

Se ha mejorado la eficiencia y las prestaciones, jugando el operario un papel importante en esta evolución

Innovación en máquinas plantadoras y trasplantadoras

En los últimos tiempos, las técnicas empleadas en la maquinaria de siembra y trasplante han evolucionado principalmente por las vías de la racionalización y la automatización, lo cual se evidencia en los modelos que los diversos fabricantes han presentado en las últimas ferias. Las innovaciones se aprecian en varios elementos de las máquinas, desde el dosificador automatizado hasta el abresurco.

Miguel Garrido y Constantino Valero.
Dpto. Ingeniería Rural. Universidad Politécnica de Madrid.

Patatas, ajos, ornamentales, son algunas de las especies en las que la implantación del cultivo se realiza a partir de órganos vegetativos (tubérculos y

bulbos) y no de semillas. A su vez, existen una gran variedad de especies hortícolas (lechuga, apio, cebolla, brócoli, puerro, tomate, etc.), industriales (tabaco, remolacha azucarera) y forestales, en las que la siembra se realiza en semilleros para posteriormente trasladar la plántula a su lugar definitivo de desarrollo mediante

trasplante, permitiéndose así un adelanto de la cosecha y una mejora en el desarrollo del sistema radicular (Orzolek, 1991).

Para llevar a cabo estas dos tareas mencionadas anteriormente, fueron diseñadas las máquinas agrícolas plantadoras y trasplantadoras. Como punto de partida referente a las innovaciones sufridas por estas máquinas, debemos de empezar por la mención de la máquina plantadora más extendida, y sobre la que se aplicaron un gran número de innovaciones en un periodo muy breve de tiempo: la plantadora de patatas.

Durante esta última década, tanto las máquinas plantadoras como las trasplantadoras, han sido objeto de aplicaciones innovadoras. De esta manera, se han logrado mejorar las eficiencias y las prestaciones de dichas máquinas,



Fotos 1, 2 y 3. Se pueden encontrar sistemas de distribución giratoria horizontal, incluso de hasta veinticuatro vasos de fondo abierto, o mediante la colocación en fila de las plántulas para cada una de las líneas de trabajo.

teniéndose al operario en cuenta para la obtención de dichos logros.

Las trasplantadoras, al igual que las plantadoras, pueden clasificarse en función de la necesidad de mano de obra en la alimentación de la máquina: mecánicas (3.500 plantas/hora y línea de producción) y automáticas (8.000 plantas/hora y línea de producción). Entendemos como trasplantadora mecánica aquella máquina que requiere de uno o varios operarios alimentando el sistema dosificador (cazoletas, vasos, etc.) mediante la extracción de las plántulas de la bandeja, mientras que llamamos trasplantadora automática a aquella en la que el operario solo tiene que reponer las bandejas sin realizar la extracción. En el caso de plantadoras de bulbos y tubérculos, prácticamente todas las plantadoras modernas son totalmente automatizadas al no requerir de operarios adicionales.

Sin embargo, en todos los casos dispondremos de un conjunto de elementos comunes: bastidor, ruedas compactadoras, sistema de alimentación y soporte/depósito de plantas.

Estas máquinas, a día de hoy, permiten el acoplamiento de diferentes dispositivos que aumentan la calidad de la tarea: esparcidores de abono, distribuidores locales de sustancias anti-parasitarias microgranuladas, tanques de agua que aporten un pequeño riego a las plántulas, distribuidores de cubierta plástica, marcadores, etc.

Alimentación mecánica

Las trasplantadoras mecánicas son muy abundantes en las operaciones hortícolas hoy en día, pero tienen el inconveniente de ser lentas y de requerir un significativo número de operarios para la alimentación y el manejo de la máquina.

