

LOS ENSAYOS COMPARAN LA EFECTIVIDAD DE ESTA MÁQUINA CON RESPECTO AL MÉTODO DE PISTOLA PULVERIZADORA

Caracterización de una **carretilla pulverizadora** en un cultivo de tomate bajo invernadero

El objetivo de toda aplicación fitosanitaria es proporcionar una deposición en la masa vegetal cercana al umbral de control de la plaga o enfermedad, uniformemente distribuida, minimizando las pérdidas en el suelo y por deriva. En este trabajo se evalúa la deposición de fitosanitario en la masa vegetal y las pérdidas en el suelo, originadas con una carretilla manual con barras pulverizadoras verticales, en comparación con un tratamiento de referencia realizado con una pistola pulverizadora manual.

Julián Sánchez-Hermosilla¹, Víctor J. Rincón¹, Francisco Páez¹, Milagros Fernández².

¹ Dpto. Ingeniería Rural. Universidad de Almería.

² Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA-La Mojonera). Junta de Andalucía.

En el sudeste español se produce una importante concentración de invernaderos destinada a la producción de hortalizas. Tan sólo en la provincia de Almería la superficie de invernaderos es aproximadamente de 26.500 ha, con una producción de 2.788.222 toneladas (Fundación Cajamar, 2010). Estas cifras indican que se trata de un sistema productivo caracterizado por una alta densidad de plantación. Esto unido a las condiciones ambientales propias de los invernaderos, con humedades y temperaturas elevadas, originan una alta incidencia de plagas y enfermedades.

El control fitosanitario en los invernaderos

se realiza fundamentalmente mediante la aplicación de productos químicos con sistemas manuales poco tecnificados, en los que la cali-

dad del tratamiento depende básicamente de la pericia del operario.

Los equipos más empleados son las pistolas pulverizadoras manuales. Se trata de equipos de bajo coste, fácil mantenimiento y adecuados para controlar problemas fitosanitarios puntuales y localizados. Sin embargo, originan aplicaciones que se caracterizan por la falta de uniformidad en la masa vegetal, elevadas pérdidas en el suelo (Sánchez-Hermosilla *et al.*, 2003) y alto riesgo de exposición de los aplicadores (Nuytens *et al.*, 2004a y 2009).

Como alternativa a las pistolas pulverizadoras han aparecido en el mercado equipos dotados de barras pulverizadoras verticales que se desplazan entre las líneas de cultivo y permiten un mejor control de variables como la presión y la velocidad de trabajo. Fumimatic, de la empresa IDM y Tizona de Carretillas Amate (**foto**



Foto 1. Equipo dotado de barras pulverizadoras verticales que se desplazan entre las líneas de cultivo.



Foto 2. Vehículo desarrollado por investigadores de la Universidad de Almería con barras pulverizadoras verticales que permiten realizar tratamientos de forma autónoma sin la presencia de operarios en el interior del invernadero.

1) son dos vehículos autotopulsados dotados de barras pulverizadoras verticales y diseñados específicamente para moverse sin dificultad en suelos sueltos y recintos con un elevado número de obstáculos, como ocurre en los invernaderos del sudeste español. Un importante avance en este sentido es el Fitorobot de Cadia Ingeniería (foto 2) (Sánchez-Hermosilla *et al.*, 2010), un vehículo desarrollado por investigadores de la Uni-

versidad de Almería, dotado de barras pulverizadoras verticales que permite realizar tratamientos fitosanitarios de forma autónoma sin la presencia de operarios en el interior del invernadero, eliminando de esta forma los riesgos de exposición de los aplicadores.

La utilización de los vehículos indicados anteriormente es muy reducida, debido fundamentalmente a su elevado coste. Como alternativa, también existen en el mercado carretillas manuales equipadas con barras pulverizadoras verticales, que utilizan la misma instalación de pulverización que las pistolas manuales, y que tienen un coste reducido.

La utilización de barras pulverizadoras verticales para los tratamientos fitosanitarios en los invernaderos supone importantes mejoras respecto al empleo de pistolas pulverizadoras: aplicaciones más eficaces, menor contaminación del suelo (Sánchez-Hermosilla *et al.*, 2003), mayor homogeneidad de la distribución de fitosanitario en la masa vegetal (Langenakessn *et al.*, 2002, Sánchez-Hermosilla *et al.*, 2003, Nuyttens *et al.*, 2004b) y menor riesgo de exposición de los aplicadores (Nuyttens *et al.*, 2004a y 2009).

