

EVALUACIÓN DE UN PULVERIZADOR HIDRONEUMÁTICO PARA EL CONTROL DE *Aonidiella aurantii* EN NARANJO, CON DIFERENTES DOSIS DEL AGROQUÍMICO Y CAUDALES DE AIRE

Antonio Sozzi¹, Adriana Villa¹, Luis Val² y Rosa Vercher²

RESUMEN

Con el propósito de evaluar la eficiencia del uso de un pulverizador hidroneumático convencional para el transporte de insecticida hasta el interior de la copa de los árboles, se llevó a cabo un ensayo en el que se combinaron dos caudales de aire con la aplicación de dos volúmenes de mezcla de piriproxifen al 0,05 %, evaluando su efecto sobre el número de individuos vivos de *A. aurantii* (piojo rojo de California) presentes en ramas y frutos del naranjo dulce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). Se utilizó un diseño en bloques al azar y se aplicaron cinco tratamientos que consistieron en dos dosis de mezcla insecticida (2.113 y 3.132 L·ha⁻¹), combinados con dos caudales de aire (65.124 y 82.008 m³·h⁻¹), y un testigo. El aumento del caudal de aire y la dosis de insecticida entre los límites evaluados afectaron negativamente la eficiencia del producto para el control de la plaga. Desde los puntos de vista económico (ahorro en los requerimientos de potencia) y ambiental (uso de menor cantidad de insecticida y menor deriva), resulta más aconsejable la aplicación de un volumen de mezcla insecticida de 2.100 L·ha⁻¹ en combinación con un caudal de aire de 65.000 m³·h⁻¹ para el control del insecto.

Palabras clave adicionales: Cítricos, control de plagas, equipo hidroneumático, piojo rojo de California

ABSTRACT

Evaluation of a blast sprayer to control *Aonidiella aurantii* in orange, using different doses and air flow rates

In order to evaluate the efficiency of a conventional blast sprayer for the transportation of insecticide to the interior of citrus trees, a combination of two air flow rates with two volumes of pyriproxyfen 0.05%, was tested in an orange grove. The efficiency of the applications was evaluated by analyzing the number of living individuals of *A. aurantii* (California red scale) present in branches and fruits of sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) after the treatment. The design of experiments followed a randomized block design, with five treatments which consisted of two doses of insecticide mixture (2,113 and 3,132 L·ha⁻¹) combined with two air flow rates (65,124 and 82,008 m³·h⁻¹), plus a control. The increase of air flow and insecticide doses, within the evaluated limits, resulted in losses of efficiency of the product for controlling the pest. From an economic point of view (fuel saving due to lower power requirements), and an environmental standpoint (contamination reductions due to lower insecticide use and lower drift), it is advisable to apply an insecticide mixture of 2,100 L·ha⁻¹ in combination with air flows of 65,000 m³·h⁻¹ for optimal control of the insect.

Additional key words: Citrus, pest control, sprayer of chemical product, California red scale

INTRODUCCIÓN

Los equipos de pulverización hidroneumáticos disponen de mecanismos que permiten ajustar el flujo de aire a las condiciones de los diferentes tratamientos (Val, 1992), que generalmente consisten en cambiar el ángulo de los álabes y las marchas en la caja multiplicadora del equipo; esto

se puede combinar con variaciones en las revoluciones en la toma de fuerza del tractor, en función de lo que aconseja el fabricante para obtener un determinado caudal de aire. Sin embargo, existe el problema que muchos de estos ajustes no se aplican, ya que algunos de ellos resultan laboriosos, complicados y difíciles de verificar en campo, a lo que se une el

Recibido: Julio 6, 2010

Aceptado: Abril 4, 2011

¹ Dpto. Ingeniería Agrícola, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" (UCLA). Barquisimeto. Venezuela. e-mail: asozzi@ucla.edu.ve

² Dpto. de Ingeniería Rural y Agroalimentaria, Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. España. e-mail: lval@dmta.upv.es

inconveniente expuesto por diversos investigadores (Derksen y Gray 1995; Salyani y Hoffmann, 1996) quienes reportan que no han logrado hallar una correlación entre los caudales de aire generados por el ventilador del equipo hidroneumático y la distribución y deposición de producto en el perfil del árbol. Esto se resume en lo expuesto por Balsari (2003), quien señala que cuando se aumenta el volumen de aire producido por el ventilador no se produce la correspondiente mejora en la calidad de la aplicación de plaguicidas.

