

PRESTAZIONI DI UN DISPOSITIVO PER LA RIDUZIONE DELLA DISPERSIONE DI POLVERI DERIVANTI DAL SEME CONCIATO, APPLICATO A SEMINATRICI PNEUMATICHE

M. BIOCCA¹, D. POCHI¹, R. FANIGLIULO¹, P. GALLO¹, P. PULCINI²,
F. MARCOVECCHIO³, C. PERRINO³

¹ CREA Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria – CREA-ING, Unità di ricerca per l'Ingegneria Agraria-Via della Pascolare 16, 00015-Monterotondo (Roma)

² CREA Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria – CREA-PAV, Centro di Ricerca per la Patologia Vegetale –Via C.G. Bertero 56, 00156 – Roma

³ CNR IIA, Istituto sull'Inquinamento Atmosferico, Consiglio Nazionale delle Ricerche
Via Salaria, Km 29.300, 00015 - Monterotondo St. (Roma)
marcello.biocca@entecra.it

RIASSUNTO

Si riportano i risultati di prove di valutazione della deriva delle polveri derivanti dall'abrasione di semi conciatati durante l'impiego di una seminatrice modificata con un dispositivo messo a punto dal CREA-ING. Le prove sono state condotte con la macchina seminatrice ferma (a punto fisso) o in campo, durante le operazioni di semina mais conciato. Lo studio ha riguardato diversi principi attivi insetticidi (thiamethoxam, imidacloprid, clothianidin, fipronil, thiacloprid). I risultati mostrano la capacità abbattente del sistema proposto nella riduzione della dispersione delle polveri durante la semina.

Parole chiave: neonicotinoidi, concia del seme, mais

SUMMARY

PERFORMANCE OF A DEVICE APPLIED TO A PNEUMATIC DRILL TO REDUCE THE DRIFT OF DUST COMING FROM DRESSED SEEDS

This paper reports the results of tests aimed at assessing the drift of dust coming from the abrasion of dressed seeds, using a pneumatic precision drill equipped with an innovative device developed by CREA-ING. Tests were carried out with the drill at fixed point (static tests) and during real sowing in the field. In this study, maize seeds dressed with several insecticides (thiamethoxam, imidacloprid, clothianidin, fipronil, thiacloprid) were utilized. The results show that the tested device can strongly reduce the drift of dust during sowing.

Keywords: neonicotinoids, seed dressing, precision drills, maize

INTRODUZIONE

Durante i trattamenti fitosanitari, come ben noto, una parte di prodotto può disperdersi in atmosfera per il fenomeno della deriva. Applicare direttamente il principio attivo (p.a.) mediante la concia del seme è un sistema efficace sia per evitare il fenomeno del fuori bersaglio, sia per proteggere la pianta dalle avversità biotiche delle prime fasi di crescita. Tuttavia, negli ultimi anni, sono stati evidenziati degli effetti indesiderati dovuti alla dispersione nell'ambiente di residui di polveri di abrasione derivanti da seme conciato. Queste polveri, infatti, possono contenere insetticidi pericolosi per gli insetti pronubi, primi fra tutti, le api (*Apis mellifera* L.) (Nuyttens *et al.*, 2013; Goulson, 2013). Il fenomeno è stato ampiamente studiato per quanto riguarda la concia del mais con insetticidi neonicotinoidi (imidacloprid, clothianidin, thiamethoxam) e con il fipronil, prodotti il cui uso nei trattamenti al seme è stato sospeso in

Italia dal 2008. Attualmente, un altro neonicotinoide, il thiacloprid (Sonido™), indicato come meno pericoloso per le api, viene impiegato per la difesa da *Agriotes* spp. (Elbert *et al.*, 2000).

