

Eficacia técnica de la aplicación de fitosanitarios con cañón atomizador

Resultado de los ensayos realizados en cultivos bajo plásticos en El Ejido (Almería)

Los productos fitosanitarios han tenido un rápido desarrollo durante los últimos años. Pero las técnicas de aplicación han evolucionado de un modo más lento. La técnica de aplicación más utilizada en cultivos en invernadero es la pulverización (64,5%) y, dentro de ésta, la pulverización hidráulica (Agüera, 1996). El desarrollo más notable de estos equipos ha sido la incorporación de la asistencia de aire, para lograr una mejor distribución del producto y una notable reducción de los costes de realización del tratamiento, constituyéndose así los sistemas de pulverización hidroneumáticos. Estos sistemas se introdujeron en los cultivos leñosos y, más recientemente, en los cultivos hortícolas (Barrufet, 1993).

Los cultivos bajo plástico de Almería cada vez más tienden a incorporar nuevas tecnologías. Dentro de éstas, podemos destacar la incorporación de nuevos sistemas de aplicación, tales como son los pulverizadores hidroneumáticos tipo cañón atomizador (Bernat y Gil, 1994). En función de la rápida implantación que están teniendo estos equipos, se hace necesario conocer la eficiencia en la distribución de productos fitosanitarios y la contaminación provocada sobre el suelo, en aplicaciones con

Resultados del ensayo para evaluar la eficacia técnica de la distribución de fitosanitarios cuando se aplica con un equipo de pulverización hidroneumática tipo cañón atomizador sobre un cultivo tutorado de porte alto simulado.

E. Garzón¹, L. López¹, J. Sánchez-Hermosilla¹, P. Barranco², I. Agüera² y T. Cabello².

¹ Departamento de Ingeniería Rural. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.

² Departamento de Biología Aplicada. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.

cañón atomizador sobre cultivos en invernadero.

2. Material y métodos

Este ensayo se realizó en marzo de 1999 sobre un cultivo simulado situado en un invernadero comercial de raspa y amagado de estructura metálica (perfiles de acero galvanizado). El material de cubierta era polietileno tri-

capa térmico de tres campañas, dotado de una manta térmica de polietileno normal colocada a unos 2,15 m. Poseía también una ventilación lateral corrida a lo largo de todo el perímetro del mismo.

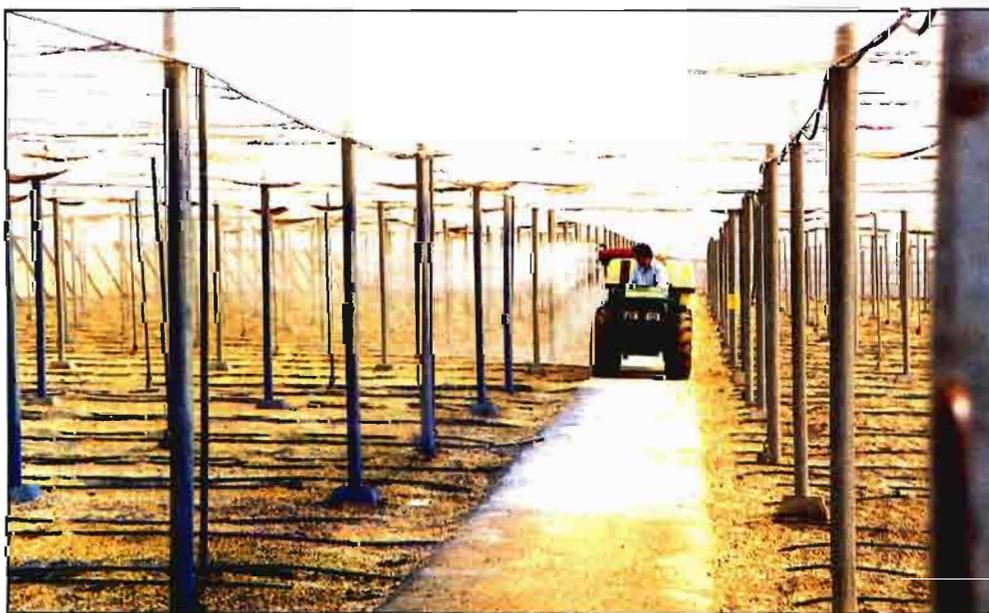
El invernadero tenía una orientación E-O, con una superficie total de 13.000 m². La altura de la raspa era de 4 metros y la del amagado de 3 m. Estaba dividido por tres pasillos de 2,58 m cada uno.

