

En la agricultura actual toma una importancia vital en el éxito del cultivo, la calidad de los tratamientos fitosanitarios. Pues son estos productos los que combaten plagas o enfermedades de los vegetales objeto de cultivo o producción. En cuanto a la efectividad de estos tratamientos, entran en juego distintos factores (tipo de producto, condiciones climáticas en el momento de la aplicación, época de aplicación,...). En este artículo trataremos un factor determinante en esta labor agrícola, el equipo utilizado en la aplicación de los fitosanitarios, y más concretamente, los equipos utilizados en la aplicación de producto en estado líquido (pulverizadores).

EQUIPOS DE PULVERIZACIÓN

Por: M. Vidal; A. Boné; A. Jiménez
Laboratorio de Maquinaria Agrícola
(<http://lamagri.unizar.es/>)
Escuela Politécnica Superior
Universidad de Zaragoza

*Pulverizador hidráulico
arrastrado de 5600
litros de capacidad y
30 m de barra*





a denominación de pulverizador se debe al tamaño de las partículas de líquido que llegan al objetivo (cultivo), que son llamadas gotas, teniendo tamaños variables dependiendo de la tecnología de formación de las mismas, desde las decenas de micras hasta el medio milímetro de diámetro volumétrico medio. Dado el pequeño tamaño de las gotas, y por lo tanto su reducido peso, en ocasiones es necesario disponer en el equipo de un medio de transporte de las mismas hasta el cultivo (pulverizadores de chorro transportado), en caso contrario, es suficiente con la energía cinética que dispone la gota tras su formación, para alcanzar el cultivo (pulverizadores de chorro proyectado).

Teniendo en cuenta la forma de obtención de la gota y de la utilización o no, de un medio de transporte hasta el objetivo, podemos clasificar los pulverizadores en hidráulicos, hidroneumáticos, centrífugos y electrostáticos. Por su uso más extendido en nuestro país, nos centraremos en los pulverizadores hidráulicos y en los hidroneumáticos.

PULVERIZADORES HIDRÁULICOS

Son conocidos también por el agricultor como pulverizadores de barra. Su uso es fundamentalmente en aplicación de fitosanitarios en cultivos bajos, aunque con formas de barras específicas, se pueden utilizar en aplicaciones de cultivos especiales. Partiendo de la mezcla de agua y producto (caldo) en el depósito principal, una bomba la aspira e impulsa hacia los elementos en los que se forman las gotas, y estas salen a la atmósfera en dirección descendente, hacia el cultivo.

Explicado así, parece una máquina



Pulverizador hidroneumático de salida libre en arco

sencilla de fabricar, sin embargo, la calidad con la que se exige la realización de estas aplicaciones hace que en la actualidad se ofrezcan en el mercado equipos con un nivel de tecnología muy elevado.

Los elementos principales de estos equipos son el depósito, la bomba, los sistemas de regulación, distribución, agitación, filtrado, barra portaboquillas y las propias boquillas.

Describiremos de forma rápida los mismos. El depósito de los equipos actuales es de material plástico, con uno o varios orificios de carga de producto en la parte superior, y otros con entradas y salidas de tuberías de aspiración, impulsión, agitación o retornos. Es importante trabajar el diseño del depósito con la finalidad de facilitar la agitación del caldo en su interior, para lo cual es fundamental que las aristas de los mismos sean redondeadas y no tengan

zonas muertas en cuanto al movimiento del caldo. Así mismo, si tenemos en cuenta la facilidad de limpieza interior, la rugosidad interior de las paredes del depósito debe de establecerse por debajo de los límites indicados en la correspondiente normativa. Otro aspecto importante en el diseño del depósito es conseguir un volumen residual reducido.

Del depósito, el caldo es aspirado por la bomba, que en la mayoría de los equipos es de desplazamiento positivo (membranas o pistones), pero que en algún vehículo todoterreno equipado con pulverizador se puede encontrar de tipo centrífugo. No vamos a describir las características de las bombas, pero sí decir que fundamentalmente, las bombas de membranas trabajan a caudales altos, mientras que las de pistones son más indicadas para trabajos a presiones elevadas.

