

Efecto del número y tipo de boquillas en la calidad de las aplicaciones en invernaderos con barras verticales.

J. Llop¹. E. Gil¹. M. Gallart¹. T. Bayer¹ and J. Sánchez-Hermosilla²

¹ *Universitat Politècnica de Catalunya. DEAB. Esteve Terradas. 8 08860 Castelldefels. Spain*
Jordi.Llop-casamada@upc.edu

² *Universidad de Almería. Department of Engineering. Ctra. Sacramento s/n
La Cañada de San Urbano 04120 Almería. Spain*

Resumen

La producción de hortalizas en invernadero es una actividad económica muy importante en España. Actualmente, los tratamientos en estos cultivos se realizan mayoritariamente mediante pistolas manuales que tienen una baja uniformidad en la distribución. En este contexto, se plantea este estudio que tiene por objetivo establecer las principales recomendaciones básicas para mejorar la eficiencia de las aplicaciones de fitosanitarios en cultivos verticales de invernadero. Se ha utilizado una carretilla de pulverización con barras verticales con boquillas de abanico (XR11002 y XR110015) y boquillas cónicas (ATR Amarillo y ATR Marrón) separadas 0.3 m y 0.5 m entre ellas. Se ha evaluado el perfil de distribución mediante un banco de distribución vertical con la carretilla situada a 0.3 m y 0.5 m de distancia. La determinación de la distribución y penetración se ha estudiado con un tramo de vegetación artificial de 2 m de largo x 1.8 metros de alto en el que se han colocado papeles hidrosensibles en el interior y en los dos lados exteriores a tres alturas distintas. Los resultados de la distribución vertical muestran que se obtiene una mayor uniformidad con las boquillas de abanico (XR110015) situadas a una distancia de 0.3 m del banco y separadas 0.3 m entre ellas (87.03%). En cambio, las boquillas cónicas presentan la uniformidad más baja (~70%). El análisis de los papeles hidrosensibles muestra que las boquillas cónicas presentan un mayor recubrimiento, sin haber diferencias significativas con los otros tratamientos. Estudios enfocados al uso de asistencia de aire son necesarios para evaluar la posible mejora de la distribución.

Palabras clave: invernadero, pulverización, boquillas, vegetación, distribución.

Effect of number and nozzle type on quality application in greenhouses with vertical boom sprayer

Abstract

Vegetables production in greenhouses has an important economic value in Spain. Nowadays, pesticide product applications in these crops are carried out by hand-held equipment (spray guns) which has a low uniformity distribution on the canopy. In this context, the objective of this study is to determine basic recommendations to improve pesticides application efficiency in greenhouse vertical crops. A pulled trolley fitted with a vertical boom sprayer equipped with flat fan nozzles (XR11002 and XR110015) and hollow cone nozzles (ATR Yellow and ATR Brown) spaced 0.3 m and 0.5 m was assessed. Specifically, it was evaluated the spraying profile using a vertical spray patternator with the pulled trolley separated 0.3 and 0.5 from the test bench. The distribution and penetration for the spray was evaluated using 2 m long and 1.8 m high artificial canopy where water sensitive papers were situated in a three different heights and depths. The results of vertical distribution results show that a higher uniformity is obtained with a flat fan nozzles (XR 110015) situated at a 0.3 m distance to the bench and separated 0.3 m between them (87.03%). In contrast, hollow cone nozzles show the lowest uniformity (~70%). The analysis of water sensitive papers show that hollow cone nozzle has a higher recovery without significant difference among other treatments. Further studies can be focused on the use of air assisted systems to improve the distribution.

Keywords: greenhouse, spraying, nozzles, canopy, distribution

Introducción

La producción de hortalizas en invernadero es una actividad económica muy importante en España. En concreto, la producción en hortalizas en invernaderos representa un sector muy importante en términos de uso de productos fitosanitarios (Gil, 2006) y en riesgo de contaminación tanto para el operador como para el medio ambiente (Bjugstad y Torggrimsen, 1996; Sánchez-Hermosilla et al., 2011; Balsari et al., 2012). Teniendo en cuenta esto, es necesario el desarrollo de equipos que mejoren la distribución y minimicen estos riesgos. En este sentido, se está impulsando el uso de carretillas con barras de pulverización verticales arrastradas manualmente. Diferentes estudios (Sánchez-Hermosilla 2011 y 2012) han demostrado se obtienen muy buenos resultados con el uso de este tipo de equipos frente a los obtenidos con la pistola tradicional. También la nueva directiva de uso sostenible (128/2009 EC) promueve una reducción del uso de fitosanitarios. En este contexto se plantea este estudio que tiene por objetivo establecer algunas recomendaciones básicas para mejorar la eficiencia de las aplicaciones de fitosanitarios en cultivos verticales de invernadero.

