



PULVERIZACIÓN TERMONEUMÁTICA



UNA ALTERNATIVA PARA LOS INVERNADEROS

En el número anterior de **agro-técnica**, se analizaron los fundamentos técnicos de la termonebulización y la forma en que esta técnica se podía aplicar en los cultivos al aire libre.

Las limitaciones que imponen las condiciones meteorológicas para trabajar con una gota de muy pequeño tamaño, en cierto modo se evitan cuando las aplicaciones se realizan en recintos cerrados, lo que hace que la termonebulización se haya convertido

en una de las técnicas más utilizadas en el control de las plagas de los cultivos situados en invernaderos y otros recintos más o menos cerrados.

En este artículo se analizan las posibilidades de la termonebulización en las aplicaciones que se realizan en los invernaderos, estableciendo los procedimientos de calibración de los equipos y las precauciones que se deben de tomar para conseguir eficacia y seguridad para las personas que la utilizan.

TRATAMIENTOS EN INVERNADEROS

En las aplicaciones por termonebulización que se realizan en los invernaderos hay que distinguir entre aplicación estacionaria y aplicación manual móvil.

En la primera se coloca un equipo en el centro o en la puerta del invernadero, según la superficie y longitud de éste y se deja el termone-

Cuadro 1.

S	• Superficie del invernadero en m²
P _h	• Cantidad de producto en litros por cada 1 000 m². Debe ser la indicada por el fabricante
V _h	• Cantidad de vehículo por cada 1 000 m². Puede ser un dato de partida sobre la base de la miscibilidad y la cantidad mínima de mezcla recomendable en invernaderos, o bien ser una consecuencia del tiempo de aplicación y del caudal de mezcla (tamaño de la boquilla empleada).
M _h	• Cantidad de mezcla en litros por 1 000 m². Lógicamente, M_h = P_h + V_h . En invernaderos, se recomienda no emplear mezclas con vehículos oleosos en cantidades inferiores a 1 litro por cada 1 000 m². En el caso de soluciones acuosas la cifra es de 3 litros por 1 000 m².
Q _b	• Caudal de la boquilla, en L/h. Debe ser el adecuado para conseguir un tamaño de gota óptimo, huyendo siempre de gotas grandes, y un tiempo de aplicación lo menor posible. Si el fabricante del equipo ofrece aditamentos especiales para difundir bien el producto en aplicaciones estacionarias, deben utilizarse

bulizador trabajando durante el tiempo necesario para distribuir la dosis de materia activa precisa. Algunos equipos estacionarios poseen alcances de 60 m.

La aplicación manual móvil es efectuada por un operador que se desplaza por el invernadero a una cierta velocidad.

CALIBRACIÓN
DE UN EQUIPO EN APLICACIÓN
ESTACIONARIA

A diferencia de lo que se analizó en el caso de las aplicaciones al aire libre, en los invernaderos con equipos estacionarios (fijos en un punto del mismo), las condiciones de regulación cambian, ya que la velocidad de desplazamiento es 0.

Como datos de partida para hacer la calibración del equipo habría que tomar los ofrecidos en Cuadro 1.

Los cálculos a efectuar son sencillos y permiten obtener:

P'_h: Litros de producto por invernadero
P'_h = P_h × S ÷ 1 000

V'_h: Litros de vehículo por invernadero
V'_h = V_h × S ÷ 1 000

M'_h: Litros de mezcla por invernadero
M'_h = P'_h + V'_h

T: Tiempo necesario para la aplicación (min/invernadero)
T = M'_h × 60 ÷ Q_b

Siempre que se desee efectuar aplicaciones estacionarias debe considerarse la conveniencia de instalar ventiladores.

“El equipo
estacionario se
mantiene
trabajando
hasta que lanza
toda la materia
activa previamente
calculada”

Apliquemos las anteriores expresiones matemáticas a un caso práctico de un invernadero de 1 500 m² con un termonebulizador estacionario.

- Se aplicará un producto cuya dosis recomendada es de 450 ml por hectárea.
- Se empleará solución acuosa con adyuvante para tratamientos foliares, recomendándose, por cada 1 000 m², 1 litro de adyuvante y 2.5 L de agua.
- Se recomienda, en principio, una boquilla de 50 L/h.