En el caso de las trasplantadoras mecánicas, éstas sufrieron una gran mejoría en su eficacia, gracias a la posibilidad que se le dio al operario de disponer de más de un lugar de carga para la colocación de las plántulas. De esta manera, se permitía al operador colocar varias plantas rápidamente, y luego tener un breve tiempo para desenredar las plantas en lugar de tener que mantener el tiempo exacto para cada planta, consiguiéndose así una mejoría en la capacidad y ergonomía por parte del operario. Como ejemplo, en el mercado se pueden encontrar sistemas de distribución giratoria horizontal (fotos 1, 2 y 3), incluso de hasta veinticuatro vasos de fondo abierto, o mediante la coloca-



Foto 4. El modelo Trium, de Checchi & Magli, permite una regulación automática de la altura del chasis, gracias a un control electrohidráulico servoasistido.

ción en fila de las plántulas para cada una de las líneas de trabajo.

Por otro lado, la reserva de plántulas disponible para el operario, en comparación con las generaciones de máquinas anteriores, es mayor y con mayor facilidad de ser alcanzada gracias a un sistema de portabandejas giratorio.

En relación a la adaptación de la máquina a las diferentes condiciones de terreno, ésta se puede conseguir mediante la selección del tipo de ruedas compactadoras (de goma o metálicas), así como del aumento o reducción del peso sobre las ruedas compactadoras, mediante el empleo de un resorte reversible.

A la hora de citar algunas de las innovaciones más importantes, actualmente en las trasplantadoras mecánicas, no se puede olvidar la adaptación de las máquinas para operar con pequeños cepellones de cualquier forma (cilíndrica, cónica o piramidal) tanto normales como comprimidos.

Para conseguir un ajuste de la máquina a las deformaciones del terreno (desniveles, deformaciones de los cepellones o piedras), permitiéndose de esta manera la realización de una tarea homogénea en términos de profundidad, el modelo FX de la marca comercial Ferrari incorpora un sistema de adaptabilidad basado en un sistema oscilante de paralelogramo. Por otro lado, la marca Checchi & Magli dentro de su modelo Trium (foto 4), permite una regulación automática de la altura del chasis, gracias a un

control electro-hidráulico servoasistido.

Como sistema distribuidor, un gran avance que han tenido este tipo de máquinas lo podemos encontrar dentro del modelo Dual 12 Gold (Checchi & Magli). Esta máquina semiautomática presenta la novedad de que un único operario alimenta contemporáneamente dos hileras, distribuyendo así las plántulas a las dos hileras apareadas a tresbolillo. De esta manera se permite una reducción de la distancia mínima entre hileras.

Alimentación automática

Como oferta alternativa a las plantadoras de alimentación manual, en los últimos años han ido apareciendo en el mercado máquinas con dispositivos de alimentación totalmente automatizados. Las primeras máquinas en emplear este sistema de alimentación fueron las plantadoras de patatas, pasando este avance a posteriori a las plantadoras de ajos, cebollas y bulbos, de forma similar a la patata.

En la línea de la racionalización de los costes, varios fabricantes están poniendo a punto sistemas combinados de laboreo reducido asociados a plantadoras de patatas. Los resultados preliminares están siendo positivos (consumo reducido de gasóleo, menor erosión), al menos en condiciones óptimas del suelo, y pronto veremos nuevos modelos con estas características.



Foto 5. El modelo GL 420 de Grimme, presentado en Agritechnica 2011, es una máquina de cuatro surcos con tolva de 2 t de capacidad, que necesita 140 CV para operar.

Por otro lado, los constructores lanzan nuevos modelos orientados al agricultor medio, con tamaños compactos pero de capacidad notable. Un ejemplo es la nueva máquina que Grimme ha presentado en Agritechnica 2011, la plantadora GL 420 Exacta (**foto 5**). Es una máquina de cuatro surcos con tolva de 2 toneladas de capacidad, que necesita 140 CV para operar. Hereda partes de su diseño de la GFL34 pero modifica otras, como la situación de la tolva directamente encima del cultivador, para aprovechar la potencia-peso del conjunto. También modifica el sistema

abresurco y lo enlaza mecánicamente a los elementos conformadores del caballón, para cerrar rápido el suelo y que la patata no ruede por el fondo del surco. La máquina trabaja suspendida en el hidráulico del tractor, y se apoya frontalmente en el rodillo jaula situado delante de las rejas, y en la mesa conformadora de los caballones por la parte de atrás. Los cuatro dosificadores están monitorizados por un doble sistema de sensor en cada uno, asegurando precisión y fiabilidad en la deposición de los tubérculos.

