



RECOGIDA MECANIZADA DE LOS PLÁSTICOS DE LOS INVERNADEROS

En la actualidad no existe ningún sistema mecanizado para retirar el plástico de las cubiertas de los invernaderos. La aproximación más cercana que podemos encontrar la hayamos en la maquinaria utilizada para la retirada de las láminas de plástico en acolchados y túneles de cultivo. A partir de ella, se pueden efectuar modificaciones que permitan resolver el problema de la retirada mecanizada del plástico situado en las cubiertas.



Figura 1

Tras el análisis de todos los modelos de recogedoras realizado en nuestro artículo anterior (ver *agrotécnica* de enero) consideramos que el modelo más apropiado para su adaptación a la recogida de plásticos de los invernaderos es la máquina bobinadora que describimos a continuación y que podemos observar en la Figura 1.

Este modelo no posee ningún elemento específico para desenterrar las láminas plásticas, realizándose esta función gracias al giro de su cilindro bobinador que se encuentra a una altura mayor que los cilindros giratorios de las máquinas descritas.

El acople al tractor no se realiza en el tripuntal trasero, sino en el bastidor de la pala del tractor, ocupando el lugar de la cuchara. La rotación de su cilindro bobinador se consigue gracias a un motor hidráulico que se acciona mediante el sistema hidráulico del tractor.

Este elemento bobinador está formado por seis perfiles cilíndricos huecos de pequeño diámetro (Figura 2), colocados en torno a un cilindro central de mayor tamaño, rotando solidario todo el conjunto por la presencia de unas uniones abatibles que consiguen que estos siete cilindros formen una estructura solidaria. Esta constitución especial del elemento bobinador —en

lo sucesivo cilindro giratorio— está relacionada con la forma de desalojar la bobina plástica de la máquina.

El resultado final de la operación de recogida del plástico de los acolchados es un cilindro que se ha formado con todas las láminas de plástico que han sido bobinadas. El sistema que emplea esta máquina para liberar la bobina plástica no está automatizado. Para realizar esta operación es necesario retirar un aro extraíble (Figura 2), lo cual se consigue destornillando la tuerca que lo mantiene unido a la máquina. Tras esta operación, se le aplica a la bobina un pequeño tirón según el eje longitudinal del cilindro

giratorio, y la lámina se libera con la disminución del diámetro de la zona central del cilindro bobinador.

En general, estos sistemas de recogida ofrecen buenos rendimientos ya que su utilización produce una reducción en la necesidad de mano de obra, del tiempo de la operación y, además, son máquinas sencillas cuya adquisición no implica grandes inversiones. Pero el aspecto más destacable de estos sistemas mecanizados es, sin lugar a dudas, las ventajas que ofrecen desde el punto de vista medio ambiental, ya que las láminas recogidas se obtienen en forma de bobinas cuya manipulación resulta sencilla, en contraposición de las marañas de plástico que resultan de la recogida manual. Es por ello que su posible adaptación a la recogida del plástico de los invernaderos es sumamente interesante.

INTRODUCCIÓN DE MEJORAS EN EL DISEÑO

Tras las observaciones y ensayos a los que se sometió a la máquina bobinadora en un primer reconocimiento, con el fin de poder adaptarla para retirar láminas plásticas en los invernaderos, se consideró adecuado tener presentes las siguientes consideraciones:

- Lo primero que es necesario tener en cuenta es que la máquina bobinadora y el tractor donde se acopla no pueden trabajar en movimiento en el caso de efectuar recogidas de plástico de las cubiertas de los invernaderos y, por tanto, su funcionamiento habrá de considerarse en condiciones estáticas.
- Posiblemente sería necesario redimensionar el tambor —en cuyo interior se bobina el plástico— debido a que los films que se utilizan en invernaderos tienen un mayor espesor que los utilizados en acolchado y túneles de cultivo y, por tanto, en función de las longitudes de las láminas podría verse desbordado dicho tambor, no siendo capaz de acoger la totalidad del film.