Aunque es conocido que la función de la corriente de aire generada por el ventilador del equipo hidroneumático es la de transportar las gotas de agroquímico hasta su objetivo en el árbol (Matthews, 1979), se ha generalizado la idea de que mayores caudales de aire aseguran una mayor penetración y mejor distribución del producto, por lo que en los tratamientos con estos equipos es relativamente frecuente el uso de altos caudales de aire (Val, 1992; Balsari et al., 2005), especialmente en cítricos (Salyani et al., 2007). El empleo de elevados caudales de aire requiere un alto consumo energético en el accionamiento del ventilador, lo que unido a una inadecuada calibración, puede tener serias repercusiones sobre los costos de aplicación de los plaguicidas (Delele et al., 2005; Ortí et al., 2007).

Lo anterior demuestra la necesidad de que se lleven a cabo investigaciones sobre el uso de bajos caudales de aire, que además de ayudar a disminuir la deriva y pueden reducir los requerimientos de energía del ventilador del equipo hidroneumático (Salyani y Farooq, 2003).

El objetivo del presente trabajo fue el de determinar los caudales de aire, que en combinación con diferentes dosis de insecticida, se adaptan mejor para el control de una de las principales plagas de los cítricos, como lo es el piojo rojo de California en el naranjo dulce.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó entre los meses de marzo a julio del 2008, sobre una parcela cultivada con naranjo dulce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), ubicada en la Comunidad Valenciana, España (39°12'N; 0°21'W).

Los árboles con una edad de 8 años, se

encontraban en plena producción, con valores medios de 2,7 m de altura, 3,40 m de diámetro y 16,73 m³ de volumen de copa. La elección del área de la parcela se llevó a cabo siguiendo una serie de requerimientos como la existencia en años anteriores de ataques del piojo rojo de California (*A. aurantii*) que estuviese ubicada en una zona con tradición en el cultivo de cítricos y que fuese representativa de la zona, tomando en cuenta el tipo de plantación y manejo de la misma. Se prestó especial interés al marco de plantación (6 x 4 m), que permitiera la aplicación de agroquímicos con equipos de uso convencional (pulverizadores hidroneumáticos).

Para el ensayo se utilizó un tractor frutero John Deere, modelo 5510N, de 4 ruedas motrices, 61 kW de potencia en el motor, y un pulverizador hidroneumático Fede, modelo Futur 1.500, equipado con:

Ventilador de flujo axial, de 920 mm de diámetro, con 10 álabes de ángulo regulable colocados en posición media.

Boquillas de chorro cónico Teejet, modelo D3, (siete de 2 L·min⁻¹) y seis de 0,8 L·min⁻¹, alternas en dos arcos a cada lado del equipo.

El tractor y el equipo hidroneumático fueron sometidos a ensayos previos con el propósito de calibrarlos y determinar las regulaciones necesarias para lograr los gastos de agroquímico y caudales de aire que se emplearían en los diferentes tratamientos.

Los tratamientos consistieron en la aplicación de dos dosis del insecticida piriproxifen (producto comercial Juvinal), con un formulado de 10 % de sustancia activa (aplicado al 0,05 % de formulado en la mezcla), específicamente 2.113 y 3.132 L·ha⁻¹, combinados con dos caudales de aire de 65.124 y 82.008 m³·h⁻¹, además de un tratamiento testigo. En el Cuadro 1 se muestran los ajustes que se hicieron al tractor y equipo hidroneumático para lograr la aplicación de los caudales de aire y las dosis de insecticida que conformaron cada tratamiento.

En todo momento se mantuvo una presión de trabajo del sistema de 14 bar (~203 psi), un régimen de giro del motor de 1.950 rpm, y un régimen de giro de la toma de fuerza de 530 rpm.

