Nuevas herramientas de control

Desarrollo de tecnologías avanzadas para el control preciso de mala hierba

Dr. Manuel Pérez-Ruiz y Jorge Martínez Guanter (Grupo de Investigación AGR-278; Smart Biosystems Laboratory (SBL). Dpto. de Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos. Área de Ingeniería Agroforestal. Universidad de Sevilla. manuelperez@us.es)

La mejora de los procesos de control de malas hierbas es una necesidad constante para el desarrollo de la actividad agrícola. Hoy en día los avances en este campo se basan en el uso de tecnologías de vanguardia en teledetección, visión artificial, drones, *data management* y automatización. Estos son algunos de los recursos sobre los que se construye hoy la agricultura del futuro.

En los últimos meses, en medios del sector agrícola se ha venido escribiendo sobre la 'Agricultura Digital' o la 'Agricultura 4.0', términos relacionados con la incorporación de técnicas innovadoras en el campo, y que se engloban dentro del concepto de 'Agricultura de Precisión'. No somos muy partidarios de poner adjetivos a la agricultura, más bien pensamos que cada época nos proporciona unas herramientas y oportunidades para tomar mejores decisiones y conseguir una agricultura más productiva, más sostenible y menos ávida de recursos. Si se nos pidiera una definición simple de la 'Agricultura de Precisión', podríamos decir que se trata de un tipo de agricultura que implica una gama amplia de tecnologías avanzadas que pueden agruparse en robótica y automatización, imágenes y sensores, digitalización y *big data*, y bioingeniería. Por supuesto todas estas tecnologías deben de estar interconectadas. De esta forma lo ve también Roland Berger Strategy Consutlans GmbH en su trabajo '*Business opportunities in Precision Farming: Will big data feed the world in the future?*

Tradicionalmente, el control de la mala hierba se ha realizado de forma manual hasta la entrada en escena de los productos fitosanitarios. Esta labor manual exigía una gran cantidad de mano de obra y en la práctica se ha convertido en algo obsoleto. El uso de los agroquímicos también se ve restringido por legislaciones cada vez menos permisivas en aspectos tan relevantes como la seguridad alimentaria, buscando regular la eficacia de las aplicaciones y aumentar la seguridad de las personas en el medio. Ante esto resulta clave tener un plan, contar con diferentes métodos de acción capaces de realizar automáticamente estas labores de forma efectiva y segura. En los siguientes párrafos se recogen aquellas tecnologías avanzadas de las que se dispone hoy en día en el sector de la protección de cultivos, tanto en detección y reconocimiento de mala hierba como en su control de forma precisa.

Actualmente, si hacemos una revisión por artículos de revistas y capítulos de libros especializados, la mayoría de los autores siguen presentado el método de detección de mala hierba como una importante barrera para conseguir sistemas automáticos y robóticos de protección de cultivos agrícolas (ej. Cope y col., 2012; Christensen y col., 2009). Trabajos como los desarrollados por Weis y Sökefeld (2010) y Slaughter y col. (2008) nos proporcionan un buen compendio de las técnicas que se han desarrollado para detectar diferencias entre plantas de cultivo y malas hierbas.

Figura 1. Sensores identificando y boquillas pulverizando sobre mala hierba en barbecho.

Con respecto a la actuación necesaria para la eliminación de mala hierba, son dos las líneas más importante que se están abordando. Una es la eliminación de mala hierba mediante la aplicación inteligente de herbicidas, únicamente allí donde existe mala hierba, mediante la dosis correcta y de forma eficaz. La otra es la automatización en la eliminación física de malas hierbas con sistemas mecánicos de alta precisión. Como se comentaba, existe una presión social importante para reducir el uso de químicos en la agricultura, lo que supone una fuerte motivación para conseguir sistemas de control de mala hierba más sostenibles.