La simulación se realizó sobre tres filas que simulaban un cultivo tutorado alto, dotado de 8 plantas por fila. Para ello se emplearon tres rafias a distintas alturas: una a 170 cm (parte alta), otra a 115 cm (parte media) y a 50 cm (parte baja), separadas 4,2 m. Para simular el cultivo se emplearon 8 muestras de papel satinado por cada rafia, sujeto a éstas mediante clips. Estas muestras estaban plegadas en dos, una como haz y otra como envés, de forma que el haz quedaba en la zona expuesta al tratamiento y el envés, en la opuesta.

Para el suelo se emplearon 4 muestras de papel satinado colocadas sobre porta-objetos, de forma que dos de ellas se colocaban en la zona enfrentada al tratamiento como haz cerca (hc), a 5 cm de la proyección vertical de la planta simulada, y haz lejos (hl), a 50 cm de la muestra anterior. Las otras dos se colocan de igual forma, sólo que en la parte no expuesta como envés cerca (ec) y envés lejos (el).

El equipo de tratamiento empleado para el ensayo fue un cañón atomizador accionado por la toma de fuerza de un tractor de 52 kW. Para la realización del tratamiento el tractor llevaba la primera marcha corta a 2.500 rpm. El cañón está dotado de un depósito de 400 litros, fabricado en poliéster sobre chasis de acero conformado en frío, con un sistema de agitación hidráulica. Presenta, además, una bomba constituida por 3 pistones de alta presión que, para la presión de trabajo de 20 bares y con una velocidad de giro de su eje de 540 rpm, proporciona un caudal de 70 l/min. Dotado a su vez de un ventilador de tipo radial con embrague centrífugo y caja multiplicadora con posición neutral, que genera un caudal de 12.500 m³/h. Va equipado con 6 boquillas cerámicas.

La realización del tratamiento se hizo tal y como normalmente se realizan los tratamien-



Aplicación de fitosanitarios con cañón atomizador dentro de un invernadero de Almería.

tos con cañón, es decir, desde el pasillo y las tres filas seguidas, para lo cual se empleó un tiempo de 13 s y un gasto de 15 litros. La presión de trabajo empleada fue de 20 bares, la altura del cañón durante el tratamiento fue de 180 cm y la temperatura en el interior del invernadero, de 27 °C.

Para el estudio de la distribución de la pulverización se empleó un método colorimétrico con azul de metileno, a una concentración de 1,5 g/l, adicionando 1 cm³/l de mojante.

El recuento de la distribución se realizó con un analizador de imagen, el cual digitalizó de cada muestra de la zona del cultivo 4 submuestras de 1 cm², 2 de la parte del haz y 2 de la parte del envés. Para las muestras del suelo se tomaron dos submuestras de 1 cm². Para la captura de las imágenes se empleó el programa Matrox Rainbow Runner. Las imágenes se archivaron. Posteriormente, de cada imagen se cogió una submuestra de 0,75 x 0,75 y se le aplicó un filtro para eliminar las sombras con el programa Corel Photo-Paint 8.0. Una vez realizado esto, se procedió al recuento de la distribución de la pulverización con el programa Image Tool 2.0, que mide el número de gotas, el área y el diámetro de cada gota.

3. Resultados y discusión

De los resultados obtenidos para la zona de cultivo y suelo destacan los siguientes, en función de los parámetros analizados. (Nota: los datos fueron transformados para un mejor ajuste de los residuos a la distribución normal que permitió una correcta aplicación del análisis de la varianza).

a) Número de impactos.