Se utilizó un diseño en bloques al azar con cinco tratamientos (2 caudales de aire + 2 dosis de insecticida + 1 testigo) dispuestos en seis bloques para un total de 30 unidades

experimentales. Las evaluaciones de la presencia del insecto se realizaron sobre dos tipos de ramas: joven y vieja. Se entendió por rama joven aquella formada durante el año en que se ejecutó el ensayo, y rama vieja aquella formada durante el año anterior. Muestreos previos a la aplicación de los tratamientos indicaron una mayor existencia de la plaga en la zona central de la parcela, con una distribución muy uniforme en el sentido de norte a

sur, y niveles de infestación que variaban aproximadamente, entre 10 y 40% para ramas jóvenes, y entre 35 y 70 % para ramas viejas. A partir de esta información se delimitaron los bloques dentro del área de ensayo y se realizó la asignación de los tratamientos de forma aleatoria dentro de cada bloque. Cada unidad experimental estuvo conformada por 21 árboles, distribuidos en tres hileras de siete árboles cada una.

Cuadro 1. Ajustes realizados al tractor y equipo hidroneumático, y combinaciones obtenidas de caudal de aire y dosis de insecticida

Identificación de los tratamientos	Ajustes al tractor y equipo			Tratamientos (Caudal de aire + dosis de insecticida)	
	Marcha del tractor	Velocidad de avance (km·h ⁻¹)	Marcha del ventilador	Caudal de aire (m ³ ·h ⁻¹)	Dosis de insecticida (L·ha ⁻¹)
2 A	2 ^a corta	2,52	II (liebre)	82.008	2.113
2 B	2 ^a corta	2,52	I (tortuga)	65.124	2.113
3 A	1 ^a corta	1,7	II (liebre)	82.008	3.132
3 B	1 ^a corta	1,7	I (tortuga)	65.124	3.132
T	-	-	-	0	0

Dieciséis días después de la aplicación de los tratamientos se cortaron al azar diez segmentos de ramas de 30 cm de longitud de los tres árboles centrales de cada unidad experimental, tanto para ramas jóvenes como ramas viejas (600 muestras en total), y con la ayuda de un estereoscopio se realizó el conteo del número de individuos vivos del insecto.

El conteo de insectos en frutos se realizó directamente sobre los árboles, 63 días después de la aplicación de los tratamientos, con la ayuda de una lupa de mano. Se muestrearon las cuatro caras de los tres árboles centrales de cada unidad experimental, a diferentes alturas y profundidades del follaje, así como las caras internas de los árboles de las hileras laterales. Se colectaron 11 frutos por cara para un total de 198 frutos por unidad experimental.

El nivel de infestación se determinó a través de la escala de valoración que se presenta en el Cuadro 2.

En el caso de los frutos, el nivel de infestación se transformó a porcentaje de infestación mediante la siguiente fórmula (Towsend y Heuberger, 1943):

$$\text{Infestación (\%)} = \frac{(\text{Nivel infest.} * \text{N}^\circ \text{ de frutos/nivel}) * 100}{\text{Máx nivel infest.} * \text{Total frutos}}$$

Para la evaluación de los resultados se empleó el análisis de varianza y prueba de medias de

Duncan, mediante el programa Statgraphics Plus 4.1. Para los análisis de los porcentajes de infestación en frutos se aplicó la transformación angular de los datos, con el propósito de disminuir la heterocedasticidad presente en dichas muestras.

Cuadro 2. Escala para la determinación de los niveles de infestación en cítricos (RVFC, 2008)

Nº de individuos		Nivel de infestación
por rama	por fruto	
0	0	0
1-3	1-3	1
4-30	4-10	2
> 30	11-30	3
--	31-100	4
--	> 100	5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de individuos vivos de *A. aurantii* que permaneció en las ramas (jóvenes + viejas) de los tratamientos con insecticida fue menor ($P \leq 0,05$) que en las ramas que conformaron el tratamiento testigo (Cuadro 3), lo que reafirma la acción insecticida del piriproxifen sobre esta plaga. Y entre ellos, el tratamiento 2B mostró el mejor resultado mientras que el 3A presentó la menor eficiencia contra la plaga.

En las ramas jóvenes se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0,01$) entre el testigo y los tratamientos con insecticida (Cuadro 3). En este caso no existieron diferencias significativas entre los tratamientos con insecticida, aunque la tendencia señaló nuevamente al tratamiento 2B como el más recomendable.