El objetivo de toda aplicación fitosanitaria es proporcionar una deposición en la masa vegetal cercana al umbral de control de la plaga o enfermedad, uniformemente distribuida, minimizando las pérdidas en el suelo y por deriva. La consecución de estos aspectos depende de muchos factores entre los que destaca el equipo y el volumen de aplicación y el tipo y posición de las boquillas pulverizadoras.

El objetivo principal de este trabajo es evaluar la deposición de fitosanitario en la masa vegetal y las pérdidas en el suelo, originadas con una carretilla manual con barras pulverizadoras verticales, en comparación con un tratamiento de referencia realizado con una pistola pulverizadora manual.

Materiales y métodos

Equipos de pulverización

Para la realización de este estudio se han utilizado dos equipos de pulverización: una pistola pulverizadora y una carretilla manual con barras pulverizadoras verticales (foto 3), que se conectan a una



Checchi & Magli

Tecnologías para horticultura



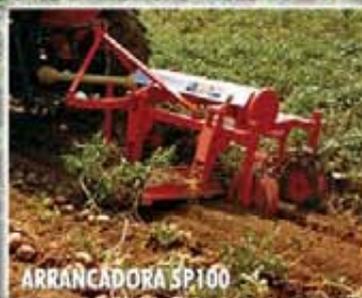
TRASPLANTADORAS



TRASPLANTADORAS

DUAL 12/8 GOLD

MAQUINAS PARA PATATAS



ARRANCADORA SP100



AL-S14

ACOLCHADORAS Y ENTABLONADORAS

SOLICITEN NUESTRO CATALOGO

Via Guizzardi, 38 40054 BUDRIO BOLOGNA ITALIA

Tel. 051.80.02.53 Fax 051.69.20.611

www.checchiemagli.com

CUADRO I.

Condiciones de trabajo en los ensayos para cada uno de los equipos.

Equipo de pulverización	Pistola Manual*	Carretilla manual	
Tipo de boquillas	Abanico doble	Teejet XR 110 02	Albuz AVI 110 02
Nº de boquillas	2	4	4
Presión (bar)	22,0	11,9	11,8
Caudal unitario (l min ⁻¹)	3,17	5,45	5,48
Velocidad media (m s ⁻¹)	0,34	0,56	0,57
Volumen de aplicación (l ha ⁻¹)	1.564	1.593	1.630

*Aplicación de referencia (normalmente utilizada por los agricultores de la zona)

CUADRO II.

Media y coeficiente de variación (CV) de la deposición total normalizada por unidad de superficie en la masa vegetal, pérdidas al suelo normalizadas y volumen recuperado (%)

Equipo de pulverización	Deposición total		Pérdidas en el suelo		Volumen recuperado (%)
	Media (µg cm ⁻²)	C.V. (%)	Media (µg cm ⁻²)	C.V. (%)	
Carretilla Teejet XR 110 02	35,61b	64,11	26,51a	25,35	87
Carretilla Albuz AVI 110 02	32,00b	61,68	25,93a	40,60	78
Pistola Abanico doble (Novi)	21,15a	72,39	57,01b	89,01	52

Entre los valores de una misma columna seguidos por la misma letra no existen diferencias significativas ($p < 0,05$; Test de Duncan)

carretilla dotada de una bomba de membrana (M-30, de la empresa italiana Imovilli Pompe) que proporciona una presión máxima de 3.000 kPa (30 bar) y un caudal de 33 l/min.

La pistola pulverizadora dispone de dos boquillas de abanico doble (Novi-Fan). Tradicionalmente se han utilizado boquillas de chorro cónico, pero en los últimos años los agricultores de la zona prefieren utilizar boquillas de abanico, por

que han observado que consiguen un mejor control fitosanitario. Estas observaciones han sido corroboradas por Garzón *et al.* (2000) y Planas *et al.* (2001), que han comprobado que las boquillas de abanico doble originan aplicaciones más eficientes.

Las barras pulverizadoras de la carretilla manual utilizada en el ensayo (Carretillas Amate) son regulables en sentido horizontal para poder

ajustar su separación y colocarlas a la distancia deseada al cultivo. Con este equipo se han ensayado dos tipos de boquillas: de abanico (Teejet XR 110 02) y de inyección de aire (Albuz AVI 110 02). Cada barra tiene cuatro portaboquillas separados 0,50 m.

Las condiciones de ensayo para la pistola pulverizadora se han establecido teniendo en cuenta la práctica habitual del agricultor, consistente en aplicar en cultivos altos un volumen cercano a los 1.500 l ha⁻¹ a presiones próximas a los 20 bar. Por lo que respecta a la carretilla se ensayarán los dos tipos de boquillas, a una presión de 12 bar, para distribuir aproximadamente 1.500 l ha⁻¹. En el **cuadro I** se recogen las condiciones de ensayo con cada uno de los equipos.