El número medio de impactos por cm² para las diferentes filas se presenta en el **cuadro I**, donde se puede apreciar que la fila 1 es la que más impactos recibe, seguida de la fila 3 y, en último lugar, la fila 2. Esta tendencia se mantiene para las dos posiciones de envés y haz. Aunque, según el análisis de la varianza, estos efectos no fueron significativos a $p < 0,01$, por ello, se establece un mismo grupo entre las tres filas. Sin embargo, en el suelo se puede

CUADRO I. EL NÚMERO MEDIO DE IMPACTOS POR CM², SEGÚN FILA EN CULTIVO Y SUELO, ALTURA DE MUESTRA EN CULTIVO, DISTANCIA A LA FILA DE PLANTAS EN EL SUELO Y POSICIÓN DENTRO DE LA FILA DE PLANTAS EN CULTIVO Y SUELO

VARIABLE			Número medio de impactos por cm ² de superficie (*)	
			ENVÉS	HAZ
SUELO	DISTANCIA A LA FILA DE PLANTAS	CERCA (5 cm)	139,94 a	135,02 a
		LEJOS (55 cm)	171,87 b	147,37 a
	FILA	1	137,35 a	113,63 a
		2	137,82 a	132,94 b
		3	194,82 b	180,90 c
	POSICIÓN DENTRO DE LA FILA	1	31,47 a	22,84 a
		2	141,61 b	142,56 bcd
		3	178,48 bc	170,82 d
		4	161,79 b	156,5 cd
		5	143,28 b	112,06 b
CULTIVO SIMULADO	ALTURA	ALTA	38,81 a	36,36 a
		MEDIA	52,99 ab	41,86 a
		BAJA	102,21 b	163,84 b
FILA	1	73,96 a	85,74 a	
	2	43,16 a	52,41 a	
	3	71,74 a	77,26 a	
POSICIÓN DENTRO DE LA FILA	1	73,78 abc	50,55 a	
	2	34,22 a	60,68 a	
	3	26,83 a	65,93 a	
	4	33,06 a	62,25 a	
	5	46,24 ab	71,91 a	
	6	61,46 abc	64 a	
	7	136,18 c b	100 a	
	8	128,36 bc	101,4 a	

(*) Valores seguidos de distinta letra muestran diferencias altamente significativas, y de la misma letra no muestran diferencias a ($P < 0,01$).

apreciar que el número de impactos en el envés fue de: fila 3 (194,32), fila 2 y fila 1 (137,8) y en el haz: fila 3 (180,9), fila 2 (132,94) y 113,63 la fila 1, siendo estas diferencias significativas. Por ello, se establecen varios grupos, entre los cuales hay grandes diferencias, lo que indica una falta de uniformidad en los tratamientos entre filas. Aunque para el caso del suelo esta uniformidad no nos interesa.

También se representa el número medio de impactos por cm² para las diferentes alturas del cultivo simulado, observándose que en las zonas altas y medias se forman gotas de mayor tamaño, que se solapan unas con otras, formando manchas que, al ser medidas con el programa informático, son consideradas como una única gota. Por el contrario, en la parte baja caen gotas más pequeñas que no se solapan, por ello, el programa es capaz de contar un mayor número de impactos. Tras realizar el análisis de la varianza, se observó un efecto significativo entre las tres alturas en el número

de impactos para $P < 0,01$ en las posiciones de envés y haz. Aunque las diferencias entre envés/haz fueron prácticamente inapreciables.

Este resultado no coincide con el obtenido en el ensayo con equipo tipo carretilla sobre cultivo simulado, ya que aquí el mayor número de gotas se presentaba en la parte media del cultivo, si bien este equipo no era de pulverización hidroneumática (Garzón *et al.*, 2000). Sin embargo, Soriano *et al.*, (1992) encontraron que la parte que mayor número de impactos recibe es el haz, para el tratamiento de olivos de variedad Picual. A su vez, en el suelo se representa la variación de este parámetro a distintas distancias a la planta. Observando que las zonas que presentaron un mayor número de impactos son las más alejadas del envés y del haz, siendo las diferencias sólo significativas para el envés.

En cuanto a la influencia de la posición de la muestra dentro de cada fila, en el número medio de impactos por cm², se presenta en **cuadro I**. Se observa que en el envés las 8 muestras se pueden agrupar en 5 grupos, siendo las más alejadas las que reciben un mayor número de gotas. Sin embargo, en el haz las diferencias entre muestras son inexistentes, lo que indica que

el tratamiento es relativamente uniforme en lo que se refiere a distancia al pasillo, al menos a la distancia ensayada. Además, se ve que el número de gotas por centímetro cuadrado ha estado por encima de las 20-30 gotas recomendadas por Santa Cruz, 1992, para productos sistémicos.