Al analizar el efecto de los tratamientos sobre las ramas viejas (Cuadro 3) se encontraron resultados similares a los presentados en el análisis sin discriminar por edad de la rama

(jóvenes+viejas), en los que el tratamiento 2B resultó ser el mejor ($P \leq 0,05$), pero en esta oportunidad compartió jerarquía con el 3B, es decir, el otro tratamiento en que se empleó menor caudal de aire. Los tratamientos donde se empleó mayor caudal de aire (2A y 3A) se comportaron igual al testigo ($P > 0,05$). Esto permite señalar que los mejores tratamientos fueron aquellos en los que se utilizó menor caudal de aire, y entre ellos, se favorece al 2B ya que involucra el uso de menor cantidad de producto insecticida.

Cuadro 3. Valores medios de número de individuos vivos y porcentaje de infestación sobre ramas y frutos respectivamente, según el tipo de tratamiento

Tratamiento	Valores medios de individuos vivos por rama			Infestación en fruto (%)
	Joven+vieja	Joven	Vieja	
2B	0,81 a	0,22 a	1,40 a	7,9 a
3B	1,20 ab	0,35 a	2,05 a	6,2 a
2A	1,49 ab	0,45 a	2,53 ab	7,1 a
3A	1,98 bc	0,45 a	3,52 ab	7,6 a
T	2,87 c	1,13 b	4,60 b	8,0 a
Probabilidad	0,002	0,004	0,036	0,906
CV (%)	12,82	12,96	7,66	15,76

Valores en columnas con letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

En forma global, el número de individuos encontrados vivos en las ramas viejas ($2,82 \pm 1,90$) fue mayor ($P \leq 0,001$) que en las ramas jóvenes ($0,52 \pm 0,49$), manteniéndose la misma tendencia observada en los muestreos previos a la aplicación de los tratamientos.

El muestreo del insecto sobre frutos no mostró diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los tratamientos (Cuadro 3). No obstante, el análisis determinó la existencia de diferencias significativas entre bloques ($P \leq 0,05$), lo que confirma la distribución de forma focalizada de la plaga, algo que es característico de esta especie. No se propone una explicación clara al hecho de no haberse encontrado diferencias significativas entre los tratamientos; sin embargo, en parte, podría ser consecuencia de la alta variabilidad encontrada dentro de cada tratamiento (datos no mostrados), así como al hecho de que el muestreo se llevó a cabo cuando los frutos aún estaban pequeños, en sus primeras fases de desarrollo, y que la plaga posiblemente se encontrase en las fases iniciales para la colonización del fruto.

Considerando el efecto de los tratamientos sobre la permanencia de los insecto en las ramas, los resultados demuestran que, en general, el

mejor tratamiento para el control de la plaga fue el 2B, es decir, el de menor caudal de aire ($65.124 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) y menor gasto de mezcla insecticida ($2.113 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$). El mismo resultó muy superior al tratamiento 3A en lo referente al aspecto económico (debido al menor gasto energético y menor gasto de mezcla insecticida) y al aspecto ambiental (debido a la menor quema de combustible, empleo de materia activa y deriva gracias al relativamente bajo caudal de aire utilizado), y fue tanto o más eficaz que el uso de mayores volúmenes de mezcla insecticida o caudales de aire. Lo anterior coincide con lo señalado por Durbá y García (2006), quienes concluyeron que no se aumenta la eficacia utilizando volúmenes de mezcla con piriproxifen superiores a los $2.000 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$, y recomiendan el uso de equipos hidroneumáticos para las aplicaciones de agroquímicos en los cítricos.

Ortí et al. (2007) determinaron que el aumento del volumen de aplicación tiene una repercusión mínima en la potencia requerida en la toma de fuerza del tractor, tal que al aumentar el volumen de aplicación de 1.000 a $3.000 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ se supone sólo un incremento de sólo $1,0$ a $1,2 \text{ kW}$, mientras que el incremento de potencia que se produce al

aumentar el caudal de aire de 61.000 a 73.000 $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ es de 17,3 a 18,1 kW, lo que significaría un incremento de 50 a 55 % en el consumo de combustible. Estos resultados aplicados a las diferencias entre los caudales de aire ensayados en nuestro trabajo, significan incrementos en costo mucho mayores, ya que las diferencias entre los caudales de aire ensayados son de unos 17.000 $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, frente a los 12.000 $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ del estudio de Ortí et al. (2007). De esta manera, el tratamiento 2B, además de su efecto positivo ya observado sobre el control del insecto, resultaría ser el tratamiento que menor consumo de combustible, con diferencias mínimas frente al tratamiento 3B, pero máximas sobre los tratamientos 2A y 3A.