Al fenomeno della dispersione delle polveri derivanti dall'abrasione superficiale dei semi conciatati contribuiscono diversi fattori, quali: tipo e qualità della concia, condizioni meteorologiche, caratteristiche dimensionali e morfologiche delle polveri (variabili per le diverse sementi - Devarrewaere *et al.*, 2015) e tipo di seminatrici impiegate (Foqué *et al.*, 2014), incluso il loro stato di manutenzione e le condizioni operative impostate (Balsari *et al.*, 2013). Le seminatrici pneumatiche di precisione per la semina del mais possono disperdere le polveri attraverso lo scarico del ventilatore, responsabile dell'aspirazione dell'aria dal circuito pneumatico della seminatrice, necessaria per provocare la depressione che consente l'adesione del seme sul disco di distribuzione. Il flusso d'aria generato trasporta una certa quantità di polveri che, a causa delle loro dimensioni relativamente piccole, possono essere distribuite su ampie zone e rappresentare un potenziale pericolo per l'ambiente e la salute dei lavoratori agricoli (Biocca *et al.*, 2014).

Le api possono essere esposte ai p.a. contenuti nelle polveri in vari modi, inclusa la contaminazione per contatto che può avvenire durante il volo (Marzaro *et al.*, 2011; Pochi *et al.*, 2012), attraverso l'adesione delle polveri al corpo degli insetti.

Il CREA-ING ha progettato e realizzato un dispositivo innovativo applicabile alle seminatrici, basato sul ricircolo dell'aria all'interno della macchina e sulla filtrazione delle polveri rilasciate dalla seminatrice tramite un filtro antipolline a carbone attivo (Pochi *et al.*, 2013). Il prototipo è stato testato con successo sia in campo che in prove statiche (Pochi *et al.*, 2015).

Successivamente, lo stesso prototipo è stato dotato di uno stadio finale dotato di un filtro elettrostatico, potenzialmente in grado di trattenere la frazione di polvere più fine che sfugge al filtro antipolline (Biocca *et al.*, 2014). In questo lavoro si riportano i risultati di prove volte a verificare le prestazioni di questo dispositivo. I test sono stati svolti a punto fisso, utilizzando semente di mais conciatata con imidacloprid, clothianidin, thiamethoxam e fipronil, e in campo, con la semina di mais conciatato con thiacloprid.

MATERIALI E METODI

Seme

Le prove sono state effettuate utilizzando lotti di sementi di mais commerciale (Pioneer Hybrid PR32G44) conciatati con i seguenti insetticidi: Gaucho™, principio attivo (p.a.): imidacloprid; Poncho™, p.a.: clothianidin; Cruiser™, p.a.: thiamethoxam; Regent™, p.a.: fipronil; Sonido™, p.a.: thiacloprid. Secondo i produttori, le quantità di p.a. erano rispettivamente pari a 1,00 mg/seme per l'imidacloprid, 1,25 mg/seme per clothianidin, 0,60 mg/seme per thiamethoxam, 0,50 mg/seme per fipronil e 1,00 mg/seme per thiacloprid.

Macchina seminatrice

Nelle prove è stata utilizzata una seminatrice pneumatica di precisione a sei file "Gaspardo Magica", su cui è stato applicato il dispositivo innovativo messo a punto dal CREA-ING. Tale dispositivo è dotato di tubi deflettori che convogliano l'aria espulsa dal ventilatore in un tubo collettore, da dove l'aria viene rimandata nelle tramogge del seme (figura 1). L'eccesso d'aria, prima di fuoriuscire, attraversa un filtro a doppio stadio costituito da un filtro antipolline a carboni attivi (di tipo automobilistico) e un filtro elettrostatico alimentato dall'impianto elettrico a 12 V del trattore (figura 1).

