezzo del ventilatore di un atomizzatore opportunamente posizionato e dotato di una schermatura per il convogliamento dell'aria tutta su un lato; l'azionamento dell'atomizzatore avveniva tramite la presa di potenza di un trattore. In tal modo è stato possibile ottenere un velocità media del vento di 1,4 m s⁻¹ a 0,5 m dal suolo (minimo 0,0; massimo 2,6 m s⁻¹) e 1,8 m s⁻¹ a 2,0 m dal suolo (min 1,6; max 2,5 m s⁻¹). Il sito di prova ha permesso di mantenere condizioni di vento abbastanza costanti e ripetibili sia in termini di velocità che di direzione. La seminatrice, opportunamente collocata nella zona di prova, effettua una simulazione di semina statica per mezzo di un motore elettrico collegato alla ruota la cui velocità è regolata da un inverter (OMRON Varispeed V7). La seminatrice è stata regolata come segue: velocità di avanzamento simulata: 1,67 m/s; distanza tra le file: 0,75 m; distanza seme sulla fila: 0,18 m; densità di semina: 75.000 semi/ha; depressione: 45 mbar.

Durante ciascuna prova, sono stati distribuiti 25.000 semi, pari ad una superficie teorica seminata di 3.333 m². Ogni prova di semina è stata replicata tre volte.

Lungo la zona di campionamento, lunga 22,5 m, sono state collocate cinque serie di piastre Petri, distanziate 4,5 m, con tre piastre distanziate tra loro di 1,5 m, ottenendo così 15 punti di campionamento. I campionatori dell'aria sono stati posti a 5, 10 e 20 m dalla seminatrice. Ogni test è stato replicato tre volte.

Macchine seminatrici

Per le prove di campo del 2010 e per le prove a punto fisso è stata impiegata una macchina seminatrice pneumatica di precisione a sei file "Gaspardo Magica", con e senza un sistema deflettore dell'aria applicato all'uscita del ventilatore che indirizza l'aria nei solchi aperti per la deposizione del seme. Il sistema deflettore è costituito da un telaio in acciaio applicato al ventilatore, da cui partono quattro tubi deflettori di 50 mm di diametro, che, a due a due,

convogliano l'aria espulsa dal ventilatore posteriormente ai due assolcatori centrali. Qui la polvere, schermata dai due versoi degli assolcatori, viene indirizzata nel solco e parzialmente ricoperta dal terreno dopo il passaggio. Questo dispositivo può essere rimosso, permettendo il confronto tra macchine tradizionali e modificate.

Per le prove di campo del 2009, invece, era stata impiegata una seminatrice pneumatica a 6 file Matermacc, regolata nei suoi parametri operativi come nei test a punto fisso, a differenza della densità di semina, che risulta maggiore data la minore distanza tra le file (0,45 m contro 0,75 m). La macchina è stata impiegata con e senza i deflettori del tipo "Dual pipe deflector" consistenti in due tubi di 120 mm di diametro, che partono da una flangia d'acciaio applicata all'uscita del ventilatore e convogliano l'aria verso il basso, terminando a circa 15 cm da terra.

Campionatori delle polveri

Per il campionamento delle polveri a livello del terreno sono state utilizzate delle piastre Petri riempite con una soluzione acetonitrile-acqua al 50%. La concentrazione nell'aria è stata stimata utilizzando delle pompe ad alto volume TCR Tecora con filtri in PTFE della Millipore di 0,2 µm da 47 mm di diametro.

Determinazione dei principi attivi

Dopo le prove la soluzione delle piastre Petri e i filtri sono stati e conservati in laboratorio a -20° C. Prima delle analisi le soluzioni e i filtri sono stati sonicati in un bagno ad ultrasuoni per 10 minuti, poi filtrati con filtri HPLC 0,45 micron. Le determinazioni analitiche sono state effettuate mediante HPLC - ESI - MS - MS e le relative modalità sono state convalidate nel rispetto delle procedure GLP.

RISULTATI

I risultati delle analisi dei residui raccolti nelle piastre Petri a livello del terreno nei tre esperimenti sono riportati nelle tabelle 1 a 3. Le tabelle riportano i valori medi dei residui ($\mu\text{g m}^{-2}$) ottenuti moltiplicando i valori di concentrazione di p.a. nelle piastre Petri per 105,23 (numero virtuale di piastre m^{-2}). I valori assoluti dei residui delle prove a punto fisso sono molto più grandi di quelli in campo in quanto i campionatori raccolgono tutto il particolato emesso durante una semina virtuale pari a un terzo di ettaro concentrati su una zona di campionamento larga 4,5 m e lunga 22,5.