Adicionalmente al ahorro que implica el reducir el consumo de potencia, se debe tener en cuenta que al reducir la dosis de 3.132 a 2.113 $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$, se genera un ahorro de 0,5 $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ del producto comercial, lo que debe tener una repercusión positiva en los costos de producción, sobre todo cuando se trabaja con grandes superficies.

Estos resultados deben ser tenidos en cuenta a la hora de la adquisición de equipos hidroneumáticos para aplicación de agroquímicos en cítricos, ya que el criterio generalizado de que mayores caudales de aire son lo más recomendable para un control efectivo de plagas, ha propiciado un mayor gasto por parte del agricultor, quien tiende a seleccionar tractores de alta potencia con equipos hidroneumáticos que puedan generar altos caudales de aire.

CONCLUSIONES

El aumento del caudal de aire y la dosis de insecticida, entre los límites evaluados, afectaron negativamente la eficiencia del producto para el control de la plaga

Desde los puntos de vista económico y ambiental, es más aconsejable la aplicación de un volumen de mezcla de piriproxifen al 0,05% de 2.100 $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ en combinación con un caudal de aire de 65.000 $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ para el control de *A. aurantii* en huertos de naranja.

LITERATURA CITADA

1. Balsari, P. 2003. Developments in improving pesticide application in Italian vineyards. *In*:

Penn Yan (ed.). Viticulture. Vine and Grape Foundation. New York. pp. 128-136.

2. Balsari, P., P. Marucco y M. Tamagnone. 2005. Adjustment of an air assisted sprayer in a peach orchard to optimise applications against oriental fruit moth (*Cydia molesta*). Proceedings of the 8° Workshop on Spray Application Techniques in Fruit Growing. Barcelona. pp. 187-193.

3. Delele, M., A. De Moor, B. Sonck, H. Ramon, B. Nicolai y P. Verboven. 2005. Modelling and validation of the air flow generated by a cross flow air sprayer as affected by travel speed and fan speed. Biosystems Engineering 92(2): 165-174.

4. Derksen, R. y R.L. Gray. 1995. Deposition and air speed patterns of air-carrier apple orchard sprayers. Transactions of the ASAE 38(1): 5-11.

5. Durbá, J. y F. García. 2006. Posibilidades de mejora del control químico del piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* (Hemiptera: Diaspididae). Levante Agrícola III: 297-302.

6. Matthews, G. 1979. Métodos para la aplicación de pesticidas. Continental. México DF.

7. Ortí, E., M. Val, J. Molina y E. De Miquel. 2007. Variaciones en el coste de aplicación de productos fitosanitarios relacionadas con la regulación del pulverizador hidroneumático. Actas IV Congreso Nacional y I Ibérico de Agroingeniería. Albacete, España. pp. 155-156.

8. RVFC (Red de Vigilancia Fitosanitaria de Cítricos). 2008. Escala de valoración del Nivel Poblacional en los órganos muestreados. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación. Valencia. <http://www.agricultura.gva.es/rvfc/index.htm> (consulta del 4/3/2008).

9. Salyani, M. y W. Hoffmann. 1996. Air and spray distribution from an air-carrier sprayer. Transactions of the ASAE 12(5): 539-545.

10. Salyani, M. y M. Farooq. 2003. Sprayer air energy demand for satisfactory spray coverage

- in citrus applications. Proc. Fla. State Hort. Soc. 116: 298-304.
11. Salyani, M., N. Pai y R. Sweeb. 2007. On-the-go changing of sprayer airflow based on tree foliage density. Proceedings of the 9º Workshop on Spray Application Techniques in Fruit Growing. Alnarp, Sweden. pp. 63-64.
12. Townsend, G. y J. Heuberger. 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. Plant Dis. Rep. 24: 340-343.
13. Val, L. 1992. La mecanización de los tratamientos fitosanitarios. Rev. Hortofruticultura 11: 23-56.