“ Se hace necesario adaptar la máquina a la anchura de los plásticos de los invernaderos ”

- Otro inconveniente surge de la diferencia de anchura que existe entre las láminas empleadas en acolchado y las empleadas en las cubiertas de los invernaderos, llegando, en este último caso, a alcanzar anchuras de hasta 12 metros, (téngase en cuenta que la longitud de las generatrices del cilindro giratorio es ligeramente superior al medio metro). Por tanto, para solucionar este problema es absurdo abordar un redimensionado de la máquina ya que daría como resultado unas dimensiones exageradas, lo cual quiere decir que resulta necesario estudiar alguna adaptación que permita resolver este problema.
- Las condiciones mecánicas de resistencia en que se encuentran los plásticos de las cubiertas de los invernaderos son inferiores a las de las lámi-

nas que se recogen en cultivos acolchados y túneles de cultivo. Por tanto, surge la necesidad de evitar a toda costa los tirones que puedan darse al plástico durante o, sobre todo, al comienzo de la recogida, (cuando el cilindro giratorio comienza a bobinar), ya que éste se puede desgarrar lo cual supondría un inconveniente grande ya que habría que volver a engancharlo a la máquina y en función de la zona donde se haya producido el desgarramiento puede incluso implicar que la recogida, con un sistema mecanizado, sea ineficaz. Por ejemplo, si estamos recogiendo una lámina de plástico de 40 m, y se fragmenta a la mitad de su longitud, sería muy complicado volver a enganchar el resto fragmentado de la lámina a la máquina para que pueda ser bobinado.

Por otra parte, el equipo debería de resolver también el problema de la retirada mecanizada de los plásticos de las bandas, y considerar la posibilidad de instalarse sobre el enganche tripuntal del tractor, que lo haría más versátil.

RECOMENDACIONES PARA MODIFICAR LA MÁQUINA

Tras analizar todos los puntos que exponíamos en el apartado anterior, se pensó que las modificaciones que detallamos a continuación eran las más acertadas, a falta de corroborarlas mediante un ensayo.

En cuanto al redimensionado del tambor para evitar la posibilidad de que éste se colme sin ser capaz de alojar la totalidad de la lámina a recoger, pensamos que resultaría más conveniente tomar esta decisión una vez ensayada la máquina retirando plástico de las cubiertas de los invernaderos, ya que podríamos establecer relaciones entre la longitud del film y el diámetro resultante de la bobina de plástico recogida, para distintas anchuras de la lámina, considerando que los espesores se mantienen aproximadamente constantes.

La modificación que proponemos para adaptar la máquina a la anchura de las láminas de plástico que se usan en las cubiertas de los invernaderos, una vez desestimado el redimensionado de la misma para salvar esta circunstancia, son dos cilindros locos de eje vertical, de tal manera que, cuando el cilindro giratorio bobina la lámina, estos cilindros locos adapten la anchura de la lámina a la longitud del cilindro giratorio.

Para evitar el problema que surgiría en el caso de que un plástico muy deteriorado sufriera tirones y se fragmentara, proponemos incorporar un regulador de la velocidad de giro. La manera técnica de llevar a cabo este propósito, es mediante un regulador

de presión incorporado al sistema hidráulico, de tal forma que el operario pueda, desde la cabina, adaptar el giro del cilindro, sobre todo al iniciarse la operación, ya que el momento de vencer el rozamiento estático, (recordamos que el plástico se encuentra confinado entre los dos mallazos de cubierta), es el más delicado.

Asimismo, consideramos que la altura óptima de la máquina será tal que el cilindro giratorio se encuentre aproximadamente a nivel con los extremos superiores de los soportes perimetrales del invernadero.

Por si fuera necesario reorientar el recorrido de la lámina de plástico cuando vaya a realizarse la operación, por problemas de altura, proponemos



Figura 3. Enganche diseñado para el acoplamiento al tractor.

colocar en la máquina dos cilindros locos horizontales. Además del uso anteriormente descrito, estos cilindros pueden colaborar en la mayor compactación final de la bobina plástica resultante.

Si es necesario que la máquina sufra modificaciones para su acople en el tripuntal trasero del tractor, será algo que determinaremos mediante ensayo.

Las adaptaciones que resulten necesarias para poder abordar la recogida del plástico de las bandas, se analizarán en una segunda fase, cuando los problemas de la retirada de cubierta queden salvados.

ENSAYOS CON LA MÁQUINA MODIFICADA

Una vez que se realizaron, en colaboración con el taller Hermanos Escalera, las modificaciones propuestas, sometimos a la máquina a ensayo para estudiar su comportamiento en campo.

Se pudo comprobar que no había dificultad para adaptar la máquina al tripuntal trasero del tractor (Figura 3) y que el control de la velocidad de giro se lograba sin dificultad utilizando el regulador de caudal de aceite accesible desde el puesto de conducción

Seguidamente se procedió al ensayo del equipo en la retirada del plástico de un invernadero típico de la región.