In generale i risultati hanno mostrato una regolare diminuzione delle concentrazioni all'aumento della distanza. La riduzione della deriva determinata con l'adozione dei deflettori risulta chiara quando misurata a terra e può essere quantificato in circa il 50% (tabella 5).

Invece nel caso delle misure delle concentrazioni nell'aria l'effetto dell'impiego dei deflettori non ha un andamento simile, con valori diversi sia per le varie prove, sia per i quattro principi attivi (tabella 6).

Tabella 1. Concentrazioni medie dei residui raccolti nelle piastre Petri ($\mu\text{g m}^{-2} \pm \text{e.s.}$) nelle prove a punto fisso

Macchina	Distanza [m]	Clothiadinin	Fipronil	Imidacloprid	Thiametoxan
Con deflettori	4,5	287,97 \pm 65,85	161,93 \pm 33,72	104,41 \pm 15,26	204,84 \pm 58,33
	9,0	117,09 \pm 15,05	104,29 \pm 12,77	36,36 \pm 4,89	134,69 \pm 12,64
	13,5	101,02 \pm 16,95	70,38 \pm 4,89	26,66 \pm 6,58	55,89 \pm 10,52
	18,0	90,26 \pm 8,35	27,94 \pm 3,79	32,85 \pm 7,42	55,07 \pm 4,44
	22,5	84,88 \pm 5,84	14,77 \pm 2,39	9,65 \pm 1,13	24,79 \pm 3,31
Media	-	136,24 \pm 22,41	75,86 \pm 11,51	41,99 \pm 7,06	95,05 \pm 17,85
Senza deflettori	4,5	603,88 \pm 105,20	480,77 \pm 72,47	296,86 \pm 59,30	308,08 \pm 58,91
	9,0	336,49 \pm 31,98	269,15 \pm 26,17	197,36 \pm 35,76	238,98 \pm 27,36
	13,5	230,56 \pm 23,24	134,57 \pm 11,11	112,01 \pm 13,29	113,53 \pm 28,51
	18,0	152,70 \pm 7,15	50,16 \pm 3,51	89,33 \pm 15,87	164,27 \pm 14,51
	22,5	105,69 \pm 7,19	29,70 \pm 3,28	75,30 \pm 13,13	42,32 \pm 6,03
Media	-	285,87 \pm 34,96	192,87 \pm 23,31	154,17 \pm 27,47	173,44 \pm 27,06

Tabella 2. Concentrazioni medie dei residui raccolti nelle piastre Petri [$\mu\text{g m}^{-2} \pm \text{dev.st.}$] nelle parcelle piccole

Macchina	Distanza [m]	Clothiadinin	Fipronil	Imidacloprid	Thiametoxan
Con deflettori	5	2,24 \pm 1,14	0,90 \pm 0,31	3,63 \pm 1,586	2,52 \pm 1,01
	10	1,46 \pm 0,74	0,73 \pm 0,20	2,48 \pm 0,755	1,41 \pm 0,33
	20	1,18 \pm 1,00	0,88 \pm 0,42	2,16 \pm 0,752	1,40 \pm 0,29
	30	0,60 \pm 0,32	0,59 \pm 0,12	1,88 \pm 0,481	1,35 \pm 0,35
	50	0,57 \pm 0,32	0,46 \pm 0,21	1,63 \pm 0,477	1,08 \pm 0,60
Media		1,21 \pm 0,71	0,72 \pm 0,25	2,36 \pm 0,81	1,56 \pm 0,52
Senza deflettori	5	4,44 \pm 3,43	*	4,19 \pm 1,773	4,85 \pm 1,804
	10	1,66 \pm 0,86	*	2,59 \pm 0,968	3,28 \pm 0,827
	20	1,73 \pm 1,63	*	2,80 \pm 1,695	2,84 \pm 0,862
	30	1,36 \pm 0,69	*	2,77 \pm 2,712	2,33 \pm 0,682
	50	1,39 \pm 0,62	*	1,45 \pm 0,386	1,71 \pm 0,341
Media		2,12 \pm 1,45	*	2,76 \pm 1,51	3,01 \pm 0,90

