

Mecanización de los invernaderos (I): labores culturales

Los invernaderos con alto nivel de tecnificación son minoritarios en los cultivos bajo plástico

La mecanización en invernaderos tiene la doble función de permitir aumentar el margen en el que se puede controlar el microclima del invernadero y la de ayudar a la realización de las labores culturales y de manipulación de la producción. En esta primera parte los autores se centran en la mecanización de estas labores culturales y en la aplicación de productos fitosanitarios.

Valera D.L.¹, Molina F.D.¹, Peña A.¹ y Gil, J.²

¹Dpto. de Ingeniería Rural de la Universidad de Almería.

²Dpto. de Ingeniería Rural de la Universidad de Córdoba.

Los invernaderos actualmente se diseñan para acoger dentro de ellos un cultivo hortícola que será tratado a lo largo de su ciclo de vida como un insumo de producción, al cual se le unirán otros (como agua, combustibles, fertilizantes, productos fitosanitarios, mano de obra, etc.). Es decir, los invernaderos del futuro se asemejan más a industrias agrarias que a los tradicionales huertos agrícolas de los que provienen. Este cambio tan importante se debe a la doble necesidad de controlar con mayor precisión todos los componentes que intervienen en la producción final de los cultivos y de sistematizar el funcionamiento de la explotación agraria, lo más independientemente posible con respecto al clima exterior y a la mano de obra que participa en las labores culturales.

Esta doble necesidad se ha traducido en una mayor tecnificación de los invernaderos en base a un control minucioso de las variables climáticas, de forma que el agricultor puede modificar ciertos parámetros ambientales (intensidad luminosa, radiación solar interceptada por el cultivo, temperatura, humedad relativa, concentración de anhídrido car-

bónico, etc.) dentro de determinados márgenes de actuación y en la continua introducción de maquinaria destinada, bien a sustituir completamente a la mano de obra, o bien, a contribuir a su disminución.

La mecanización en invernaderos tiene por tanto la doble función de permitir aumentar el margen en el que se puede controlar el microclima del invernadero y la de ayudar a la realización de las labores culturales y de manipulación de la producción.

Mecanización de las labores culturales

Si bien algunos invernaderos presentan un alto nivel de tecnificación y mecanización, estos no dejan de representar un porcentaje minoritario dentro del panorama general de los cultivos bajo plástico, que en su mayor parte sólo disponen de una o dos máquinas. Así, únicamente un 18,7% de los invernaderos disponen de tractores (Valera et al., 2002a), equipo considerado el rey de cualquier explotación agrícola.

El tractor permite realizar múltiples labores dentro de las explotaciones hortícolas en invernaderos mediante la utilización de diferentes aperos o equipos complementarios. En los invernaderos se está generalizando el uso de tractores de potencia media, de 30 a 60 CV con tracción a las cuatro ruedas (Fig. 1). Su empleo va desde la manipulación del suelo en las labores de retranqueo y carillado, que permiten renovar total o parcialmente la capa de materia orgánica colocada bajo el enarenado, hasta su uso para la retirada de los restos de cultivo, mediante la colocación de horquillas (Fig. 2)

y palas cargadoras accionadas por el sistema hidráulico del tractor a través de las tomas remotas.

Otra utilidad importante de los tractores es el propio transporte de las cajas de frutos con la ayuda de un remolque. De igual modo, muchos agricultores utilizan el tractor para acoplarles máquinas de tratamientos fitosanitarios.

La utilización de tractores en los invernaderos se encuentra con el problema de la escasa diaphanidad de la mayor parte de las estructuras tradicionales de tipo plano o en «raspa y amagado», con distancias entre apoyos de 2 a 4 m. Esto dificulta enormemente la maniobrabilidad dentro del invernadero. Por otra parte, la pequeña distancia entre las líneas de cultivo (0,7-1 m) imposibilita totalmente el paso de los tractores dentro de la



Figura 1: Tractor para trabajar en invernaderos.

zona cultivada. Además, muchos invernaderos no disponen de pasillos interiores lo suficientemente anchos y bien distribuidos para facilitar el tránsito de maquinaria.