Por tanto, en el diseño de esta máquina

prevalece el concepto de realizar en la misma operación la plantación de los tubérculos y la conformación de los caballones definitivos de cultivo. Aunque esto supone un ahorro significativo (de tiempo -40%- y de costes -hasta 20 €/ha-, según estudios realizados en Alemania por B. Wulf, 2005), no todos los agricultores son partidarios de este sistema, y algunos prefieren seguir separando la tarea de establecimiento del cultivo, de la de conformación de mesetas en el suelo. Sin duda las condiciones locales (suelo, clima) y la calidad de la operación condicionan el éxito final de realizar en una sola pasada ambas tareas, pues pueden aparecer problemas en la emergencia (costras de suelo impenetrables por los brotes). Para obtener un buen resultado empleando máquinas combinadas como la citada, se recomienda emplear patata de siembra de alto vigor, de mayor tamaño, y permitir que el suelo se seque hasta mayores profundidades antes de plantar, dado que los discos alomadores que tienen estas máquinas mueven gran cantidad de tierra a bastante profundidad, y la mesa conformadora posterior puede generar una superficie muy endurecida si trabaja en condiciones de alta humedad. De cualquier forma es común que algunos fabricantes ofrezcan alternativas a la mesa conformadora de los caballones, como son los rulos enrejillados en forma de diábolo (**foto 6**) que dejan el suelo más esponjado.

Trasplantadoras automáticas

Para el caso de las trasplantadoras, aunque estas máquinas no permiten una sustitución total de los operarios de una plataforma de distribución, sí queda reducida a un operario por cada tres o cuatro líneas de trasplante.

Las trasplantadoras automatizadas ofrecen un gran número de ventajas, pero son complicadas y caras, a la vez que requieren de un alto nivel de calidad de la planta y uniformidad.

Ya en 2002, Choi y colaboradores desarrollaron un dispositivo que permitía extraer mecánicamente las plántulas de una bandeja de 200 celdas y transferirlas a una posición desde la cual podían ser trasplantadas. Bajo este punto, y con el fin de facilitar su automatización, existe una necesidad de estandarización de bandejas de plántulas en crecimiento, ya visionado por Shaw desde 1993. De esta ma-



Foto 6. Es común que algunos fabricantes ofrezcan alternativas a la mesa conformadora de los caballones, como son los rulos enrejillados en forma de diábolo que dejan el suelo más esponjado.

nera se reduciría la dificultad en el diseño de una trasplantadora para manejar todos los tamaños de bandejas disponibles. Para ello horticultores, ingenieros y fabricantes deberán de trabajar de una manera conjunta, haciendo del trasplante mecánico automatizado una práctica aceptada.

Como ejemplo de este tipo de máquinas, se podría mencionar el modelo Futura de la empresa italiana Ferrari Costruzioni Meccaniche (fotos 7 y 8), una plantadora de hortalizas y tabaco con la que un solo operario puede alcanzar valores de 8.000 plantas por hora de trabajo efectivo. Para ello, el operario inserta la bandeja de plántulas automáticamente (del lado mayor del panel) todas las plantas de la misma fila, las cuales son recibidas por un número equivalente de pinzas móviles, adecuadas para alimentar el distribuidor. Mediante este nuevo sistema, se permite una adaptación a los paneles, así como la detección de los fallos para controlar y eliminar las plantas que faltan en el panel. Además, como innovación a destacar en este modelo, se encuentra la regulación electrónica de la distancia entre filas, así como el sistema automático nivelador.