Material y Métodos

Para este estudio se ha utilizado una carretilla de pulverización arrastrada manualmente con barras verticales (Carretillas Amate, Viator, España) con boquillas de abanico y boquillas cónicas separadas 0.3 m y 0.5 m entre ellas (Tabla 1). La presión empleada ha sido la necesaria para poder ajustar el volumen de caldo manteniendo la presión dentro del rango recomendado por las tablas caudal – presión de las boquillas según los fabricantes. La carretilla de pulverización arrastrada se alimenta por un tubo de 25 mm de diámetro conectado a una bomba. Para mantener una pulverización de unos 2 m de altura, se han usado 6 boquillas para una separación de 0.3 m y 4 boquillas para una separación de 0.5 m. El volumen de aplicación se ha elegido de acorde con la bibliografía (Nuyttens 2004; Hermosilla 2010). Se ha determinado el perfil de distribución mediante un banco de distribución vertical (AMMS, Maldegem, Bélgica) (Figura 1). Este banco permite recoger el líquido pulverizado hasta una altura máxima de 3.5 m cada 0.1 m. La carretilla se ha puesto a 0.3 m y 0.5 m de distancia del banco para evaluar el efecto de la distancia al objetivo. A partir de los volúmenes recogidos en las distintas alturas se ha calculado el coeficiente de uniformidad mediante la Ecuación (1).

$$\text{Coeficiente Uniformidad (\%)} = 100 - \text{Coeficiente Variación (\%)} \quad (1)$$



Figura 1. Determinación de la distribución vertical (izquierda) y evaluación de la deposición de la pulverización en vegetación artificial (derecha).

Para evaluar cómo se distribuye el líquido y la capacidad de penetrar en el interior del cultivo se ha utilizado un tramo de vegetación artificial de 2 m de largo y 1.8 metros de alto de media, y con una anchura media de 0.4 m. En ella se han colocado papeles hidrosensibles situados a tres alturas distintas, y en el interior de la vegetación y en las dos caras exteriores. Para obtener el recubrimiento de los papeles se han analizado con el software Image J®. Se entiende recubrimiento como la proporción de papel hidrosensible que ha sido mojado. La valoración de la penetración en la vegetación se ha realizado mediante un índice de penetración. Este índice pretende valorar qué porcentaje de toda la cantidad aplicada en la vegetación es recogido en el interior. En una aplicación ideal, del 100% aplicado, se pretenderá recoger un 33% en la cara exterior derecha de la vegetación, un 33% en la cara exterior izquierda y un 33% en el interior.

Los valores de distribución en el banco vertical y en los papeles hidrosensibles las diferentes configuraciones se han comparado mediante un Análisis de la Variancia (ANOVA) seguida de una separación de medias con el test SNK utilizando el programa estadístico R (R Development Core Team, 2011).

Tabla 1. Condiciones de ensayo para el banco vertical y las pruebas con vegetación artificial.

Test	Código	Distancia banco vertical (m)	Boquilla	Separación boquillas (m)	Presión (bar)	Velocidad de avance (km.h ⁻¹) *	Dosis de aplicación real (L.ha ⁻¹)**
1	ATRY0305	0.3	ATR-Amarilla	0.5	8	3.79	728
2	XR020305	0.3	XR11002	0.5	5	3.76	719
3	ARTY0505	0.5	ATR-Amarilla	0.5	8	3.45	801
4	XR020505	0.5	XR11002	0.5	5	3.53	766
5	ATRB0303	0.3	ATR-Marrón	0.3	8	3.55	748
6	XR0150303	0.3	XR-110015	0.3	3.3	3.44	773
7	ATRB0503	0.5	ATR-Marrón	0.3	8	3.40	781
8	XR0150503	0.5	XR-110015	0.3	3.3	3.49	761

* Velocidad de avance medida durante las aplicaciones en la vegetación artificial.

** Ancho de fila de 1.6 m.

Resultados y Discusión

En la figura 1 se muestran los resultados de la uniformidad de la pulverización en la distribución vertical. Se puede observar que a una distancia de 0.3 m del banco se consigue una mayor uniformidad con las boquillas de abanico (XR110015) separadas 0.3 m entre ellas (87.03%). Nuyttens (2004) obtuvo resultados muy parecidos. Los resultados indican que con boquillas de abanico se consigue una mayor uniformidad cuando éstas están separadas 0.3 m que cuando están separadas 0.5 m. Aun así, son más uniformes que las cónicas, que presentan un menor coeficiente de homogeneidad. No existen diferencias significativas entre las boquillas cónicas separadas 0.3 y 0.5 m entre ellas, presentando un coeficiente de 69.21% y 72.59% respectivamente. Estos resultados están en concordancia con los estudios realizados por Hermosilla y Nuyttens (2004).

En aumentar la distancia al banco de distribución vertical hasta 0.5 m, las boquillas que presentan mayor uniformidad son las de abanico con una separación de 0.3 y 0.5 m con un coeficiente de homogeneidad de 83% y 83.45% respectivamente. Entre ambas, no existen diferencias significativas, con lo que se puede decir que en este caso concreto, que no hay diferencias debidas a la separación entre boquillas. En relación a las boquillas cónicas, son las que presentan un menor coeficiente de

homogeneidad no habiendo influencia de la separación entre boquillas, obteniendo un coeficiente de homogeneidad del 72.21% para una separación de 0.5m y del 69.87% para una separación de 0.3%.