Sistemas para detectar plantas de forma individual mediante sensores ópticos

Podemos decir que detectar de forma automática mala hierba antes de que el cultivo de haya desarrollado o que estén instaladas en un terreno en barbecho es considerablemente menos complejo que detectar la malas hierbas que crecen en un fondo vegetativo (Figura 1). A nivel comercial existe tecnología e índices de vegetación maduros para discriminar entre planta y fondo no vegetativo (por ejemplo, 'WeedSeeker', NTech Industries 2012). Para aquellos que quieran profundizar puede leer la revisión de índices de vegetación que Soctford y Miller (2005) hicieron para detectar plantas.

Un segundo nivel de reconocimiento de malas hierbas sería el empleo de técnicas de visión artificial, que permiten reconocer, extraer y cuantificar parámetros morfológicos de las plantas con el objetivo de discriminar entre mala

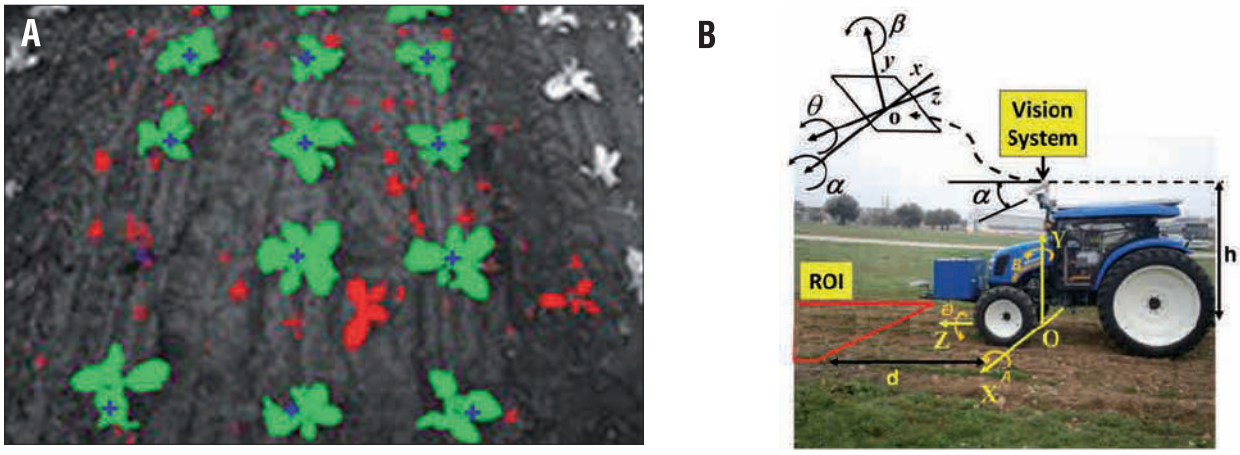

Figura 2. A) Mapa de pseudocolor donde se muestra la planta de cultivo (color verde) y la mala hierba (color rojo) de Southall y col. (2002); B) tractor autónomo dotado de sistema de visión embarcado para reconocer el patrón de las líneas de siembra e identificar plantas de mala hierba fuera de la línea de cultivo.

hierba y cultivo. Podemos encontrar, entre otros, reconocimiento por la forma de la hoja – técnicas específicas de procesamiento de imágenes capaces de segmentar la hoja del fondo y extraer sus características morfológicas- y por la forma de la planta. Dentro de este último reconocimiento podemos encontrarnos trabajos donde se reconoce la mala hierba por su figura, por la textura, por la luz reflejada (espectroscopía) y usando el contexto espacial (Figura 2a y b).

Generación de mapas de infestación de mala hierba mediante sensores ópticos embarcados en drones

Se está trabajando intensamente a nivel de investigación para que unidades aéreas no tripuladas sean capaces de detectar malas hierbas presentes en las parcelas. Los drones equipados con las cámaras o sensores multiespectrales adecuados pueden generar mapas precisos de infestación, pero la información se debe procesar de forma muy rápida para evitar que transcurra mucho tiempo entre el análisis del mapa y la aplicación, ya que puede suceder que la dosis prefijada no corresponda exactamente con la que se necesita en el momento de la aplicación.