Figura 1. A sinistra: la seminatrice equipaggiata con il dispositivo realizzato dal CREA-ING. (1) coperchi a tenuta delle tramogge del seme, attrezzate con i tubi (4) che raccolgono l'aria del collettore principale (3) e la re-inviano nelle tramogge; (2) collettore dei tubi provenienti dal ventilatore della seminatrice; (5) la scatola che contiene i filtri. A destra: i filtri (antipolline ed elettrostatico) smontati dopo l'uso



Nelle prove (sia in campo che a punto fisso) la macchina è stata regolata adottando i seguenti parametri di semina: distanza di interfila: 0,75 m; distanza sulla fila: 0,18 m; densità di semina: 75.000 semi/ha; pressione di lavoro dell'impianto distributivo del seme: -45 mbar. Per quanto riguarda la velocità di lavoro, lo stesso valore di 1,67 m/s è stato adottato sia per le prove in campo (reale velocità di avanzamento) sia per le prove statiche (velocità di avanzamento virtuale).

Prove statiche

Nelle prove statiche sono state confrontate le emissioni di polveri della seminatrice modificata dotata di filtro a doppio stadio (antipolline più elettrostatico) con quelle della stessa macchina senza alcuna filtrazione, ovvero della macchina dotata solamente del sistema (tubi più collettore) responsabile del ricircolo dell'aria. Le due tesi sono state denominate rispettivamente "Elettrostatico" e "Ricircolo".

Per queste prove sono state utilizzate sementi di mais trattate con quattro p.a.: imidacloprid, clothianidin, thiamethoxam e fipronil.

Per effettuare le prove di semina simulata, l'azionamento della ruota motrice della seminatrice è stata svincolato dal trattore (che provvedeva al solo azionamento del ventilatore) e realizzato tramite un motore elettrico che ha consentito la regolazione fine della velocità di rotazione della stessa ruota motrice. Ciascuna prova ha avuto una durata variabile dai 15 ai 93 minuti, in funzione della quantità di seme disponibile e dello scopo del campionamento.

Per determinare le polveri emesse dalla seminatrice nelle due configurazioni in prova, è stato realizzato un condotto di campionamento, consistente in un tubo in plastica con diametro di 118 mm, all'interno del quale è stata convogliata l'aria proveniente dal circuito pneumatico della macchina (figura 2) e sottoposta o meno a filtrazione, a seconda della tesi di prova. Il campionamento dell'aria espulsa dalla macchina è stato realizzato mediante i seguenti metodi, inserendo nel tubo di campionamento delle sonde atte ad effettuare:

1. campionamento mediante membrane filtranti di PTFE, collegate ad un campionatore d'aria (Tecora, mod. Bravo), per la determinazione della massa e del contenuto in p.a. delle polveri;

2. determinazione della concentrazione numerica delle particelle in 15 classi dimensionali tramite uno spettrometro laser (Grimm 1.108 - OPC), operante ad una frequenza di campionamento di 6 s.

Durante le prove, la velocità del flusso d'aria all'interno del tubo di campionamento è stata monitorata tramite un anemometro (TSI, mod. Velocicalc 9535), al fine di mantenere le necessarie condizioni di isocinetismo.

La determinazione gravimetriche dei filtri sono state effettuate usando una bilancia analitica (Gibertini Elettronica), con sensibilità pari a 1 µg.

Figura 2. La seminatrice durante le prove statiche; in primo piano il tubo di campionamento che raccoglie l'aria proveniente dalla macchina e dove vengono inserite le sonde con gli strumenti di campionamento dell'aria