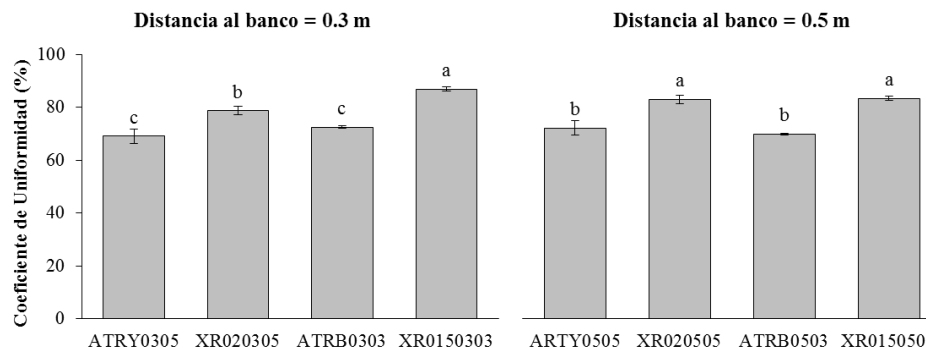


Figura 1. Coeficiente de Uniformidad separado por distancia al banco vertical por tipo de boquilla y separación entre las mismas. Mismas letras implica que no existen diferencias significativas.

En analizar de los papeles hidrosensibles situados en la vegetación artificial, a tres alturas distintas y a tres profundidades diferentes, se puede observar que el recubrimiento es entre el 44% y el 55%. Un recubrimiento del 100% implica que el papel está completamente mojado y de color azul. El mayor recubrimiento medio se consigue con la boquilla cónica (55.02%) separada 0.5 m entre boquillas y 0.5 m separada de la vegetación. Aun así, no hay diferencias entre el recubrimiento obtenido en todos los tratamientos, y consecuentemente no hay efecto del tipo de boquilla, distancia entre boquillas ni separación a la vegetación. Estos resultados difieren de los estudios realizados por Nuyttens (2004), en los que existe una mayor deposición con una separación de 0.3 m a la vegetación.

En cuanto a la penetración del líquido en el interior de la masa vegetal, en todos los casos fue muy baja (12%). Estos resultados indican que es necesario el desarrollo de otras tecnologías que mejoren la penetración sin aumentar los riesgos de contaminación ni de la exposición al operador. Gil (2003) y Foqué (2012) ha demostrado que en otros cultivos, las boquillas cónicas con asistencia de aire mejoran la penetración.

Conclusiones

Con las boquillas de abanico, se consigue una mayor uniformidad (87.03%) con una separación de 0.3 m que con una separación de 0.5 m, siendo las boquillas cónicas las menos uniformes en todos los casos.

El recubrimiento obtenido en los papeles hidrosensibles es muy parecido en todos los casos, y por lo tanto nuestros resultados apuntan que no existe influencia del tipo de boquilla, separación entre ellas y distancia al banco vertical.

Teniendo en cuenta la baja penetración de la pulverización en todas las configuraciones estudiadas, futuros estudios se enfocaran en la inclusión de asistencia de aire para valorar si es posible obtener resultados de penetración aceptables.

Agradecimientos

Este proyecto ha sido financiado por Syngenta Agro SAU.

Bibliografía

- Balsari, P., Oggero, G., Bozzer, C., and Marucco, P. (2012). An autonomous self-propelled sprayer for safer pesticide application in glasshouse. *Aspects of Applied Biology* 114.
- Bjugstad, N., Torgrimsen, T. (1996). Operator safety and plant deposit when using pesticide in greenhouse. *Agricultural Engineering Research* **65**, 205-212.
- European Parliament. (2009). Directive 2009/128/EC of the European parliament and of the council of 21 October 2009 establishing a framework for community action to achieve the sustainable use of pesticides. 2009/128/EC.
- Foqué, D., Braekman, P., Pieters, J.G., Nuyttens, D. (2012). A vertical spray boom application technique for conical bay laurel (*Laurus nobilis*) plants. *Crop Protection* **41**, 113–121.
- Gil, E. (2003) Tratamientos en viña. Equipos y técnicas de aplicación. ISBN: 9788483016916. Edicions UPC, Barcelona.
- Gil, E. (2006). Inspections of sprayers in use: a European sustainable strategy to reduce pesticide use in fruit crops. *Applied Engineering in Agriculture* **23(1)**, 49-56.
- R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Sánchez-hermosilla, J., Páez, F., Rincón, V.J., Agüera, F., Carvajal, F. (2011). Field evaluation of a self-propelled sprayer and effects of the application rate on spray deposition and losses to the ground in greenhouse tomato crops. *Pest Manag Sci* **67**, 942–947.
- Sánchez-hermosilla, J., Rincón, V.J., Páez, F., Fernández, M. (2012). Comparative spray deposits by manually pulled trolley sprayer and a spray gun in greenhouse tomato crops. *Crop Protection* **31(1)**, 119–124.
- Nuyttens, D., Windey, S., Sonck, B. (2004). Optimisation of a vertical spray boom for greenhouse spray applications. *Biosyst. Eng.* **89**, 417-423