Las estructuras que se construyen actualmente tanto para los invernaderos tipo parral, como para los tipos de estructuras de perfiles metálicos (multitúnel y «Venlo»), facilitan la introducción de maquinaria al aumen-



Figura 2. Horquilla hidráulica frontal.

tar la distancia entre apoyos hasta 6-9 m.

En los invernaderos más sofisticados, donde se ha impuesto el cultivo hidropónico, que hace innecesarias las labores de mantenimiento del suelo, el tractor se ha sustituido por una serie de máquinas más propias de las industrias que del campo, como son las traspaletas y las carretillas elevadoras (Fig. 3), que permiten un transporte rápido y cómodo de los palets. Esto es posible en aquellos invernaderos dotados de pasillos y almacenes acondicionados para el movimiento de estos equipos, al disponer de solera de hormigón.

Las labores culturales de trasplante, poda, tutorado, despunte, destalle, deshojado, aclareo, escarda y recolección siguen realizándose de forma completamente manual en todos los invernaderos. Sin embargo, se utilizan sistemas de elevación móviles como ayuda a algunas de las tareas mencionadas, al permitir a los operarios desplazarse entre las líneas de cultivo variando la altura de la plataforma sobre la que se apoyan, en función de la altura en la que se localiza la zona de la planta que ha de manipular. Estos sistemas están disponibles tanto para su desplazamiento sobre raíles de calefacción (Fig. 4), como directamente sobre el suelo apoyados en ruedas neumáticas.

Para ayudar al proceso natu-

ral de polinización aérea, que en los cultivos en invernadero se ve dificultado por la estanqueidad de la estructura, se pueden utilizar máquinas sopladoras. Estos equipos están dotados de un pequeño ventilador, que genera un flujo de aire que se hace salir por un cañón, de forma que el operario puede dirigirlo de forma manual hacia la zona del cultivo donde se encuentran las flores (Fig. 5).

En algunas explotaciones con mayor nivel de tecnificación, también se instalan sistemas de almacenamiento de datos electrónicos en los que los operarios deben introducir los correspondientes a las calles o filas de plantas en las que han trabajado, al tipo de labor realizada y su código de operario, de forma que esta información se puede recoger en un ordenador personal para poder controlar todas las labores que se llevan a cabo en el invernadero, a la vez que poder realizar el tratamiento estadístico de los datos para la evaluación del rendimiento de cada trabajador.

En el proceso de clasificación de los frutos se pueden emplear pequeñas máquinas calibradoras que separan los frutos en función de su tamaño y que se instalan directamente dentro del invernadero. Lo usual es llevar los frutos sin clasificar a las centrales de manipulación: pero algunas fincas disponen de pequeñas máquinas de clasificación que permiten la venta directa desde los invernaderos, así como el aumento del precio del producto, ya que sale de la explotación clasificado por ca-

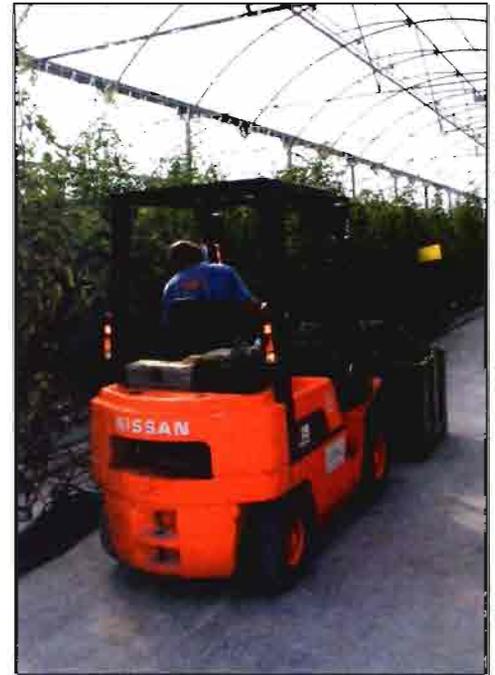


Figura 3. Carretilla elevadora con palet.

tegorías. Estas máquinas son muy útiles y usadas en otros países como Holanda, aunque no son comparables con los grandes equipos que existen en los centros de manipulación, que lavan el producto, lo clasifican por calibre, peso y color, y lo empaquetan incluso plastificado, con una capacidad de trabajo elevadísima, hasta 20.000 kg/h y línea de trabajo.