De la misma forma, en el suelo se observó un efecto significativo entre las 8 muestras en el número de impactos, siendo la muestra 1 y las 7 y 8 las que reciben el menor y el mayor número de impactos respectivamente, tanto en el envés como en el haz. En este punto, hay que tener en consideración que la primera muestra es la que está más cerca del equipo hidroneumático, recibiendo las gotas en forma de chorreones, que el programa cuenta como una única gota. Al ir alejándonos del pasillo central este efecto va disminuyendo, alcanzando las muestras finales el mayor número de impactos.

Al llegar a esta situación, si se compara el

número de impactos que recibe el cultivo simulado y el suelo, se observa que este último recibe una proporción de gotas algo mayor. No obstante, esta menor proporción de impactos en el cultivo puede estar motivada por el efecto ya discutido de que algunas gotas son el resultado de múltiples impactos.

b) Diámetro aritmético medio

El diámetro aritmético medio expresado en μm según la fila de cultivo se presenta en el **cuadro II**, donde se observa que la fila 2 recibe las gotas de mayor tamaño, y estas diferencias son significativas tanto en el envés como para el haz a $p < 0,01$. El mayor tamaño de las gotas de la fila 2 tiene una relación directa con la mayor superficie cubierta que experimenta esta fila. También, se aprecian diferencias importantes en el diámetro aritmético medio entre las diferentes alturas, siendo la parte baja la que recibe las gotas con el menor diámetro aritmético medio. Este efecto se debe a la altura del cañón (1,8 m), que hace que a la zona alta y media las gotas lleguen en forma de chorreones, produciendo gotas de gran tamaño que son el resultado de múltiples impactos. Sin embargo, a la parte baja llega de una forma indirecta, disminuyendo, por tanto, el diámetro que registra el programa.

En el suelo se ve que las filas 2 y 1 del envés y haz son las que reciben las gotas de mayor diámetro. Estas filas son precisamente las que cubren un mayor Porcentaje de Superficie Cubierta (PSC) y registran el menor número de impactos. Asimismo, se observa que las diferencias entre las posiciones del envés cerca/lejos y haz cerca/lejos no son significativas a $p < 0,01$. Aunque el haz recibe lógicamente las gotas de mayor tamaño.

De la misma forma, se ve que las diferencias de tamaño entre las distintas muestras dentro de cada fila no son significativas a $p < 0,01$. Esto indica que los tamaños de las gotas se distribuyen de manera uniforme a lo largo de la fila. En este sentido, es de desta-

CUADRO II. EL DIÁMETRO ARITMÉTICO MEDIO DE LAS GOTAS EXPRESADO EN MM, SEGÚN FILA EN CULTIVO Y SUELO, ALTURA DE MUESTRA EN CULTIVO, DISTANCIA A LA FILA DE PLANTAS EN EL SUELO Y POSICIÓN DENTRO DE LA FILA DE PLANTAS EN CULTIVO Y SUELO.

VARIABLE			Número medio de impactos por cm^2 de superficie (*)	
			ENVÉS	HAZ
SUELO	DISTANCIA A LA FILA DE PLANTAS	CERCA (5 cm)	320,62 a	348,33 a
		LEJOS (55 cm)	285,75 a	355,63 a
	FILA	1	336,51 b	416,86 b
		2	337,28 b	354,81 ab
		3	244,90 a	294,44 a
	POSICIÓN DENTRO DE LA FILA	1	594,29 b	1291,21 b
		2	329,60 a	328,09 a
		3	287,07 a	284,46 a
		4	298,53 a	332,65 a
		5	282,48 a	318,41 a
		6	260,61 a	298,53 a
		7	248,31 a	250,44 a
8		231,73 a	240,99 a	
CULTIVO SIMULADO	ALTURA	ALTA	986,27 b	950,5 b
		MEDIA	687,06 b	790,67 b
		BAJA	186,53 a	209,89 a
	FILA	1	365,59 a	432,51 a
		2	845,27 b	937,56 b
		3	409,26 ab	389,04 a
	POSICIÓN DENTRO DE LA FILA	1	620,86 a	550,80 a
		2	502,34 a	690,23 a
		3	562,34 a	642,68 a
		4	620,86 a	553,35 a
		5	510,50 a	534,56 a
		6	601,17 a	711,21 a
7		353,99 a	400,86 a	
8		341,19 a	353,18 a	