El proceso se realizó como se indica a continuación:

— **Liberación de la lámina de plástico.** Sube una cuadrilla a la cubierta del invernadero para cortar los nudos de alambre que unen las dos mallas, entre las cuales se encuentra el plástico, y para soltar el dobladillo de plástico realizado en torno a los cercos de alambre (igual que en la recogida manual).

— **Posicionamiento del equipo.**

Al tiempo que se efectuaba la primera fase, el tractor y la máquina, ya acoplada, han sido dispuestos en la posición oportuna para llevar a cabo la operación de recogida mecanizada. Esta posición es tal que la máquina se encuentre alineada con la lámina de plástico a retirar y de tal forma que la altura de la banda del invernadero coincida aproximadamente con la altura de cualquiera de los dos cilindros horizontales (una de las adaptaciones propuestas y que tratamos de evaluar).

El objetivo es que la fuerza que aplica la máquina sobre la lámina que está retirando no forme un ángulo excesivo con respecto al plano que constituye el film, desde el cerco del invernadero a uno de los cilindros horizontales, ya que la componente tangencial resultante de aplicar la fuerza con un ángulo elevado contribuiría a que la lámina se desgarrara con el inconveniente que se derivaría de esto (recordamos que las láminas de las cubiertas de los invernaderos se encuentran en un estado de deterioro que hace que la operación tenga que realizarse teniendo en cuenta todos estos detalles).

En función del desnivel entre el terreno de asiento del invernadero y el terreno donde se sitúa el tractor, haremos pasar la lámina plástica, en primer lugar por el cilindro horizontal superior y posteriormente por el inferior, o viceversa, tratando de respetar la recomendación que abordamos.

Además de las posibilidades que ofrecen los dos cilindros horizontales, el elevador hidráulico del tractor permite ascender o descender la máquina, según las necesidades que nos surjan derivadas de la topografía del terreno.

Establecimos la distancia que separa a la máquina del perímetro del invernadero en 3 m. Aunque no vemos el inconveniente de que esta dis-

Figura 4



tancia se modifique, no recomendamos que la separación entre la máquina y el invernadero sea excesiva, ya que si esto sucediera podría plantearse el caso de que si la lámina se enganchara, por cualquier motivo, se provocaría una mayor tensión en la misma, desde el punto del enganche hasta la máquina; una vez vencida la resistencia se produciría una relajación en la lámina que implicaría una pérdida de tensión que se traduciría en una menor compactación de la bobina, en tanto en cuanto no se recupera la tensión en el bobinado. (En los invernaderos en los que la lámina de plástico se sujeta mediante nudos de alambre existe mayor posibilidad

de enganche). No obstante, la colocación de los dos cilindros horizontales, que conducen a la lámina hasta el cilindro giratorio, disminuye este efecto.

— **Atado de la lámina.** En el extremo de la lámina de plástico, que se encontraba doblada en torno a los cercos del invernadero, se ata una cuerda de hilo de rafia u otro material de resistencia igual o superior (Figura 4). El otro extremo de la cuerda se hace pasar por los cilindros horizontales describiendo una 'z', para acabar atándolo, tras darle una vuelta en torno al cilindro giratorio, a una de las barras radiales del aro extraíble. Recomendamos dejar un cabo más o menos largo tras este último nudo, ya que una vez bobinada la lámina permitirá atarla para que no se desenrolle.

— **Proceso de bobinado.** Ya está todo listo para que la máquina comience a realizar su función. El tractorista acciona el sistema hidráulico del tractor y la lámina comienza a ser enrollada (Figura 5). Hay que tener presente que la velocidad de giro del cilindro ha de ser regulada, al comienzo de la operación, para que éste rote a pocas revoluciones y, una vez que el film ha comenzado a bobinarse, podrá aumentarse en función de las condiciones de deterioro en que se encuentre el plástico. Enrollada toda la lámina, se hace parar al cilindro giratorio.

Figura 5



— **Extracción de la bobina de plástico.** El paso siguiente es extraer la lámina que ha sido bobinada en torno al cilindro giratorio. Esta operación se inicia retirando el aro extraíble, para lo cual basta con desenroscar la tuerca que lo mantiene unido a la máquina. Una vez hecho esto, se le aplica a la bobina un pequeño tirón según el eje longitudinal del cilindro giratorio, y la lámina se extrae de la máquina fácilmente gracias al sistema de abatimiento de los seis cilindros periféricos, en torno al cilindro central (elemento bobinador).