Electrónica y agricultura de precisión

La electrónica ha sido una gran compañera de viaje para las máquinas plantadoras y trasplantadoras, permitiéndose gracias a



Fotos 7 y 8. Modelo Futura de la empresa italiana Ferrari Costruzioni Meccaniche, una plantadora de hortalizas y tabaco con la que un solo operario puede alcanzar valores de 8.000 plantas por hora de trabajo efectivo.



Checchi & Magli

Tecnologías para horticultura



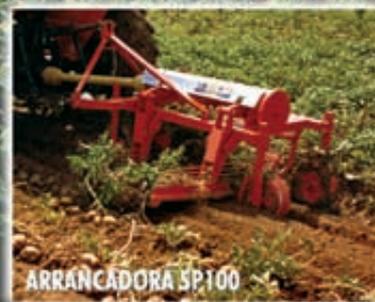
TRASPLANTADORAS



TRASPLANTADORAS

DUAL 12/8 GOLD

MAQUINAS PARA PATATAS



ARRANCADORA SP100



AL-S14

ACOLCHADORAS Y ENTABLONADORAS

SOLICITEN NUESTRO CATALOGO

Via Guizzardi, 38 40054 BUDRIO BOLOGNA ITALIA

Tel. 051.80.02.53 Fax 051.69.20.611

www.checchiemagli.com

esta unión un gran número de avances que facilitan y mejoran las tareas realizadas por estas máquinas.

Como primer dispositivo electrónico implantado dentro de estas máquinas, se menciona el relativo al control de fallos en la alimentación del distribuidor, que suele ser de tipo electro-óptico. A su vez, este tipo de sistemas dan lugar a innovaciones como la presentada por Kverneland en la feria Agritechnica, en 2009, que le hizo merecer la medalla de plata. El uso de un GPS de alta precisión junto con una sembradora con dosificador accionado eléctricamente, permite posicionar las semillas exactamente en el lugar deseado. Esto posibilita establecer cultivos en marcos de plantación distintos, como triangulares o cuadrados, que han demostrado ser más eficientes para la planta (remolacha, maíz) a la hora de aprovechar los recursos del suelo. En experiencias recientes desarrolladas por investigadores españoles y norteamericanos se ha construido un prototipo de trasplantadora con esta misma idea, capaz de georeferenciar con exactitud cada plántula situada en el campo (M. Pérez, D. Slaughter y colaboradores, 2010).

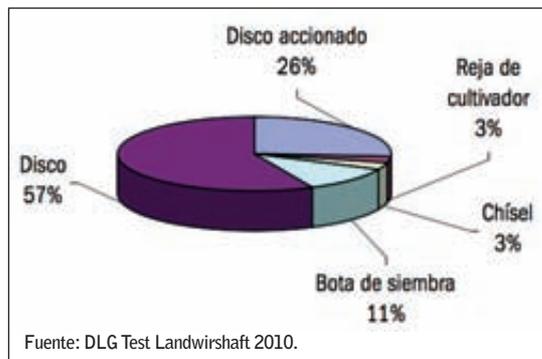
También se instalan otros dispositivos electrónicos para la determinación de la estabilidad, así como para determinar el deslizamiento, para lo que se emplea un detector inductivo junto con unos marcadores metálicos en la rueda de apoyo de la máquina que acciona el elemento distribuidor.

El desarrollo en los sistemas de guiado (GPS, DGPS, RTK) permitió determinar la anchura de trabajo de la máquina, tarea convencionalmente realizada mediante un dispositivo marca huella. Para la ayuda del autoguiado de la máquina se han desarrollado unos ingeniosos palpadores de surco, gracias a los cuales el vehículo puede seguir las líneas de plantación automáticamente sin intervención del conductor, existiendo la posibilidad de que un solo operario (conductor) se encargue de la reposición de bandejas en una plataforma de distribución autopropulsada.