(*) Valores seguidos de distinta letra muestran diferencias altamente significativas, y de la misma letra no muestran diferencias a ($P < 0,01$).

car que las diferencias entre el envés y el haz son prácticamente inexistentes. Sin embargo, en el suelo se observa que la muestra primera

es la que registra las gotas de mayor diámetro, siendo estas diferencias significativas a $p < 0,01$. Aunque las otras muestras se agrupan dentro del mismo grupo, se observa que las muestras más alejadas reciben las gotas más pequeñas.

En este punto, si comparamos el tamaño de las gotas que recibe el suelo y el cultivo simulado, se ve que el primero recibe las gotas de menor diámetro. Esto está relacionado con la posición de las boquillas en el cañón. Igualmente, si se compara con los diámetros obtenidos en los ensayos realizados con carretilla, se ve que sólo la parte baja en el ensayo realizado con cañón recibe las gotas de tamaño similar al producido por las diferentes pistolas del sistema tipo carretilla (Garzón *et al.*, 2000). Las zonas alta y media registran gotas con diámetros aritméticos medios muchísimo mayores. Estando el tamaño de las gotas en estas zonas por encima de las recomendaciones hechas por Matthews, 1985 (300 mm) y Salyani, 1987 (340 mm), para conseguir la máxima eficacia en cultivo extensivo y muy lejos de los 100 mm con los que Linkuist, Powell y Hall, 1993, prevén que se va a producir una buena penetración en áreas de cultivo en invernadero. Además, se produce un intervalo

de diámetros demasiado grande, que produce la caída de caldo al suelo (Matthews, 1975, y Marquéz, 1989).

c) Superficie cubierta

La distribución porcentual de la superficie media cubierta por cm^2 (PSC), para las diferentes filas del cultivo, se presenta en el **cuadro III**, donde se observa que la fila que más superficie media cubierta presenta fue la fila 2, tanto en el envés como para el haz. La fila 2 aparece con más superficie cubierta, debido a que se sitúa en el centro de la zona de tratamiento. Por lo que, al realizar la aplicación de forma continuada, es decir, desde la fila 1 a la fila 3, la fila que mayor tiempo es tratada es la fila 2, por tener una mayor zona de solape entre la fila 1 y la



Primer plano del cañón atomizador empleado en los ensayos.

fila 3. A pesar de esto, las diferencias entre las tres filas, como ya se ha comentado, son pequeñas.

En el suelo, se observa que las filas que mayor superficie media cubierta presentan son la 2 (26,05) y la 1 (23,37) del envés, y la fila 1 (25,93) y 2 (23,33) del haz. Según el análisis de la varianza, se observaron diferencias significativas entre las filas en la superficie media cubierta a $p < 0,01$. Por tanto, existe la correlación de que a menor número de impactos se va a registrar una mayor superficie cubierta en esa fila. Por ello, se ve que la fila 3 es la que recibe la menor cantidad de caldo. No obstante, se observa que en estas muestras cae menos cantidad de producto, aunque estas diferencias no son muy grandes y reflejan que una proporción importante de la materia activa se deposita en el suelo, contaminando el medio ambiente en el que se desarrollan los cultivos.

Se aprecian valores de superficie media cubierta bastantes más elevados que los obtenidos con el equipo tipo carretilla (Garzón *et al.*, 2000). Esto es debido a que el cañón hidroneumático gasta mucho más producto en la realización del ensayo. Además, las diferencias entre envés y haz se hacen prácticamente inexistentes.

También, se ha estudiado la distribución porcentual de la superficie media cubierta por cm^2 para las diferentes alturas (cuadro III), observándose que las zonas con mayor PSC son la parte alta y la media. Y la que menos superficie cubre es la baja.