Es de vital importancia en la calidad del tratamiento, que la concentración de producto fitosanitario en el agua del depósito principal, se mantenga constante tanto en toda la geometría interior del tanque, como a lo largo del tiempo de aplicación



Pulverizador hidráulico autopropulsado

Tras la bomba, el caldo llega al sistema dosificador, que es el encargado de, manejado por el operario directa o indirectamente, establecer el caudal de caldo que saldrá dirigido hacia el cultivo, y por lo tanto, el resto del caudal que impulsa la bomba, vuelve al depósito principal por el conducto de retorno o a través del sistema de agitación. El sistema de dosificación puede ser de accionamiento manual (equipos de capacidades de trabajo bajas), mediante motores eléctricos de corriente continua (equipos de capacidades medias) y de accionamiento automático, en donde se ajusta el caudal en función de la velocidad de desplazamiento, sistemas de caudal proporcional al avance, CPA (equipos de altas capacidades).

Una vez establecido el caudal de aplicación, en el sistema de distribución se establece hacia qué grupo de boquillas dirigimos el caldo, a todas las boquillas del equipo o sólo a unas cuantas que se

encuentran agrupadas, formando los conocidos sectores de pulverización. En el sistema de distribución el operario debe de realizar una labor fundamental en el proceso de regulación del equipo, la calibración de los retornos. La función de esta calibración es establecer el caudal determinado para cada boquilla en la regulación, independientemente del nº de sectores que se encuentren abiertos o cerrados. El accionamiento del sistema de distribución se puede realizar mediante los mismos métodos descritos en el sistema de dosificación, con la salvedad de que en vez de utilizar motores eléctricos, en este sistema se instalan electroválvulas si/no.

Es también de vital importancia en la calidad del tratamiento, que la concentración de producto fitosanitario en el agua del depósito principal, se mantenga constante tanto en toda la geometría interior del tanque, como a lo largo del

tiempo de aplicación. Actualmente, la mayoría de los equipos que se comercializan, van dotados de un sistema de agitación hidráulico, con uno o varios agitadores colocados estratégicamente en el interior del depósito. Para valorar la efectividad del sistema de agitación se pueden realizar ensayos normalizados.

El último elemento de la máquina por el que circula el producto son las boquillas. En ellas se produce la ruptura de la vena de líquido en un haz de pequeñas gotas. La formación de estas se origina por el paso del líquido a una presión relativamente elevada, normalmente menor a 5 bar en pulverizador hidráulico de barras, por un pequeño orificio. Dependiendo de la forma geométrica del haz (chorro) de gotas nos podemos encontrar boquillas de chorro plano (abanico), cónico (hueco o lleno), de espejo,...En los pulverizadores de barra, se encuentra muy extendido la utilización de boquillas de abanico, aunque para tratamientos específicos se pueden encontrar equipos con boquillas de otro tipo.

Así mismo, se utilizan boquillas con distintas tecnologías de formación de gotas, con la finalidad de reducir la deriva. Unas de ellas es las boquillas de reducción de la deriva mediante la formación de gotas de mayor tamaño y otra, las boquillas de inyección de aire. Dependiendo del tamaño del orificio de las boquillas, el caudal desalojado por ellas varía, para una misma presión de trabajo. Con la finalidad de establecer unos estándares de caudales en boquillas, estas vienen codificadas según una norma ISO, de tal forma que las boquillas de un mismo color ISO desalojan el mismo caudal a una determinada presión, independientemente del fabricante de la boquilla y del tipo de la boquilla (abanico estándar, abanico antideriva o abanico de inyección de aire). El anclaje de las boquillas al equipo se realiza sobre la barra portaboquillas. Este es un elemento dispuesto en la parte posterior del equipo transversalmente a la dirección de avance. Dada la anchura de trabajo, estas barras se pliegan para transporte por vía pública, en los equipos comercializados en la actualidad mediante accionamientos

Un elemento indispensable son las válvulas antigoteo impidiendo que el resto de caldo que quede en los conductos salga al exterior “goteando” por gravedad cuando se produce el cierre del fluido a las boquillas

oleohidráulicos. Es también de vital importancia el diseño de estas barras, pues suele ser uno de los puntos de mayor mantenimiento y/o averías que produce, por choque con obstáculos o suelo o por movimientos de amplitud excesiva.