* nelle prove con fipronil senza deflettori i valori dei residui sono stati inferiori al limite minimo rilevabile strumentalmente

Tabella 3. Concentrazioni medie dei residui raccolti nelle piastre Petri nelle prove in parcelle grandi [$\mu\text{g m}^{-2}$]

Macchina	Distanza [m]*	Clothiadinin	Fipronil	Imidacloprid	Thiametoxan
Con deflettori	5	6,25	0,27	3,65	3,16
	10	5,88	0,27	2,74	1,92
	20	4,71	0,11	1,43	2,15
Media		5,61	0,22	2,61	2,41
Senza deflettori	5	11,57	1,15	16,01	6,88
	10	8,13	0,47	7,60	2,84
	20	6,31	0,10	4,07	2,31
Media		8,67	0,57	9,23	4,01

* valori medi dei residui trovati sui quattro lati della parcella – vedi spiegazione nel testo

Tabella 4. Valori delle concentrazioni nell'aria [ppb] nelle tre prove, per i quattro principi attivi impiegati

Prova	Distanza [m]	fipronil		thiametoxam		clothianidin		imidacloprid	
		con	senza	con	senza	con	senza	con	senza
Campo 2009	5	0,093	-	0,193	0,490	0,139	0,229	0,405	0,495
	10	0,071	-	0,180	0,514	0,259	0,171	0,789	0,408
	Media	0,082	-	0,186	0,502	0,199	0,200	0,597	0,452
Punto fisso	5	5,959	6,803	2,122	2,939	1,156	5,170	1,578	2,313
	10	6,340	6,449	1,469	2,667	1,034	3,184	1,001	1,388
	20	5,878	5,034	1,170	1,918	1,116	1,633	0,988	1,252
	Media	6,059	6,095	1,587	2,582	1,102	3,329	1,189	1,651
Campo 2010	5	0,002	0,015	0,019	0,031	0,445	0,346	0,050	0,052
	10	0,002	0,019	0,019	0,029	0,111	0,211	0,022	0,038
	20	0,002	0,035	0,019	0,019	0,186	0,192	0,013	0,029
	Media	0,002	0,023	0,019	0,026	0,247	0,250	0,028	0,040

Tabella 5. Percentuale media di riduzione del valore dei residui per i quattro principi attivi a livello del terreno causata dall'impiego dei deflettori

Prova	Anno	imidacloprid	clothianidin	thiametoxan	fipronil
Parcelle piccole	2009	14,6%	42,8%	48,2%	-
Parcelle grandi	2010	71,7%	35,2%	39,8%	61,9%
Punto fisso	2010	72,8%	53,4%	53,5%	60,7%

Tabella 6. Percentuale media di riduzione del valore dei residui per i quattro principi attivi nell'aria causata dall'impiego dei deflettori

Prova	Anno	imidacloprid	clothianidin	thiametoxan	fipronil
Parcelle piccole	2009	-32,2%	0,7%	62,9%	,
Parcelle grandi	2010	28,3%	0,9%	28,1%	90,6%
Punto fisso	2010	28,0%	66,9%	38,5%	0,6%

DISCUSSIONE

Le differenze tra i quattro principi attivi in termini di quantità assoluta può essere attribuita alle differenze di quantità di principio attivo iniziale impiegate nei vari prodotti concianti e alle loro caratteristica chimico fisiche.

I valori assoluti delle deposizioni a terra nelle prove di campo aumentano con l'aumentare della dimensione delle parcelle di terreno, un effetto ipotizzato nell'elaborazione completa degli esperimenti a punto fisso (Biocca *et al.*, 2011).

Per quanto riguarda le concentrazioni nell'aria, le prove non hanno fornito indicazioni univoche circa l'efficacia dei deflettori. Sembra emergere una difficoltà da parte dei deflettori di contenere la dispersione della polvere, e verosimilmente della frazione più sottile, soprattutto in presenza di vento. L'andamento delle concentrazioni all'aumentare della distanza dalla zona di semina indica un'elevata probabilità che tali frazioni sottili possano raggiungere elevate distanze.

CONCLUSIONI

La stima delle effettive quantità di residui della concia del seme emesse dalle macchine seminatrici pneumatiche costituisce la premessa di ulteriori studi nei quali i valori di emissioni riscontrate vanno messi in relazione alle soglie ritenute dannose per le api e gli altri insetti impollinatori.