Diseño experimental

Los ensayos se han desarrollado en un invernadero multitúnel de 960 m². El cultivo utilizado ha sido tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) de la variedad Deni sen (Ruiter Seeds), sobre un sustrato de perlita con una densidad de plantación de 2,5 plantas m⁻², en líneas pareadas. Las plantas presentaban unos valores medios de altura y anchura de 2,17 m y 0,90 m respectivamente. Se seleccionaron al azar tres filas y sobre cada una de ellas se realizó uno de los ensayos de pulverización. La distancia de pulverización en todos los casos fue de aproximadamente 0,40 m a la parte más externa del cultivo.

Para la comparación de los tres tratamientos, sobre las líneas seleccionadas para los ensayos se seleccionaron cinco pares de plantas al azar, sobre las que se colocaron colectores artificiales consistentes en tiras de papel de filtro. Sobre cada pareja de plantas los colectores se colocaron en doce zonas (tres alturas y cuatro profundidades) (**figura 1**). En cada zona se seleccionó una hoja sobre la que se colocó un colector en el haz y otro en el envés (dos posiciones). Asimismo, también se colocaron colectores en el suelo, coincidentes con las cuatro profundidades definidas en la pareja de plantas (**figura 1**). Por tanto, para cada ensayo se toman un total de 140 muestras (12 zonas x 2 posiciones x 5 pares de plantas + 4 muestras del suelo x 5 pares de plantas).

En todos los ensayos las líneas fueron pulverizadas por ambos lados, siguiendo la práctica habitual de los agricultores de la zona, utilizando como trazador un colorante alimentario (la tartrazina) a una concentración aproximada de 10 g l⁻¹.

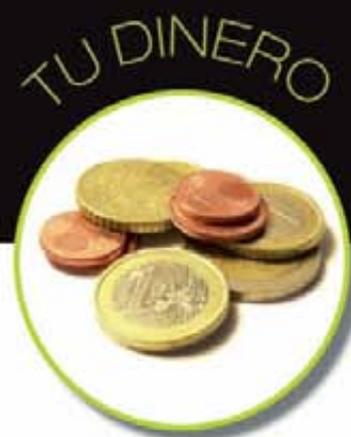


Foto 3. Equipos pulverizadores utilizados en los ensayos: carretilla pulverizadora (izda), pistola pulverizadora (drcha).



Cuando compres fitosanitarios
Abre bien los ojos

Utilizar fitosanitarios **ILEGALES** daña...



AYÚDANOS A ACABAR CON EL TRÁFICO DE FITOSANITARIOS ILEGALES

Avisanos si detectas redes comerciales o personas que todavía los venden o utilizan. Puedes llamarnos de forma totalmente anónima. El futuro de nuestra agricultura está en tus manos.



LLAMADA ANÓNIMA
902 882 081

www.aepla.es



Resultados

El **cuadro II** muestra los resultados correspondientes a la deposición total, el coeficiente de variación (CV) y el volumen recuperado en la masa vegetal.

Los valores de la deposición obtenida con la pistola pulverizadora han sido significativamente inferiores a los que se han obtenido con la carretilla. En concreto, la pistola ha originado una deposición un 40,6% y un 33,9% inferior que la obtenida con la carretilla con las boquillas de abanico y las de inyección de aire, respectivamente.

Las deposiciones medias obtenidas con la carretilla no presentan diferencias significativas para los dos tipos de boquillas ensayadas. Sin embargo, la deposición obtenida con las boquillas de abanico (XR 110 02) es un 14,3% superior a la obtenida con las boquillas de inyección (AVI 110 02). Por lo que respecta a la uniformidad de la distribución del caldo en la masa vegetal, los valores son muy similares.

Analizando los resultados de deposición por zona de las hojas, las deposiciones en el haz (**cuadro III**) han resultado superiores en las aplicaciones realizadas con la carretilla. La mayor deposición se ha producido para las boquillas de abanico convencionales con 29,64 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, lo que supone un 11% y un 58% más de la obtenida con las boquillas de abanico de inyección y la pistola pulverizadora, respectivamente.

Por lo que respecta a la deposición en el envés, todos los tratamientos realizados ofrecen unas deposiciones muy bajas (**cuadro III**) y con una falta de uniformidad muy elevada (coeficientes de variación superiores al 89%). Los trata-

CUADRO III.

Media y coeficientes de variación (CV) de la deposición normalizada en el haz y el envés de las hojas.