La circulación por parcela agrícola a velocidades típicas de realización de estos tratamientos, hace que las fuerzas de inercia de las barras sean elevadas. Esto hace que los fabricantes dediquen gran esfuerzo al diseño de las mismas para que su comportamiento posterior en campo sea aceptable. En el mercado se pueden encontrar barras de distintos materiales (acero, aluminio, fibra de carbono) y con sistemas de amortiguación de movimientos por resortes o neumáticos. A su vez, la barra debe de ser regulable en altura, con la finalidad de ajustar la altura al cultivo para que la distribución de producto sobre el mismo sea homogénea en dirección transversal a la dirección de avance. Las boquillas van instaladas en el circuito de caldo formando conjuntos o sectores de boquillas, que son en número impar, es decir, un sector central y varios simétricos a ambos lados, derecha e izquierda.

En cuanto al sistema de filtrado, se debe de disponer de un mínimo de un filtro de aspiración y otro de impulsión. Adicionalmente se pueden disponer filtros de impulsión en cada sector o en el interior de cada boquilla.

PULVERIZADORES HIDRONEUMÁTICOS

Estos equipos tienen los mismos elementos descritos para los hidráulicos, con diferencias en la barra portaboquillas y la inclusión de un sistema más, el sistema de impulsión de aire.

En los pulverizadores hidroneumáticos, en función de la tipología de la plantación o del cultivo, se diseña la salida del aire y la barra portaboquillas. Así tenemos los pulverizadores de salida o arco libre (atomizadores), donde el aire sale libremente en dirección transversal a la dirección de avance y las boquillas se colocan formando dos arcos de menos de 180°, independizados en dos sectores. Otra opción es la utilización de deflectores que orientan la salida del aire (casi libre) hacia la plantación (configuración en torreta), estando las boquillas instaladas en dos sectores también. Aumentando el grado de orientación del aire, nos podemos encontrar con las salidas dirigidas, donde el aire es lanzado hacia el cultivo a través de conductos independientes, con una boquilla por conducto, y dos sectores, derecha e izquierda. Y por último, tenemos los pulverizadores hidroneumáticos con salidas independientes, con una o varias boquillas por salida, y para tratar más de dos caras del cultivo, son los conocidos coloquialmente como “pulpos”, utilizados en bastante medida en plantaciones de viña en espaldera.

La corriente de aire es creada por un ventilador de tipo axial en la mayoría de los casos, aunque en algún modelo se instala ventilador de tipo centrífugo. Este elemento es accionado desde la toma de fuerza del tractor, al igual que la bomba. Para regular el caudal de aire se dispone de una caja de cambios de tres combinaciones (larga, neutra y corta) y en algunos modelos, se puede variar el ángulo de ataque los álabes del ventilador axial.

Como elemento indispensable en los pulverizadores, tanto hidráulicos como hidroneumáticos, se encuentran las válvulas antigoteo, cuya finalidad es impedir que tras el cierre del fluido a las boquillas, el resto que queda en los conductos salga al exterior “goteando” por gravedad.

Otros elementos que se disponen en los dos tipos de pulverizadores comentados, son los depósitos de agua limpia o lava manos, que como su nombre indica se instalan para que en caso de accidente y contacto del producto fitosanitario con la piel del operario se pueda producir un aclarado de la misma lo más rápido posible. También, en modelos de gama alta o como opción en gamas medias, se instalan los depósitos y sistemas de limpieza interior/exterior de la máquina, con la valvulería correspondiente para que mediante la impulsión de la bomba y el accionamiento de determinadas válvulas se produzca un aclarado interior del equipo.