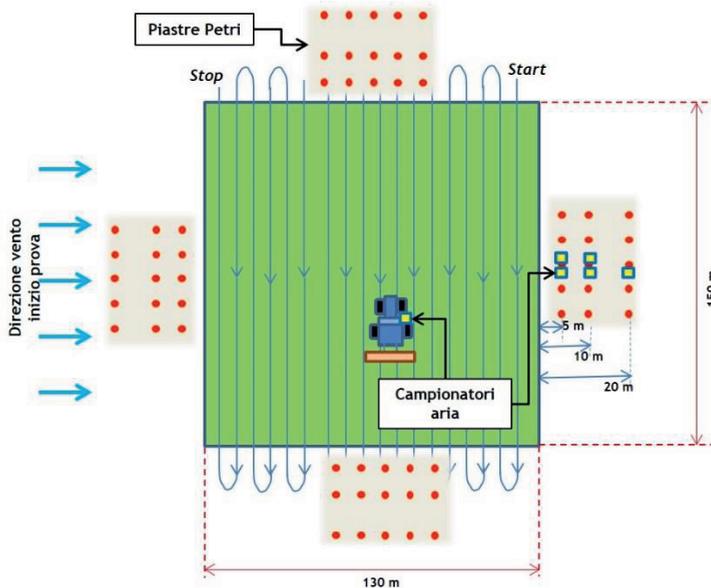


Prove di campo

I test in campo hanno confrontato la seminatrice dotata del dispositivo innovativo con filtrazione (tesi "Elettrostatico") con la seminatrice convenzionale, senza alcuna modifica (tesi "Convenzionale"). Le prove sono state effettuate nell'azienda agricola sperimentale del CREA-ING (circa 42°5'51.26" N; 24 m s.l.m.) dove sono stati seminati due appezzamenti rettangolari (circa 130 x 150 m) di circa 2 ha. Durante le prove, i principali parametri micrometeorologici sono stati monitorati in continuo. Nelle prove di campo è stata utilizzata solamente semente trattata con thiacloprid.

Per la stima delle polveri depositate a terra, sono stati utilizzati dei campionatori passivi, consistenti in piastre Petri contenenti una miscela di acetonitrile e acqua. Le piastre sono state disposte su ciascun lato della parcella seminata, in tre serie di 5 piastre (distanti l'una dall'altra 5 m) e distanti dal bordo del campo 5, 10 e 20 m. In questo modo si è ottenuta una griglia di 15 punti di campionamento su ciascun lato della parcella, per un totale di 60 punti di campionamento per prova (figura 3).

Figura 3. Schema delle parcelle e della disposizione dei campionatori durante le prove di semina in campo (non in scala)



Inoltre, per campionare le polveri disperse in atmosfera, sono state utilizzate dei campionatori d'aria a medio volume (Tecora, mod. Bravo) disposti alle stesse distanze dal bordo della parcella delle piastre Petri, per un totale di 5 punti di campionamento (due campionatori a 5 m, due a 10 m e uno a 20 m). Il lato prescelto è stato quello sottovento all'inizio della semina. Le pompe, dotate di membrane filtranti in PTFE e senza alcuna testa di taglio, hanno operato ad una portata costante di 15 L/min, campionando a 2 m di altezza da terra. Infine, un secondo campionario di tipo personale (Zambelli, mod. Ego Plus) è stato installato sul trattore, ad un'altezza di circa 2 m in prossimità della cabina di guida, per campionare l'aria nella zona di lavoro della seminatrice durante la semina. Questo campionario ha operato a 4 L/min.

Analisi

Dopo le prove, i filtri e le soluzioni delle piastre Petri sono stati conservati 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 presso il CREA-PAV mediante HPLC - ESI - MS - MS e le relative modalità sono state convalidate nel rispetto delle procedure GLP.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Prove a punto fisso

Nella tabella 1 vengono riportati i risultati delle determinazioni gravimetriche e analitiche effettuate sui filtri in PTFE (campionamento n° 1 delle prove statiche), che mostrano come, con l'impiego del dispositivo in prova, le emissioni di polveri in atmosfera vengano ridotte in percentuali sempre superiori al 90%. Il risultato è particolarmente significativo quando i dati vengono riferiti al contenuto in p.a. Inoltre, non si evidenziano particolari differenze a seconda del principio attivo impiegato.