Tras realizar el análisis de la varianza, se observó un efecto significativo para las tres alturas en la superficie media cubierta, estableciéndose dos grupos (envés/haz), entre los cuales, como se puede observar, sí existen grandes diferencias entre sus medias. La razón por la cual las zonas alta y media son las que mayor superficie cubierta presentan, se debe a que el cañón atomizador realiza el tratamiento a una altura de 180 cm, por lo que la zona más expuesta es la parte alta. Esta razón explica también la escasa dosificación que recibe la parte baja, en comparación con la que registran las zonas media y alta, puesto que entre estas dos últimas, tal y como se aprecia en el cuadro, apenas hay diferencias. Este re-

CUADRO III. PORCENTAJE DE SUPERFICIE CUBIERTA, SEGÚN FILA EN CULTIVO Y SUELO, ALTURA DE MUESTRA EN CULTIVO, DISTANCIA A LA FILA DE PLANTAS EN EL SUELO Y POSICIÓN DENTRO DE LA FILA DE PLANTAS EN CULTIVO Y SUELO.

VARIABLE			Número medio de impactos por cm^2 de superficie (*)	
			ENVÉS	HAZ
SUELO	DISTANCIA A LA FILA DE PLANTAS	CERCA (5 cm)	22,62 a	23,21 a
		LEJOS (55 cm)	23,81 a	24,17 a
	FILA	1	23,57 ab	25,93 b
		2	26,05 b	23,33 ab
		3	20,37 a	22,04 a
	POSICIÓN DENTRO DE LA FILA	1	64,59 d	61,74 e
		2	33,08 c	37,25 d
		3	23,69 b	22,62 c
		4	18,78 bc	21,03 bc
		5	13,74 a	14,60 a
6		12,91 a	14,08 a	
7		16,89 ab	17,08 ab	
8		22,39 b	19,94 bc	
CULTIVO SIMULADO	ALTURA	ALTA	56,13 b	58,03 b
		MEDIA	52,49 b	53,6 b
		BAJA	5,88 a	10,61 a
	FILA	1	26,44 a	33,86 ab
		2	36,75 b	42,18 b
		3	26,44 a	29,06 a
	POSICIÓN DENTRO DE LA FILA	1	29,98 ab	30,27 a
		2	28,17 ab	38,61 a
		3	23,88 a	41,99 a
		4	29 ab	30,84 a
		5	25,80 ab	29,70 a
		6	34,01 ab	33,24 a
		7	34,64 ab	33,24 a
		8	38,44 b	41,44 a

(*) Valores seguidos de distinta letra muestran diferencias altamente significativas, y de la misma letra no muestran diferencias a ($P < 0,01$).

sultado denota una falta de uniformidad entre las distintas alturas, por lo que este sistema requiere una mejora que permita una mayor dosificación en la parte baja. En este sentido, Planas y Fillat, 1991, encontraron que las deposiciones obtenidas en el interior de los árboles eran bastante más reducidas.

En cuanto al suelo, se observa que las zonas que más superficie media cubierta presentan, tanto en el envés como del haz, son las más alejadas, aunque estas diferencias no fueron significativas. Estos resultados presentan el inconveniente de que al simular el cultivo hace que se registren una mayor cantidad de producto en las diferentes distancias muestreadas, sobre todo en las posiciones de envés-lejos, envés-cerca y haz-cerca, debido a que no se ejercen los efectos de pantalla y sombreado por parte del cultivo. No obstante, una proporción alta de estas pérdidas son originadas principalmente por la acción directa del ventilador (Planas y Fillat, 1991). Estos re-

sultados de cara a la contaminación ambiental no son nada buenos, pero si se consideran las muestras de suelo como de cultivo rastrero, nos indicarían una gran uniformidad en el tratamiento.

Para las 8 muestras que constituían el ensayo se observó, tras realizar el análisis de la varianza, un efecto significativo en la superficie media cubierta del envés para $p < 0,01$, pudiéndose establecer tres grupos entre los que se observan pequeñas diferencias, como se representa en el cuadro III. Por el contrario, en el haz, las diferencias entre muestras fueron inapreciables. Esto indica que la dosis que recibe el cultivo no disminuye con la distancia, al menos para la distancia de tratamiento ensayada (5,75 m). Ésta es otra variable que afecta al cañón, pero que no afecta al sistema tipo carretilla, pues en éste es el operario quien se mueve a través del cultivo realizando la aplicación. En este caso, tal como se explicó en la metodología, el cañón se desplaza por el pasillo, por ello, era predecible que la dosis sería menor para las plantas más alejadas de éste, pero para la distancia muestreada en este ensayo no se observó esta situación, ya que no era muy grande.