REGULACIÓN

En cuanto a la regulación del equipo, determinado el producto a aplicar, la dosis (l/ha) y concentración del caldo, la relación entre dosis, velocidad de tratamiento y anchura de trabajo es:

$$D \text{ (l/ha)} = \frac{n \times q \left(\frac{l}{\text{min}} \right) \times 600}{a \text{ (m)} \times v \left(\frac{\text{km}}{h} \right)}$$

Donde:

- D es el volumen de caldo (litros) a aplicar en una hectárea
- n es el número de boquillas activas
- q es el volumen de caldo desalojado por una boquilla en un minuto



Pulverizador polivalente, aplicación de líquido o polvo



Pulverizador hidroneumático, de salidas múltiples dirigidas, instaladas en la parte delantera de la máquina, entre tractor y equipo

- a es la anchura de tratamiento, o distancia entre dos pasadas consecutivas, en metros
- v es la velocidad de desplazamiento del equipo en km/h

Si el sistema de regulación de la máquina es de accionamiento manual o mediante motor eléctrico, el operario debe, una vez seleccionada la boquilla a utilizar, ajustar la presión de trabajo (indicada en el manómetro de la máquina) hasta conseguir en las boquillas el caudal q . En el caso de equipos con sistema de regulación de CPA, consignando en el computador de la máquina la dosis a aplicar (D), automáticamente se regula la presión en función de la anchura de tratamiento (dato de la máquina) y de la velocidad de avance en tiempo real (dato tomado de GPS o radar de la máquina).

En los pulverizadores hidráulicos, tanto en los equipos dotados de sistemas de regulación mediante accionamiento de motor eléctrico como en los de CPA, se pueden instalar sistemas de corte por sectores. La finalidad de estos sistemas es minorar las zonas de la parcela con sobredosis producida por más de un pase sobre la misma zona de la parcela, más habitual en parcelas con contornos irregulares.

La regulación del caudal de aire se produce bien manejando la caja de cambios del ventilador o bien variando el ángulo de ataque de los álabes del mismo, todo en función del volumen de vegetación, de la velocidad de tratamiento y de la distancia entre pasadas consecutivas.

ÚLTIMAS INNOVACIONES EN PULVERIZADORES

El sector de los pulverizadores agrícolas, está en constante evolución, aspecto que demuestra la importancia de esta tarea en el desarrollo del cultivo, y que viene contrastado con las innovaciones premiadas en este sector en la pasada edición de FIMA 2018, entre las que podemos citar:

- **Novedad técnica sobresaliente:** SwingStop Pro: sistema de amortigua-

ción activa de las oscilaciones de las barras de los pulverizadores, de Farming Agrícola S.A.

- **Novedad técnica sobresaliente:** Grasskiller Twin: máquina para la eliminación de las malas hierbas mediante el uso únicamente de agua de temperatura ambiente y muy alta presión, de Caffini SPA, que aunque no aplica producto fitosanitario, realiza la eliminación de malas hierbas, mediante la utilización de agua a alta presión.
- **Novedad técnica:** Nebulizador pre-neumático con sistema de tratamiento Awasulf, de Componentes Agrícolas General, S.L.
- **Novedad técnica:** Sistema automatizado de lavado por aire comprimido para pulverizadores agrícolas John Deere, de John Ibérica S.A.
- **Novedad técnica:** Boquillas y dispositivos de limpieza de depósitos en pulverizadores Serie Cleaner, de Lechler, S.A.
- **Novedad técnica:** Smartomizador: atomizador inteligente y conectado, de Pulverizadores Fede, S.L.

CONCLUSIÓN

Como se ha comentado al inicio del texto, la sanidad de los vegetales se responsabiliza en la agricultura actual a la aplicación de tratamientos sobre ellos, de forma que para que cada planta reciba la misma cantidad de producto, con capacidades de trabajo en las aplicaciones elevadas, es importante la utilización de equipos de calidad. De ello se ha dado cuenta el sector de fabricantes de estos equipos, apostando por inversiones en desarrollo e investigación que dan como resultados equipos de alta calidad, capaces de realizar tratamientos altamente eficaces y respetuosos con el medio ambiente.

En los pulverizadores hidráulicos, se pueden instalar sistemas de corte por sectores para minorar las zonas de la parcela con sobredosis producida por más de un pase sobre el mismo lugar (parcelas con contornos irregulares)