Aplicación de productos fitosanitarios

La labor que más fácilmente se presta a la utilización de maquinaria en invernaderos es sin duda la de aplicación de tratamientos fitosanitarios o fitofármacos. Así, se emplean gran variedad de máquinas que difieren tanto en su grado de sofisticación como en su principio de funcionamiento y capacidad de movilidad. A continuación se presenta una clasificación de los distintos tipos de equipos empleados en la actualidad en invernaderos:

- Sistemas estáticos:
 - Redes de pulverización hidráulica.
 - Atomizadores fijos.
 - Redes de nebulización.
- Sistemas móviles:
 - Espolvoreadores.



Figura 4 (arriba). Plataforma elevadora hidráulica.

Figura 5 (foto inferior). Soplador portátil para polinización

TABLA 1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS POR PULVERIZACIÓN

Sistema de aplicación	Equipo	Principio de formación de gotas	Sistemas de impulsión
Pulverización hidráulica	Pulverizador	Presión de líquido	Bomba
Pulverización centrífuga	Pulverizador centrífugo	Fuerza centrífuga	Motor
Pulverización hidroneumática	Atomizador	Presión de líquido y flujo de aire	Bomba y ventilador
Pulverización neumática	Nebulizador	Corriente de aire	Ventilador

ma de calefacción. Estos últimos, a su vez, pueden requerir un operario o no. Evidentemente, el segundo caso (**Fig. 7**) reduce los riesgos de intoxicación y disminuye el gasto en mano de obra.

Cuando el cultivo no está aún desarrollado y no existe una gran masa foliar, o en el caso de cultivos rastreros como melón y sandía,

- Pulverizadores.
 - Manuales.
 - Suspendidos en el tractor.
 - Vehículos autopropulsados.
 - Máquinas autopropulsadas sobre raíles.
- Atomizadores.
 - Suspendidos al tractor.
 - Desplazables manualmente.
- Nebulizadores.
 - Suspendidos al tractor.

Hasta hace poco tiempo, prácticamente la totalidad de los invernaderos disponían de redes integradas de pulverización hidráulica. La pulverización hidráulica (**Tabla 1**) consiste en producir gotas de pequeño tamaño al pasar el líquido de tratamiento por una boquilla cuya sección de paso tiene un diámetro muy pequeño.

Estas redes fijas están constituidas esencialmente por un depósito agitador en el que se realiza la mezcla de tratamiento (agua y materia activa), una bomba de impulsión que permite dotar de presión al caldo que se va a pulverizar, y una red de distribución compuesta por una tubería primaria de polietileno colocada paralela a los pasillos y que dispone de diversos puntos de conexión distribuidos a lo largo del invernadero. En los puntos de enganche se acoplan las mangueras o tuberías secundarias que en su extremo disponen de una pistola pulverizadora (donde se encuentra la boquilla o boquillas) que permite al operario dirigir con precisión el producto fitosanitario hacia el cultivo, facilitando su distribución dentro de su masa foliar.

El sistema se complementa con la utilización de mochilas pulverizadoras (**Fig. 6**) que constituyen sistemas móviles manuales. Están provistas de un depósito de 15-20 litros que se cuelga a la espalda del operario y de una bomba de aspiración accionada manualmente.