En el suelo, para esta variable, tras realizar el análisis de la varianza se observaron diferencias significativas en el PSC para $p < 0,01$, observándose que, conforme nos alejamos del pasillo, la cantidad de caldo que cae al suelo es menor. Este resultado nos confirma que a distancias mayores del pasillo central se produce una disminución en la dosis aplicada por el cañón, aunque en las muestras de cultivo no se apreció este efecto.

Los resultados obtenidos para la parte correspondiente al cultivo con cañón atomizador indican una falta de uniformidad en la aplicación muy acusada en lo que respecta a las distintas alturas, siendo casi inexistentes las diferencias entre envés/haz. Este resultado se debe a que, al realizar el tratamiento de forma continuada, la parte del envés de los papeles, una vez que se trata con el cañón, pasa a la zona del haz. Es decir, cuando termina de tratar una fila, al no cesar de tratar, la parte de espaldas de esa fila que corresponde a la zona del envés se encuentra en ese mismo momen-

to en la misma situación que se encontraba el haz. Por ello, se dosifica tanto y no se aprecian diferencias entre el envés y el haz. Pero, esta situación, si se hubiera realizado el ensayo sobre cultivo real, no hubiera sido así seguramente, ya que el cultivo ejerce un efecto pantalla. Por tanto, el valor del envés sería menor que cuando se realiza con cultivo simulado. Aunque sí se cumple que se dosificaría más el envés que si se realizase el tratamiento con sistema fijo, debido a que el cañón atomizador trata con mayor volumen de producto y a que la corriente de aire que genera el ventilador del cañón favorece la penetración del producto en la masa del cultivo y, por tanto, en el envés.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Soriano *et al.* (1992), que encontró que el haz era la zona que mayor dosis de producto captaba. En este sentido, Planas, en 1997, estableció que existía una falta de uniformidad en los tratamientos realizados con equipos hidroneumáticos sobre cultivos frutales.

d) Homogeneidad.

La homogeneidad expresada en tanto por ciento, para las diferentes filas del cultivo se presenta en el **cuadro IV**. Observándose que la fila 2 es la que presenta una homogeneidad mayor tanto en el envés como para el haz, aunque estas diferencias no han sido significativas a $p < 0,01$. Sin embargo, en el suelo se ve que las diferencias entre filas han sido inapreciables en el envés y significativas para el haz, donde la fila 3 ha registrado la distribución menos homogénea.

De la misma forma, se ha visto que las diferencias entre alturas son prácticamente inexistentes. No obstante, se registraron importantes diferencias entre las muestras dentro de cada fila en el envés, siendo las más alejadas del pasillo central las que presentaron una homogeneidad menor. Este efecto se mantiene en el haz, aunque no fue significativo a $p < 0,01$.

También, se observa que en el suelo las diferencias entre las posiciones del envés (lejos-cerca) y las del haz (lejos-cerca) son inexistentes a $p < 0,01$, siendo los valores del envés y del haz prácticamente similares. Esto muestra una alta homogeneidad en el suelo, que po-

CUADRO IV. LA HOMOGENEIDAD, SEGÚN FILA EN CULTIVO Y SUELO, ALTURA DE MUESTRA EN CULTIVO, DISTANCIA A LA FILA DE PLANTAS EN EL SUELO Y POSICIÓN DENTRO DE LA FILA DE PLANTAS EN CULTIVO Y SUELO