Tabella 1. Concentrazioni di polveri totali e di principio attivo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) e percentuali di riduzione dell'emissione ottenute con il prototipo nelle prove a punto fisso (t = thiamethoxam; c = clothianidin; i = imidacloprid; f = fipronil)

Tesi	Nome p.a.	P.a. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Massa $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Riduzione in p.a. %	Riduzione in massa %
Elettrostatico	t	3,0	300	99,7	91,3
Ricircolo		940	3437		
Elettrostatico	c	0,4	32	>99,9	99,3
Ricircolo		905	4863		
Elettrostatico	i	0,5	56	99,8	96,1
Ricircolo		215	1429		
Elettrostatico	f	1,6	< LOD (*)	98,6	>99,9
Ricircolo		114,8	1509		

(*) LOD (limit of detection) = limite di rivelabilità

Durante le prove a punto fisso, inoltre, l'impiego dello spettrometro laser ha consentito di osservare la distribuzione dimensionale delle particelle emesse dalla seminatrice. L'azione combinata dei filtri sembra trattenere le particelle di polvere in un ampio range dimensionale (figura 4). Nella figura 5, viene riportato la media in percentuale di riduzione delle emissioni, che sostanzialmente conferma i risultati del campionamento con i filtri. In particolare, si può notare come la massima efficienza di filtrazione sia a carico delle particelle con diametro superiore agli $0,7 \mu\text{m}$.

Figura 4. Concentrazioni del numero di particelle di polvere per le diverse classi dimensionali misurate con lo spettrometro laser, nelle prove a punto fisso; media dei quattro principi attivi (scala dei valori logaritmica)

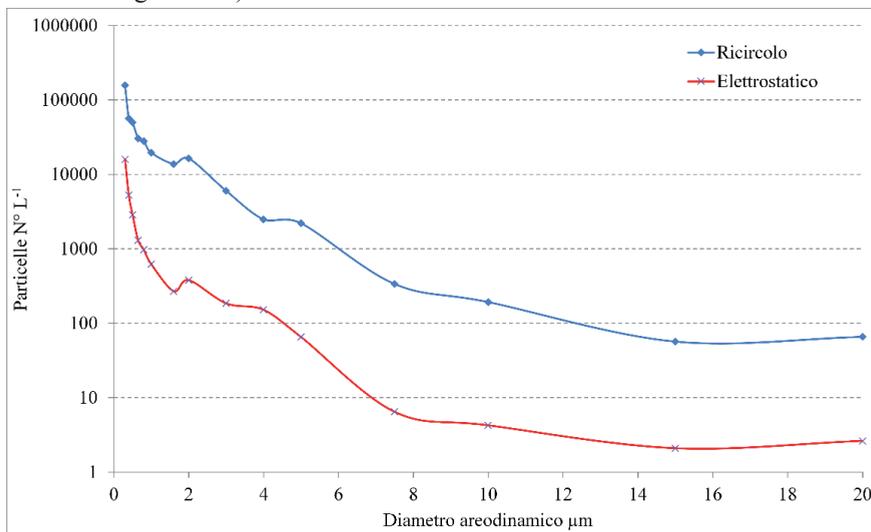
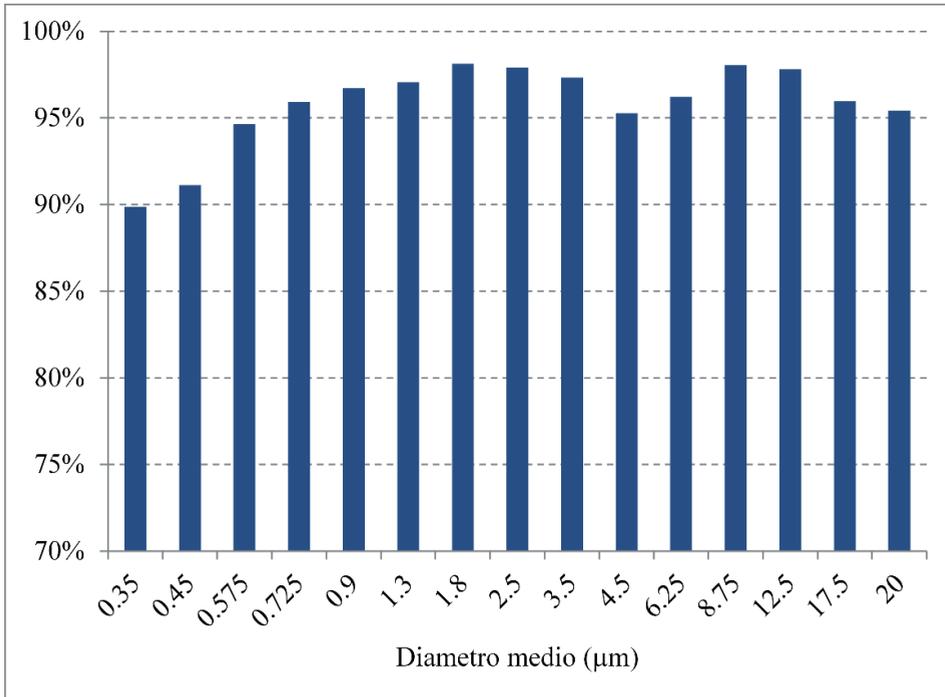