Producto necesario para el invernadero:

$P_h = 45 \text{ ml por cada } 1\,000 \text{ m}^2;$
 $P'_h = 45 \times 1.5 = 67.5 \text{ ml}$

Vehículo necesario para el invernadero:

$V_h = 1 \text{ L adyuvante} + 2.5 \text{ L de agua por } 1\,000 \text{ m}^2$
 $V'_h = (1.0 + 2.5) \times 1.5 =$
 $1.5 \text{ L de adyuvante} + 3.75 \text{ L de agua.}$

Preparación para todo el invernadero:

$M'_h = 0.0675 \text{ L de producto} + 1.5 \text{ L de adyuvante} + 3.75 \text{ L de agua} =$
 $5.3 \text{ L/invernadero}$

Tiempo necesario en la aplicación sobre el invernadero:

$T = (5.3 \div 50) \times 60 = 6.4 \text{ min}$

APLICACIÓN MANUAL MÓVIL

Se recomienda este tipo de aplicación sólo cuando no se den las condiciones precisas para efectuar una distribución estacionaria: invernaderos muy largos, o muy grandes o equipos de poco alcance. El operador debe, en estas condiciones, moverse en el interior de las instalaciones hasta distribuir todo el producto.

La calibración del equipo obedece a los mismos principios explicados en la aplicación estacionaria. La diferencia es que el operador ha de desplazarse con el equipo en el interior de las instalaciones durante el tiempo de aplicación calculado, repartiendo la niebla lo más regularmente posible, procurando no exponerse a la misma.

En el caso de invernaderos largos, el operario ha de entrenarse para llevar una velocidad de paso acomodada al tiempo de aplicación. En el caso de invernaderos muy grandes, el operario debe ‘dividir’ el invernadero en zonas aproximadamente iguales y emplear en cada una de ellas más o menos el mismo tiempo, todo lo cual exige entrenamiento.

El operario debe estar muy bien protegido (de ello se habla en los apartados siguientes) y debe respetar siempre una regla: mantener el equipo formando 25-30° con la horizontal, sin proyectar la mezcla directamente sobre las plantas.

RECOMENDACIONES PRÁCTICAS PARA LOS TRATAMIENTOS CON TERMONEBULIZADORES

RESPECTO DE LOS EQUIPOS

Ciertas opciones de algunos equipos son muy interesantes para mejorar notablemente la calidad de las aplicaciones. Entre ellas destacan las siguientes:

- Inyección del caldo en varios puntos. Con ello se favorece la vaporización y, en consecuencia, la formación de una población de gotas más uniforme.
- Dispositivos de agitación del caldo. Con ellos se mantiene constante la homogeneidad de la mezcla durante el tratamiento. Son particularmente importantes cuando se emplean polvos mojables, pero son siempre recomendables. Con su empleo, la distribución de la materia activa en el conjunto del cultivo es mucho más regular.
- Facilidad para desmontar y limpiar los distintos componentes, dado que se recomienda vivamente limpiar tras cada aplicación sin excepción.
- Fabricación de los principales componentes en acero inoxidable.
- Dosificación de combustible sin necesidad de presurizar el depósito que lo contiene, o con muy escasa presión, por razones de seguridad.
- Catálogo de instrucciones completo

y de fácil lectura. Particularmente importante es que dispongan de tabla de boquillas (referencia y caudal en L/h). Actualmente hay equipos que disponen de juegos de boquillas para proporcionar entre 7.5 y 90 L/h. No obstante, aunque se disponga de esta información, hay que tener presente que suele estar establecida para agua, por lo que el aplicador debería elaborar su propia tabla de caudales con las mezclas que use más frecuentemente, en condiciones climatológicas similares a las de la aplicación.

“La aplicación no debe de hacerse directamente sobre las plantas”

- Silenciadores para protección acústica.
- Depósito de caldo fácilmente separable. Ello permite pasar fácil y rápidamente de una aplicación a otra.