VARIABLE			Homogeneidad H ₂ (*)	
			ENVÉS	HAZ
SUELO	DISTANCIA A LA FILA DE PLANTAS	CERCA (5 cm)	73,98 a	74,29 a
		LEJOS (55 cm)	71,39 a	71,54 a
	FILA	1	73,83 a	74,14 b
		2	72,3 a	76,02 b
		3	71,84 a	68,56 a
	POSICIÓN DENTRO DE LA FILA	1	75,86 cd	80,53 d
		2	65,51 a	62,69 a
		3	68,12 ab	68,7 ab
		4	73,68 bcd	74,29 bcd
		5	79,06 d	75,86 bcd
		6	78,9 d	77,45 cd
		7	71,54 abcd	75,23 bcd
8		69,44 abc	69,59 abc	
CULTIVO SIMULADO	ALTURA	ALTA	72,6 a	73,52 a
		MEDIA	72,14 a	73,06 a
		BAJA	75,07 a	72,6 a
	FILA	1	69,89 a	69,74 a
		2	79,22 a	78,57 a
		3	70,78 a	70,93 a
	POSICIÓN DENTRO DE LA FILA	1	75,54 ab	79,55 a
		2	78,41 b	74,45 a
		3	78,41 b	72,6 a
		4	79,55 b	77,61 a
		5	75,07 ab	71,24 a
		6	76,97 ab	79,87 a
7		60,89 a	64,66 a	
8		62,83 ab	65,37 a	

(*) Valores seguidos de distinta letra muestran diferencias altamente significativas, y de la misma letra no muestran diferencias a ($P < 0,01$).

dría simular la distribución que se produce en un cultivo rastrero.

En cuanto a la variación de la homogeneidad para cada muestra dentro de la fila, se observa que las posiciones 5, 6 y 1 presentan la mayor homogeneidad y las 2, 3 y 8 las homogeneidades más bajas, siendo estos efectos significativos en envés y haz. Estos resultados tienen diferente interpretación dependiendo de la muestra; así, la muestra 1 está entre las de una homogeneidad mayor, ya que tenemos manchurroneos que cubren prácticamente toda la superficie. Sin embargo, las posiciones intermedias (5 y 6) reciben la distribución de gotas más uniforme, esta uniformidad va bajando al ir acercándonos y alejándonos de estas posiciones. Además, las diferencias entre cultivo simulado y suelo son prácticamente inapreciables.

Esta tendencia resulta preocupante ya que al tratarse de un cultivo simulado no se produce el efecto pantalla que haría que la homoge-

neidad, al ir alejándonos del pasillo central, bajara aún más. Si bien, hay que tener en consideración que los equipos hidroneumáticos sólo se utilizan en cultivos rastreros y en las primeras fases de los cultivos tutorados, donde el desarrollo foliar del cultivo no supone un efecto pantalla apreciable. En cuanto al tipo de pulverización que producen estos equipos, se trata de una pulverización más gruesa que la que producen los equipos tipo carretilla (Val y Gracia, 1993).

4. Conclusiones

- El cañón atomizador presenta una baja eficacia técnica para la pulverización sobre cultivos en invernadero tutorado de gran porte, más acusada aún que la que se registra con el equipo tipo carretilla debido a: 1) presenta una baja uniformidad entre las alturas, ya que sobredosifica las partes alta y media, y la parte baja queda subdosificada, esto dará lugar a un mal control; 2) al igual que ocurre con el sistema tipo carretilla, presenta una falta de uniformidad entre las distintas filas del cultivo; y 3), por último, realizar el tratamiento desde el pasillo origina que el cultivo ejerza el efecto pantalla sobre la aplicación, dificultando que esta se realice de forma eficaz.

- Este equipo disminuye las diferencias de dosificación entre el haz y el envés gracias a la corriente de aire.

- Los ensayos realizados con el cañón mostraron una mayor dosificación del cultivo a costa de un mayor gasto de producto.

- No se observó disminución de la dosis aplicada al aumentar la distancia al pasillo, para las distancias ensayadas.

- Las muestras depositadas en el suelo registraron una gran cantidad de producto, lo que indica que este equipo desperdicia gran cantidad de la materia activa aplicada. Esto tiene enormes repercusiones económicas y ecológicas.

Las deficiencias encontradas en el cañón atomizador se pueden corregir mediante: 1) dotar al cañón atomizador de dos salidas a distintas alturas en lugar de una sola en la parte alta, con el fin de mejorar la uniformidad entre las distintas alturas del cultivo; y 2) emplear menos caldo para disminuir las pérdidas. ■