Figura 5. Percentuali di riduzione dell'emissione del principio attivo con l'impiego del dispositivo in prova, per le diverse classi dimensionali delle polveri misurate con lo spettrometro laser (media dei quattro p.a.)



Prove di campo

Le prove di semina in campo, che hanno confrontato la seminatrice dotata di filtro a doppio stadio e la stessa seminatrice senza alcun dispositivo, hanno previsto l'impiego di semente concia con thiacloprid. Nella tabella 2 sono riportati i risultati dei residui a terra, espressi in mg/ha. Anche in questa prova, la seminatrice dotata di dispositivo ha determinato una sostanziale riduzione delle emissioni, dell'ordine di quelle ottenute nelle prove a punto fisso, con una media sulle tre distanze campionate superiore al 90%.

Per quanto riguarda le concentrazioni di p.a. nell'aria (tabella 3), l'effetto di riduzione dell'emissioni causato dall'impiego del prototipo è stato perfino maggiore, anche se bisogna tener conto del fatto che le concentrazioni registrate sono state particolarmente basse (nell'ordine dei ng/m³). Il campionamento dell'aria effettuato a livello del trattore ha mostrato, come prevedibile, le più alte concentrazioni, sia durante la semina con la macchina convenzionale che durante la semina con il prototipo.

È interessante notare come, con l'impiego della seminatrice convenzionale, l'andamento delle concentrazioni delle polveri nell'aria e dei residui a terra, non sembrano diminuire all'aumentare della distanza dal bordo della parcella seminata.

Tabella 2. Residui a terra ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \pm$ errore standard) di thiacloprid durante la prova di semina in campo; media delle deposizioni sui quattro lati della parcella

Seminatrice	Distanza dal bordo campo (m)	Residuo a terra (mg/ha)	Riduzione (%)
Elettrostatico	5	$1,7 \pm 0,5$	89,1
	10	$1,0 \pm 0,3$	93,1
	20	$0,5 \pm 0,3$	97,2
	Media	$1,1 \pm 0,2$	93,2
Convenzionale	5	$15,9 \pm 6,9$	
	10	$14,2 \pm 5,7$	
	20	$16,9 \pm 9,8$	
	Media	$15,7 \pm 4,3$	

Tabella 3. Concentrazione media di thiacloprid ($\text{ng}/\text{m}^3 \pm$ s.e.) nei diversi campionamenti dell'aria durante la semina

Posizione del campionatore	Distanza (m)	Seminatrice		Riduzione
		Convenzionale	Elettrostatico	[%]
Area di campionamento nel lato sottovento della parcella	5	$10,5 \pm 4,6$	< LOD (*)	>99,9
	10	$7,8 \pm 0,8$	< LOD	>99,9
	20	8,6	< LOD	>99,9
Sul trattore	-	317,4	47,3	85

(*) LOD (limit of detection) = limite di rivelabilità

CONCLUSIONI

In conclusione, le prove effettuate con la seminatrice modificata hanno mostrato che l'impiego del dispositivo innovativo è in grado di ridurre fortemente le emissioni di polvere derivante dall'abrasione dei semi concitati. Il dispositivo consente di trattenere a livello dei filtri la maggior parte della polvere emessa dalla seminatrice, con la conseguente possibilità di rendere possibile un loro sicuro smaltimento. Va evidenziato infatti che, l'impiego della seminatrice modificata, dovrà prevedere un corretto metodo di trattamento dei filtri, che andranno smaltiti in maniera analoga a quanto avviene per i contenitori usati dei prodotti fitosanitari.