PLANIFICACIÓN DEL TRATAMIENTO

Deben seguirse los siguientes pasos:

- Elección de materia activa, vehículo y adyuvante, en su caso.
- Cálculo, según ejemplos anteriores, de la cantidad de vehículo a utilizar, del tamaño de la boquilla y del tiempo de aplicación.
- Verificación de la miscibilidad producto-vehículo en las proporciones resultantes.
- Preparación del producto: la mezcla de producto y vehículo debe ser preparada en un recipiente aparte, añadiendo siempre el producto al vehículo, nunca al revés. Si el producto viene formulado como polvo mojable, antes de añadirlo es preciso formar con el mismo una papilla con cierta cantidad de vehículo o agua. La mezcla se incorporará al termonebulizador previo paso por un colador fino.
- El termonebulizador ha debido ser inspeccionado y limpiado previamente

LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS Y LOS TRATAMIENTOS MEDIANTE TERMONEBULIZACIÓN

Aunque en el caso de los invernaderos no son tan críticas como al aire libre, las condiciones climáticas juegan un importante papel en el éxito de cualquier tratamiento fitosanitario.

Así, en los invernaderos, cuando se desee realizar tratamientos foliares, se recomienda efectuar las aplicaciones con suelo frío y baja temperatura ambiente (condiciones que favorecen el descenso de la niebla hacia las plantas). Dichas condiciones se dan a primeras horas de la mañana, mejor antes de la salida del sol, y después de la puesta de sol. Cuando se elija esta segunda opción debe tenerse muy en cuenta que, transcurrido el tiempo en que el invernadero ha de estar cerrado para garantizar la eficacia del producto, es necesario proceder a su ventilación, pues en caso contrario se alcanza una humedad excesiva durante la noche, que favorece el ataque de hongos.

CONDICIONES ESPECÍFICAS PARA LOS INVERNADEROS

- Siempre ha de tenerse en cuenta que no debe aplicarse el producto direc-



tamente sobre las plantas, pues podrían resultar dañadas por sobredosificación.

- No se deben efectuar aplicaciones prolongadas aunque se lleven equipos de protección
- En aplicaciones manuales en invernaderos largos, el operario debe realizar el tratamiento de dentro-fuera, comenzando a una distancia de 20-25 m del final y caminando hacia la salida, manteniendo ésta a su espalda.
- El termonebulizador debe dirigirse hacia arriba, formando 25-30° con la horizontal.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Al tratarse de equipos que forman gotas muy finas con una elevada concentración de materia activa, los operarios y terceras personas se ven sometidos a un alto riesgo por inhalación de los productos químicos, lo que debe ser tenido en cuenta en todo tipo de tratamientos (recintos cerrados y al aire libre). Por este motivo, la utilización de estos equipos debe estar reservada para personal debidamente cualificado.



Especialmente en invernaderos, los operarios deben emplear ropa de trabajo que cubra todo el cuerpo, guantes y máscaras de protección (protección de boca, nariz y ojos) con cartuchos filtrantes combinados contra humos y disolventes orgánicos (de referencia A2-P3).

Los termonebulizadores requieren un esmerado mantenimiento y una continua limpieza, tanto para conseguir tratamientos eficientes como para evitar situaciones de riesgo. Debe tenerse presente que si la combustión es mala, por el escape se liberan gases tóxicos y explosivos, que se acumulan en el invernadero. Aun observándose un correcto mantenimiento del equipo, en invernaderos es importante evitar el funcionamiento de cualquier aparato o mecanismo que puede generar llama o chispa (sistemas de ventilación automática, programadores de riego, alumbrado, etc.). Los equipos deben arrancarse a la intemperie y nunca en un área parcialmente nebulizada.

Existe un riesgo de ignición de la niebla no despreciable en recintos cerrados cuando la combustión es mala (hay vapores de gasolina no quemados en los gases de escape) y/o cuando se alcanzan concentraciones elevadas de aerosoles (partículas inferiores a 50 micrómetros) de vehículos susceptibles de ignición.

Por esta última razón, cuando el vehículo a emplear no sea agua, nunca deben superarse las cantidades máximas recomendadas por 1 000 m³, pues en tal caso pudieran alcanzarse

- En cualquier caso, en cultivos sensibles o cuando se utilicen sustancias que susciten dudas respecto a la disminución de su fitotoxicidad con el tamaño de gota, es muy conveniente realizar pruebas previas. Esto es particularmente importante en cultivos de flor. Si con la calibración del termonebulizador hacia gota más fina (menor tamaño de boquilla) no se consiguiera corregir el problema, una alternativa posible sería la nebulización en frío.