En ambos casos el usuario dirige el chorro de líquido hacia el cultivo utilizando una pistola pulverizadora, lo que supone el grave inconveniente de que existe una gran proximidad entre el trabajador y la salida del producto. Sin embargo, desde el punto de vista de su eficacia, estos sistemas presentan la ventaja de permitir la realización de trata-

mientos muy localizados en determinadas zonas del cultivo, o de variar la dosis que se aplica a cada planta en función de su estado fitosanitario.

También se utilizan pulverizadores suspendidos en el tractor, así como vehículos pulverizadores autopropulsados. Aunque los más utilizados son los autopropulsados, de accionamiento eléctrico, que se desplazan utilizando como raíles las tuberías del siste-

ma de calefacción. Estos últimos, a su vez, pueden requerir un operario o no. Evidentemente, el segundo caso (**Fig. 7**) reduce los riesgos de intoxicación y disminuye el gasto en mano de obra. Cuando el cultivo no está aún desarrollado y no existe una gran masa foliar, o en el caso de cultivos rastreros como melón y sandía, se pueden realizar tratamientos de forma mucho más rápida utilizando atomizadores o nebulizadores suspendidos al tractor (**Fig. 8**). De esta forma se puede avanzar con el tractor a lo largo de los pasillos centrales del invernadero, distribuyendo el tratamiento sobre todo el cultivo. En estos casos, al igual que en los anteriores, se requiere la presencia de al menos un operario dentro del invernadero, que deberá utilizar los correspondientes medios de protección, como mascarilla, gafas, guantes y traje impermeable, para evitar el contacto con la nube tóxica que se genera dentro del invernadero.

En el caso de la atomización o pulverización hidroneumática, primero se realiza una disgregación del caldo de tratamiento, al someterlo a una elevada presión y hacerlo pasar por una o varias boquillas, y después las gotas que se forman se proyectan mediante la utilización de una corriente de aire generada por un ventilador, normalmente de tipo helicoidal. El flujo de aire permite, por un lado, la ruptura de las gotas en otras de tamaño más pequeño y, por otro, aumentar la distancia de transporte con relación a los sistemas de pulverización.

Los sistemas fijos de aplicación de tratamientos por atomización (**Fig. 9**) están constituidos por ventiladores que producen un fuerte flujo de aire, que se aprovecha para el transporte de las gotas generadas por una o varias boquillas pulverizadoras, colocadas en el centro (cuando es una) o en la periferia (cuando hay varias), delante de la salida de aire del ventilador. Estos ventiladores se colocan colgados de la estructura del invernadero, de forma que reciben el caldo a través de una red de distribución o de pequeños depósitos individuales situados debajo de cada equipo. En el caso de alimentación a través de una red de tuberías, la presión del líquido de tratamiento se consigue mediante una sola bomba de impulsión que proporciona presiones de funcionamiento entre 1 y 5 MPa. Cuando se utilizan pequeños depósitos de 5 ó 15 l, la presión se consigue mediante pequeños compresores individuales de pistón seco (sin aceite), que trabajan a presiones de 0,5-0,8 MPa.

Los atomizadores desplazables manual-



Figura 6. Mochila pulverizadora.



Figura 7. Pulverizador eléctrico autopropulsado y autónomo.



Figura 8: Atomizador acoplado al tractor.



Figura 9: Atomizador estático.

mente (Fig. 10) son máquinas móviles constituidas por uno o dos ventiladores de similares características a los anteriores, que en lugar de colgarse de la estructura del invernadero y permanecer fijos, se colocan sobre un carro metálico con ruedas, en el que se ha instalado un pequeño depósito de tratamientos y un compresor. De esta forma se pueden colocar en el lugar y dirección deseados dentro del invernadero. Estos sistemas se comercializan bajo el nombre de sistemas de ul-

tra bajo volumen en referencia a la menor cantidad de líquido que es necesario aplicar en comparación con los equipos de pulverización, ya que en este caso se inyecta el producto a tratar directamente sobre la corriente de aire, sin necesidad de mezclarlo con agua. Del mismo modo, es usual que a estos equipos atomizadores se les denomine nebulizadores, porque al generar gotas de tamaño muy fino (Tabla 2) se crea una especie de niebla dentro del invernadero, aunque esta de-

nominación no es adecuada por no corresponderse con su principio de funcionamiento.