Ringraziamenti

Gli autori sono grati a Renato Grilli e a Giancarlo Imperi per la collaborazione prestata durante il lavoro.

LAVORI CITATI

- Balsari P., Manzone M., Marucco P., Tamagnone M., 2013. Evaluation of seed dressing dust dispersion from maize sowing machines. *Crop Protection*, 51, 19–23. doi: 10.1016/j.cropro.2013.04.012.
- Biocca M., Fanigliulo R., Gallo P., Pulcini P., Pochi D., 2014. Esposizione dell'operatore alle polveri derivanti da seme di mais concitato. *ATTI Giornate Fitopatologiche*, 2014, 1, 567-572.
- Biocca M., Fanigliulo R., Gallo P., Pulcini P., Perrino C., Pochi D., 2014. Assessing dust drift from dressed seeds by air sampling. *Aspects of Applied Biology 122, International Advances in Pesticide Application*, 103-111.

- Devarrewaere W., Foqué D., Heimbach U., Cantre D., Nicolai B., Nuyttens D., Verboven P., 2015. Quantitative 3D shape description of dust particles from treated seeds by means of X-ray micro-CT. *Environmental Science & Technology*, 49 (12), 7310–7318. doi:10.1021/acs.est.5b02250.
- Elbert A., Erdelen C., Kuhnhold J., Nauen R., Schmidt H.W., Hattori Y., 2000. Thiacloprid, a novel neonicotinoid insecticide for foliar application. In: The BCPC Conference: Pests and Diseases, Volume 1. Proceedings of an International Conference Held at the Brighton Hilton Metropole Hotel, Brighton, UK, 13-16 November 2000. British Crop Protection Council, pp. 21-26.
- Foqué D., Devarrewaere W., Verboven P., Nuyttens D., 2014 Characterisation of different pneumatic sowing machines. Aspects of Applied Biology 122, *International Advances in Pesticide Application*, 122, 77-84.
- Goulson D., 2013. REVIEW: An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*, 50, 977–987. doi: 10.1111/1365-2664.12111.
- Marzaro M., Vivan L., Targa A., Mazzon L., Mori N., Greatti M., Petrucco Toffolo E., Di Bernardo A., Giorio C., Marton D., 2011. Lethal aerial powdering of honey bees with neonicotinoids from fragments of maize seed coat. *Bulletin of Insectology*, 64, 119–126.
- Nuyttens D., Devarrewaere W., Verboven P., Foqué D., 2013. Pesticide-laden dust emission and drift from treated seeds during seed drilling: a review. *Pest Management Science*, 69, 564–575. doi: 10.1002/ps.3485.
- Pochi D., Biocca M., Fanigliulo R., Pulcini P., Conte E., 2012. Potential exposure of bees, *Apis mellifera* L., to particulate matter and pesticides derived from seed dressing during maize sowing. *Bulletin of Environmental Contaminants and Toxicology*, Part B, 89, 354–361. doi: 10.1007/s00128-012-0664-1.
- Pochi D., Biocca M., Brannetti G., Fanigliulo R., Gallo P., Grilli R., Montanari S., Pulcini P., 2013. Engineering solutions applied to pneumatic drills to reduce losses of dust from dressed seeds. *Journal of Agricultural Engineering*, volume XLIV (s1): e134, 669-673.
- Pochi D., Biocca M., Fanigliulo R., Gallo P., Fedrizzi M., Pulcini P., Perrino C., Marcovecchio F., 2015. A device for pneumatic precision drills reducing the drift of the abrasion dust from dressed seed. *Crop Protection*, 74, 56–64. doi:10.1016/j.cropro.2015.02.026.