Cuadro 2.- Datos concretos respecto a las concentraciones máximas de distintos vehículos (por 1 000 m³)

VEHÍCULOS ESPECIALES		COMBUSTIBLES/ACEITES	
PRODUCTO	L/1 000 m ³	PRODUCTO	L/1 000 m ³
Nebol	3.0	Aceite vegetal	2.5
Glicerina	2.5	Gasóleo	2.0
Ecomist	2.0	Queroseno	2.0
Etilenglicol	2.0	Aceite de calefacción	2.0
Dietilenglicol	2.0	Petropal	2.0
VK-2 especial	2.0	Shell risella 15	1.5
VK 1	1.5		
Nevolín/Nevocol	1.5		

en el recinto los límites de inflamabilidad de las distintas sustancias o producir daños a las plantas.

Esto es particularmente importante si se realizan aplicaciones estacionarias con el equipo trabajando solo. Cuando los fabricantes recomienden el empleo de vehículos y/o adyuvantes en un intervalo mínimo-máximo conviene comenzar las pruebas por el mínimo y no superar el máximo por las razones indicadas.

No se recomienda distribuir con termonebulizadores productos tóxicos (T y T+) ni al aire libre ni en invernaderos o recintos cerrados.

Hay que tener en cuenta que la nube de aplicación está formada por gotas con elevada concentración de materia activa y que es, además, difícil de controlar aunque se trate en condiciones climáticas favorables.

Particular atención hay que prestar a la distribución de herbicidas, por los posibles daños a otros cultivos. No se deben distribuir herbicidas hormonales con termonebulizadores.

Los equipos son ruidosos, por lo que es recomendable también protección alguna auditiva, sobre todo en tratamientos prolongados. Son muy recomendables los equipos con silenciador.

Asimismo, los termonebulizadores no deben transportarse en vehículos cerrados mientras estén calientes.

RESUMEN FINAL

En comparación con las técnicas convencionales de tratamiento la pulverización termoneumática tiene las siguientes ventajas e inconvenientes que se relacionan a continuación.

VENTAJAS

- Alta cobertura foliar.
- Gran precisión en la distribución del producto.
- Notable ahorro de vehículo para formar el caldo (hasta un 90%), que se traduce en igual medida en una disminución del tiempo de aplicación y del coste de la mano de obra.
- Eficacia en la distribución de tóxicos respiratorios.



- Ausencia de pérdidas por escurrimiento en los tratamientos foliares.
- Cobertura del envés de las hojas de buena a excelente.
- No se aprecian residuos visibles en las hojas tratadas.
- El gasto de combustible es la décima parte del correspondiente a un tratamiento convencional equivalente.
- El equipo carece de piezas mecánicas móviles, por lo que su vida útil, correctamente mantenido, es muy alta.
- Muchas sustancias potencialmente fitotóxicas no lo son al ser aplicadas con esta técnica debido a la consecución de gotas muy finas, especialmente por debajo de 30 µm.

INCONVENIENTES

- La técnica requiere una alta calificación de los operarios.

- Es necesario observar rigurosas medidas de seguridad para proteger a los operarios y a terceras personas de la exposición a las materias activas distribuidas.
- Existe riesgo de explosión en recintos cerrados si no se respetan una serie de medidas técnicas.
- Los equipos son muy exigentes en mantenimiento y limpieza por razones de eficacia y de seguridad personal.
- La regulación del tamaño de gota es compleja y sólo se tiene constancia del espectro de gotas conseguido mediante observación de tarjetas óleosensibles o hidrosensibles en el objetivo.
- A pesar de las ventajas de las gotas finas respecto a la fitotoxicidad no puede prescindirse de pruebas previas con sustancias sospechosas, especialmente en cultivos de flor.
- Se requieren pruebas previas también cuando se empleen reguladores del crecimiento en la misma época de los tratamientos fitosanitarios, pues el cultivo puede sufrir daños.
- Dada la amplia oferta de productos fitosanitarios y vehículos para formar el caldo, resulta casi inevitable realizar pruebas de miscibilidad, visibilidad de niebla y eficacia cada vez que se emplee una combinación de la que no se tenga referencia contrastada.