Los sistemas de aplicación de productos fitosanitarios por nebulización se basan en el efecto de choque de la corriente de aire a gran velocidad, que arrastra el líquido de tratamiento en la dirección del flujo de aire, consiguiendo producir una especie de niebla capaz de impregnar toda la superficie del cultivo. En estos equipos se aumenta la velocidad del flujo de aire impulsor que se encarga de

Boro agrícola es...

Solubor® DF

con Macro-eficacia


20 MULE TEAM



COMPO Agricultura
Paseo de Gracia, 99
08008 Barcelona
Tel. 93 496 43 50
Fax 93 496 43 51



www.compo.es

TABLA 2. CLASIFICACIÓN DEL TAMAÑO DE GOTA DE PULVERIZACIÓN SEGÚN EL BRITISH CROP PROTECTION COUNCIL (DOBLE ET AL., 1985).

Volumen de gotas	Muy fina	Fina	Media	Gruesa	Muy gruesa
Dv 0.1 (10%*)	<55 mm	55-94 mm	95-164 mm	165-225 mm	>225 mm
Dv 0.5 (50%*)	<119 mm	119-216 mm	217-353 mm	354-464 mm	>464 mm
Dv 0.9 (90%*)	<204 mm	204-369 mm	370-598 mm	599-789 mm	>789 mm

* Porcentaje del volumen de gotas acumulado.

fragmentar el líquido en gotas de tamaño muy pequeño (<50 mm) sin necesidad de una pulverización previa a través de una boquilla, como sucede en la aplicación por atomización. La boquilla de nebulización se sustituye por un estrechamiento a la salida de la tubería de suministro del caldo de cultivo que, junto con la elevada velocidad de circulación del flujo de aire, genera una succión por efecto

venturi.

Los sistemas de nebulización pueden utilizarse suspendidos en el elevador hidráulico del tractor o en instalaciones fijas distribuidas a través de todo el invernadero. En este último caso se utiliza un potente equipo de compresión (3,5 W/m² de superficie a tratar) que distribuye aire a elevada presión a lo largo de todo el invernadero, de forma que se dispone una segunda red de distribución de la mezcla de tratamiento en cuyas tuberías se conectan las boquillas de aplicación que reciben el aire comprimido de las conducciones correspondientes a la primera red (Fig. 11).

La principal ventaja de los equipos de tratamientos fijos es que posibilitan la aplicación de productos fitosanitarios con el inver-



Figura 10. Atomizador desplazable manualmente



Figura 11. Sistema fijo de nebulización.



Figura 12. Espolvoreador.

nadero cerrado y vacío, lo que elimina el riesgo de intoxicación de los trabajadores y evita la fuga de los insectos durante el tratamiento. Por otro lado, permiten los tratamientos al anochecer disminuyendo la dosis necesaria, ya que se reducen las pérdidas por evaporación. El principal inconveniente de los sistemas estáticos es la imposibilidad de realizar discriminación entre las diferentes plantas en función de su estado sanitario y la dificultad para alcanzar ciertas partes de la planta, como el tramo inferior del tallo, cuando se trata de un cultivo de porte alto y bien desarrollado, con una pequeña separación entre líneas, y con considerable masa foliar.

Otra forma de aplicación de los productos fitosanitarios, en el caso de utilización de formulados polvorientos, es mediante el empleo de máquinas espolvoreadoras (Fig. 12). En estos equipos se utiliza el flujo de aire que genera un ventilador para arrastrar las partículas de polvo del depósito y distribuir las sobre el cultivo. ■

PARA TODAS MARCAS DE TRACTORES



Tercer punto hidráulico y mecánico. Cajas niveladoras. Placas para soldar. Asistencia elevación. Enchufe hidráulico con presión.