Equipo de pulverización	Haz		Envés	
	Media ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	CV (%)	Media ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	CV (%)
Carretilla Teejet XR 110 02	29,64b	77,07	5,98b	89,17
Carretilla Albuz AVI 110 02	26,72b	74,38	5,28b	112,25
Pistola Abanico doble (Novi)	18,72a	81,93	2,43a	122,44

Entre los valores de una misma columna seguidos por la misma letra no existen diferencias significativas ($p < 0,05$; Test de Duncan).

mientos realizados con la carretilla presentan una deposición en el envés entre 2 y 2,4 veces superior a la obtenida con la pistola pulverizadora, siendo el tratamiento realizado con las boquillas de abanico convencionales las que ofrecen mejores resultados. Para este tratamiento se ha obtenido una deposición en el envés de 5,98 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, muy similar a la que se obtiene con las boquillas de inyección, pero con una mayor uniformidad de la distribución de caldo en la masa vegetal (coeficiente de variación, 89,17%).

Analizando el dato correspondiente al volumen recuperado en la masa vegetal (**cuadro II**), se observa que las boquillas de abanico son las que depositan un mayor volumen en la masa vegetal con un 87%, seguido de las boquillas de inyección con un 78%, y la pistola pulverizadora con un 52%.

Por lo que respecta a las pérdidas en el suelo, los resultados obtenidos muestran que la pistola origina unas mayores pérdidas, que han resultado ser superiores al doble de las que origina la carretilla con cualquiera de las boquillas ensayadas.

Conclusiones

Los resultados muestran que para una misma tasa de aplicación, la carretilla manual, en comparación con la pistola pulverizadora, permite mejorar los valores del volumen recuperado en la masa vegetal, debido fundamentalmente a un aumento de la deposición en el cultivo y menores pérdidas en el suelo.

Respecto a la uniformidad de la aplicación, los ensayos realizados con la carretilla pulverizadora han sido más uniformes que el realizado con la pistola pulverizadora.

La deposición en el envés de las hojas ha sido muy baja y poco uniforme en todos los ensayos realizados. No obstante,

la utilización de la carretilla pulverizadora mejora, en al menos dos veces, la deposición en el envés obtenida con la pistola pulverizadora y también la uniformidad.

Por lo que respecta a los ensayos realizados con la carretilla manual, los dos tipos de boquillas ensayadas han presentado un comportamiento muy similar. No se han encontrado diferencias significativas en cuanto a deposición y pérdidas en el suelo. Si bien, las boquillas de abanico han originado pulverizaciones algo más uniformes y con una mayor recuperación de volumen en la masa vegetal. ●

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por Bayer CropScience S.L. y la Junta de Andalucía dentro del proyecto de excelencia P07-AGR-02995.

Bibliografía ▼

- Fundación Cajamar, Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería, Campaña 2009/2010 (2010).
- Garzón, E., López, L., Sánchez-Hermosilla, J., Barranco, P., Agüera, L., Cabello, T. 2000. Evaluación de la eficacia técnica de los diferentes tipos de pistolas utilizadas en cultivos en invernadero. Cuadernos de Fitopatología 2º trimestre: 97-115.
- Langenakens, J., Vergauwe, G., de Moor, A. 2002. Comparing hand-held spray guns and spray booms in lettuce crops in a greenhouse. Aspects Appl. Biol. 66, 123-128.
- Nuyttens, D., Braekman, P., Windey, S., Sonck, B. 2009. Potential dermal pesticide exposure affected by greenhouse spray application technique. Pest Manag. Sci. 65, 781-790. doi: 10.1002/ps.1755.
- Nuyttens, D., Windey, S., Sonck, B. 2004a. Optimisation of a vertical spray boom for greenhouse spray applications. Biosyst. Eng. 89, 417-423.
- Nuyttens, D., Windey, S., Sonck, B. 2004b. Comparison of operator exposure for five different greenhouse spraying applications. J. Agric. Saf. Health 10, 187-195.
- Planas, S., Fillant, A., Y Escolá, A. 2001. Avances en la aplicación de fitosanitarios en cultivos protegidos. 1er Congreso nacional de ingeniería para la agricultura y el medio rural. 275-280.
- Sánchez-Hermosilla, J., Medina, R., Gázquez, J.C. 2003. Improvements in pesticide application in greenhouses. Vllth Workshop in Spray Application Technique in Fruit Growing, 54-61.
- Sánchez-Hermosilla, J., Rodríguez, F., González, R., Guzmán, J.L., Berenguel, M., A. 2010. A mechatronic description of an autonomous mobile robot for agricultural tasks in greenhouses, in: Barreira, A. (Ed.), Mobile Robots Navigation. In-Tech, Croatia, pp. 583-608.

FIGURA 1.

Posición de los colectores en la masa vegetal y en el suelo.