Seguidamente se coloca de nuevo el aro extraíble, se hace avanzar al tractor hasta la siguiente posición y todo queda listo para enrollar la siguiente lámina de plástico, repitiendo de nuevo el proceso explicado.

Con respecto a la colocación en la máquina de los cilindros verticales, la repuesta que han ofrecido ha resultado satisfactoria, ya que consiguen que la máquina pueda bobinar láminas de una anchura muy superior a la dimensión del eje del cilindro giratorio (66.7 cm); es decir, una lámina de 4 m de anchura es seis veces mayor que la longitud del eje del citado cilindro (Figura 6).



Figura 6

CAPACIDAD Y CALIDAD DEL TRABAJO

El ahorro de tiempo que se consigue retirando el plástico de los invernaderos con el sistema mecanizado es notable con respecto al procedimiento manual. Salvo en la primera fase del proceso —común a la retirada manual y a la mecanizada—, que consiste en cortar los nudos de alambre que unen las mallas que confinan al plástico, el resto de la operación de recogida del film es más rápida con el empleo de la máquina bobinadora.

El tiempo que la máquina tarda en enrollar la lámina plástica es inferior a un minuto, dependiendo este tiempo

de la longitud de la lámina y de la velocidad de giro, que a su vez vendrá limitada por el estado de deterioro del plástico. Hecho esto, el resto del tiempo se completa con la descarga de la bobina y el avance del tractor hasta la siguiente posición, ya que simultáneamente se habrá preparado la siguiente lámina para su recogida.

En la recogida manual se necesita mucho más tiempo, ya que el desalojo del plástico, confinado entre los mallazos del invernadero, se realiza a tirones desde el interior del mismo, y, además, las marañas de plástico, formadas como consecuencia de estos ti-

rones que fragmentan el film, tendrán que ser sacadas al exterior, teniendo en cuenta que, la manipulación de los fardos plásticos resultantes, es muy dificultosa.

Por otra parte, como resultado final del proceso de recogida mecanizada se obtiene una bobina de plástico con un cierto grado de compactación.

La lámina de plástico de la que ha resultado la bobina, para el caso estudiado, tiene una longitud y una anchura de 36 y 4 m, respectivamente. Tras la operación de bobinado, se ha obtenido un cilindro de plástico de 0.50 m de diámetro y una altura de 0.69 m, por lo que su volumen es de 0.135 m³.

La posibilidad de manipulación y transporte de esta bobina es muy superior con respecto a los fardos resultantes de la recogida manual.

Además, la bobina queda atada gracias al cabo que dejábamos tras el nudo que practicábamos en el aro extraíble de la máquina, con lo cual no existe peligro de que ésta se deslíe, ya sea por la acción del viento o por el resultado de su transporte o manipulación.

En el supuesto de un invernadero plano con unas dimensiones de 50 m de largo, una luz de 36 m y un solape entre las láminas de plástico de 0.40 m, retirando el plástico de la cubierta

de forma mecanizada obtendríamos un total de 16 bobinas que implicarían un volumen de 2 760 m³ (considerando que la forma de las bobinas es cúbica en vez de cilíndrica para así tener en cuenta los volúmenes muertos que resultan de la agrupación de cuerpos cilíndricos). Es decir, todo el residuo plástico podría ser transportado hasta su punto de procesado con una camioneta común, en un solo viaje, resultando totalmente innecesario el uso de un camión compactador.

En el caso de que, por cualquier motivo, fuese necesario almacenar las bobinas en la parcela del agricultor, el volumen que ocupan no implica ningún problema, más teniendo en cuenta que dichas bobinas pueden api-

larse unas encima de otras (si colocáramos 8 bobinas apoyadas sobre el terreno y las otras 8 sobre las anteriores, las 16 bobinas dispuestas de esta forma ocuparían una superficie de 2 m²).

La posibilidad de efectuar la retirada de las láminas plásticas en presencia del cultivo, las menores necesidades de mano de obra, y el ahorro de tiempo que se consigue en completar la operación, son otras de las ventajas que se derivan del proceso mecanizado de retirada de láminas plásticas con respecto al procedimiento manual.

No obstante, se considera que aún pueden introducirse algunas mejoras que se estudian en la actualidad.