KIT ASISTENCIA ELEVACION



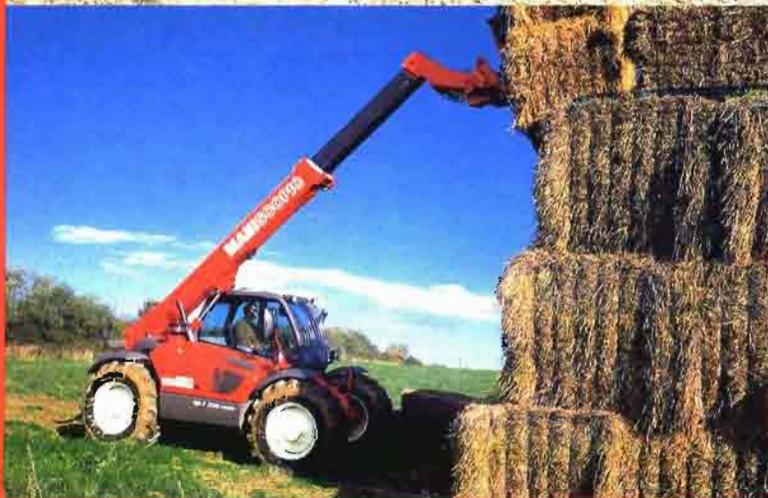
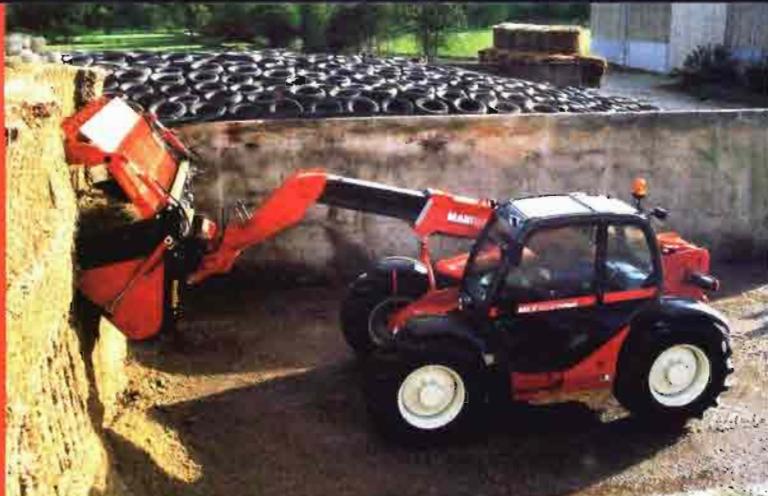
- Terceros puntos para todo tipo de tractores, según potencia motor.
- Los Kits de asistencia elevación permiten aumentar la potencia de elevación del tractor hasta 2000 Kgs.
- Nuevo sistema de enchufe rápido hidráulico, hasta 200 Bar.

AGRINAVA

Recambios y Accesorios para Tractores y Maquinaria Agrícola

Polígono Industrial Agustinos, Calle A, D-31013 PAMPLONA (Navarra-España)
 Telefono: 902 312 318 - 948 312 318
 Fax: 948 312 341
 http://www.agrinava.com
 E-mail: agnava@agnava.com

Máquinas que hacen más para que Usted haga menos.



Cuando se tiene que hacer todo

está bien tener un socio que nos ayude. La gama MLT ha sido concebida en este sentido, para respaldarle lo más eficazmente posible en sus tareas diarias. Más productividad y rentabilidad



MANITOU B.F.
Oficina de Información
en España
Urb. Santo Domingo
Callejón del Cortijo, 3
28120 Algete - Madrid
Tel. : 91 622 13 24
Fax : 91 622 17 49
manitou.es@wanadoo.es

haciendo menos esfuerzos.

Cuando se pasan más de
1200 horas por años

haciendo tareas de man-
tención, elegir una máquina
polivalente es realmente
lo más inteligente.

**EL EXPERTO
EN MANUTENCION
TODO TERRENO**



MANITOU

www.manitou.com