Abriendo el surco

Cuando la racionalización se aplica a diseñar el elemento que va abriendo el suelo para depositar la semilla o planta, la lógica sugiere que el dispositivo sea lo más universal posible (para todo tipo de suelo y condiciones) y que

FIGURA 1
Tipo de dispositivo abresurco montado en las máquinas que se fabrican en la actualidad, según una encuesta realizada por la DLG.



ayude a ahorrar costes de uso. Una encuesta reciente hecha por la DLG (Sociedad Alemana de Agricultura) entre sus miembros, preguntaba qué tipo de dispositivo abresurco se montaba en las máquinas que se fabrican en la actualidad. Con gran diferencia, el más empleado es el disco cultivador (57%) junto con el disco accionado (26%), frente a otros elementos en desuso como la bota de siembra o las rejas cultivadoras (**figura 1**).

La electrónica en los componentes de laboreo está ganando cada vez más importancia. Ello permite aumentar el nivel de confort y fiabilidad de las máquinas considerablemente. La empresa Amazone incorpora en algunos modelos sensores en los tubos de caída para prevenir obstrucciones por barro que puedan obstruir la salida del material vegetal. Por su parte, el fabricante Väderstad ha desarrollado un sistema automático que permite fijar la profundidad de plantación en el terminal electrónico de la cabina. La profundidad es mantenida gracias a un cilindro hidráulico que actúa sobre el bastidor, cuya deflexión es medida continuamente por un sensor de ultrasonidos. Adicionalmente el elemento dosificador es conectado o desconectado dependiendo del valor real de profundidad de plantación.

Conclusiones

Muchos avances y mejoras han sido logrados gracias a la implantación de innovaciones sobre las máquinas plantadoras y trasplantadoras, alcanzándose una mayor precisión en la siembra y trasplante.

Se espera ver un mayor énfasis en los sistemas automatizados de trasplante, al ser la mano de obra agraria un bien cada vez menos disponible, como en otros ámbitos de la mecanización hortícola.

El factor más importante para el desarrollo de mejoras en los equipos de plantación y trasplante radica en la estrecha colaboración entre los horticultores y los ingenieros agrícolas. A menudo, los cambios en las prácticas culturales (por ejemplo, la normalización de la bandeja) deben acompañar a las tareas de ingeniería de diseño, para lograr así un sistema mecanizado que funcione

de manera eficaz y responda a las necesidades de los productores. Horticultores e ingenieros agrónomos tienen una larga historia de cooperación eficaz y eso debe continuar así. ●

Bibliografía ▼

Agüera, J.; Gil, J.A., 2004. El control de la compactación y técnicas de agricultura de precisión. II Jornada Iberoamericana de Agricultura de Conservación. Albacete (España).

Barreiro, P.; Ruiz-Misent, M. 2000. Características de las máquinas plantadoras y trasplantadoras. *Vida Rural* n° 109 pp: 58-62.

Barreiro Elorza, Pilar y Diezma Iglesias, Belen y Valero Ubierna, Constantino (2008) Alta tecnología aplicada a las máquinas trasplantadoras. *Vida Rural* (273). 28 - 32. ISSN 1133-8938

Barreiro Elorza, Pilar y Valero Ubierna, Constantino (2003) Máquinas plantadoras y trasplantadoras. *Agroequipos* (4). pp. 44-49.

Choi, W.C., D.C. Kim, I.H. Ryu, and K.U. Kim. 2002. Development of a seedling pickup device for vegetable transplanters. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 45(1):13-19.

Jahrbuch Agrartechnik, DLG, 2010 y 2011.

Richard L. Parish. Current Developments in Seeders and Transplanters for Vegetable Crops *HortTechnology* April-June 2005 15(2)

Shaw, L.N. 1993. Changes needed to facilitate automatic field transplanting. *HortTechnology* 3(4):418-420.

Sun, H., D.C. Slaughter, M. Pérez Ruiz, C. Gliever, S.K. Upadhyaya, R.F. Smith, RTK GPS mapping of transplanted row crops, *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 71, Issue 1, April 2010, Pages 32-37,

Orzolek, M.D. 1991. Establishment of vegetables in the field. *HortTechnology* 1(1):78-81.