Molta della variabilità riscontrata nei risultati delle prove in campo va attribuita alla difficoltà di controllo delle variabili microclimatiche, in particolare velocità e direzione del vento, un problema ben noto nelle prove di verifica della deriva. Il sistema di prove a punto fisso ha consentito invece, attraverso la possibilità di gestire più efficacemente che in campo il controllo delle variabili ambientali, di verificare l'effetto delle modifiche apportate alle macchine e costituisce un sistema di prova adatto alla certificazione di macchine seminatrici.

In conclusione, sebbene l'uso dei deflettori determina una significativa riduzione della deposizione a terra, esso non consente l'eliminazione dei fenomeni di deriva delle polveri, specialmente se si determinano le concentrazioni dei residui nell'aerosol della zona di campionamento. Pertanto, in studi ulteriori sono stati progettati e sviluppati sistemi meccanici innovativi che consentono riduzioni maggiori dell'abbattimento delle emissioni.

Va infine ricordato che altre pratiche vanno tenute in considerazione al fine del contenimento delle contaminazioni accidentali dovute all'impiego di seme conciato, quali la corretta regolazione e manutenzione della seminatrice e, specialmente, l'adozione generalizzata del principio della lotta integrata, che prevede l'uso di prodotto chimico solo in aree dove sussiste uno specifico problema fitopatologico.

LAVORI CITATI

- Apenet (2011) Relazione sull'attività svolta e sui risultati ottenuti nell'ambito del progetto APENET per la tematica "Effetti del mais conciato sulle api" Anno 2011. Pag. 119. In pubblicazione su <http://www.reterurale.it>
- Biocca M., Conte E., Pulcini P., Marinelli E., Pochi D., 2011. Sowing simulation tests of a pneumatic drill equipped with systems aimed at reducing the emission of abrasion dust from maize dressed seed. *Journal of Environmental Science and Health. Part B.* 46(6) 438-448
- Bortolotti L., Montanari R., Marcelino J., Medrzycki P., Maini S., Porrini C., 2003. Effects of sub-lethal imidacloprid doses on the homing rate and foraging activity of honey bees. *Bulletin of Insectology*, 56 (1) 63-67
- Furlan L., Canzi S., Toffoletto R., Di Bernardo A., 2007. Effetti sul mais della concia insetticida del seme. *L'Informatore Agrario*, (5) 92-96
- Girolami V., Mazzon L., Squartini A., Mori N., Marzaro M., Di Bernardo A., Greatti M., Giorio C., Tapparo A., 2009. Translocation of neonicotinoid insecticides from coated seeds to seedling guttation drops: a novel way of intoxication for bees. *Journal of Economical Entomology*, 102 (5) 1808-1815
- Greatti M., Barbattini R., Stravisi A., Sabatini A.G., Rossi S., 2006. Presence of the a.i. imidacloprid on vegetation near corn fields sown with Gaucho® dressed seeds. *Bulletin of insectology*, 59 (2) 99-103
- Greatti M., Sabatini A.G., Barbattini R., Rossi S., Stravisi A. 2003. Risk of environmental contamination by the active ingredient Imidacloprid used for corn seed dressing. Preliminary results. *Bulletin of insectology*, 56 (1) 69-72.
- Maini S., Medrzycki P., Porrini C., 2010. The puzzle of honey bee losses: a brief review. *Bulletin of insectology*, 63 (1) 153-160
- Pistorius J., Bischoff G., Heimbach U., Stähler M., 2009. Bee poisoning incidents in Germany in spring 2008 caused by abrasion of active substance from treated seeds during sowing of maize. In: Proceedings "Hazards of pesticides to bees – 10th International Symposium of the ICP-Bee Protection Group". Julius-Kühn-Archiv 423, 118-126
- Pochi D., Fanigliulo R., 2010. Seminatrici: innovazioni e tendenze del settore. *Mondo Macchina*, 19 (3/4), 22-28
- Prier K.R.S., Lighthart B., Bromenshenk J.J., 2001. Adsorption model of aerosolized bacterial spores (*Bacillus subtilis* variety *niger*) onto free-flying honey bees (Hymenoptera: Apidae) and its validation. *Environmental Entomology*, 30 (6) 1188-1194
- Tremolada P., Mazzoleni M., Saliu F., Colombo M., Vighi M., 2010. Field trial for evaluating the effects on honeybees of corn sown using Cruiser and Celest treated seeds. *Bulletin of Environmental Contaminants Toxicology*, 85, 229-234