Sistema para localizar plantas de cultivo de forma individual mediante posicionamiento GNSS-RTK

Algunos grupos de investigación están trabajando en sistemas que permitan obtener con una alta precisión las coordenadas (X, Y) de la semilla durante la operación de siembra (ej. algodón) (Ehsani y col., 2004) o de la planta en el momento de colocarla en el suelo mediante trasplante (ej. tomate) (Sun y col., 2010). Para ello se requiere el montaje sobre la sembradora o trasplantadora de un equipo RTK-GNSS de manera que cada vez que una semilla cae por la bota de siembra y es colocada en el suelo quedan registradas sus coordenadas con precisión centimétrica (X,Y). Esto permite tener, al finalizar la operación de siembra o trasplante, la información necesaria para construir un mapa de la parcela con las semillas o plantas geo-referenciadas. El hecho de conseguir este mapa de dónde se encuentran las plantas con alta precisión, permite posteriormente eliminar toda la vegetación que no se encuentra en esas coordenadas, bien de forma mecánica o con la aplicación de herbicida localizado.

Sistemas de aplicación inteligente de herbicidas

En el marco del proyecto de investigación RHEA, la empresa de base tecnológica AGROSAP ha diseñado y construido un equipo de aplicación de herbicida inteligente con sensores e instrumentación, que permite: 1) el control automático de tramos y/o boquillas, 2) la inyección directa, y 3) la aplicación variable de herbicida. Con este equipo el tratamiento químico se puede realizar a partir de un mapa de infestación de malas hierbas construido a partir de las imágenes e información tomada por unidades aéreas (ej. UAVs). Resultados preliminares con este equipo han mostrado ahorros de hasta el 60-70% en productos herbicidas.

Sistemas mecánicos de aplicación inteligente

El control de la mala hierba de forma automatizada, y sin uso de herbicidas, es uno de los mayores retos que se presentan en los países industrializados. Este apartado hace referencia a los sistemas automáticos y mecánicos de eliminación de la mala hierba en la propia línea de cultivo. Nos centraremos en dos de los sistemas más prometedores, en opinión del autor, para el control mecánico de la mala hierba en línea de cultivo: disco rotativo controlado por un sistema de visión (Robocrop) (Tillett y col., 2007) y rejas neumáticas controladas por mapa de cultivo (Perez-Ruiz y col., 2012).

En el caso de rejas neumáticas controladas por mapa de cultivo, se requiere que durante la operación de plantación del cultivo cada una de las plantas sean geo-referenciadas (X,Y) con un sistema de posicionamiento global en tiempo real (GNSS-RTK) instalado en la plantadora como se describió anteriormente, lo que permite obtener los mapas de plantas de cultivo geo-referenciadas con precisión centimétrica (±2 cm).

El equipo diseñado consta de un par de cuchillas móviles con accionamiento neumático que permite abrir y cerrar las cuchillas evitando la planta de cultivo al pasar junto a ella (Figura 3). Las cuchillas están situadas en el centro de la línea del cultivo y se aproximan a la planta de cultivo en su configuración de trabajo *cerradas*, en las proximidades a la planta cambia su configuración y se *abren*. La apertura y cierre de las rejas es activada, a través de unos cilindros neumáticos, por la información procedente del mapa de cultivo generado. La profundidad de la labor es de 3-4 cm durante el espaciado entre plantas de cultivo, dejando una zona de seguridad para no provocar daño a la raíz, muy próxima a la planta.

Lanzadera®

Calcio

Ligado a la calidad del fruto aumentando su vida útil

AGROMÉTODOS, S.A.
Alamos, 1 • Urb. Monteclaro • 28223 - Pozuelo de Alarcón (Madrid) • Tel. 91 352 43 96
agrometodos@agrometodos.com • www.agrometodos.com

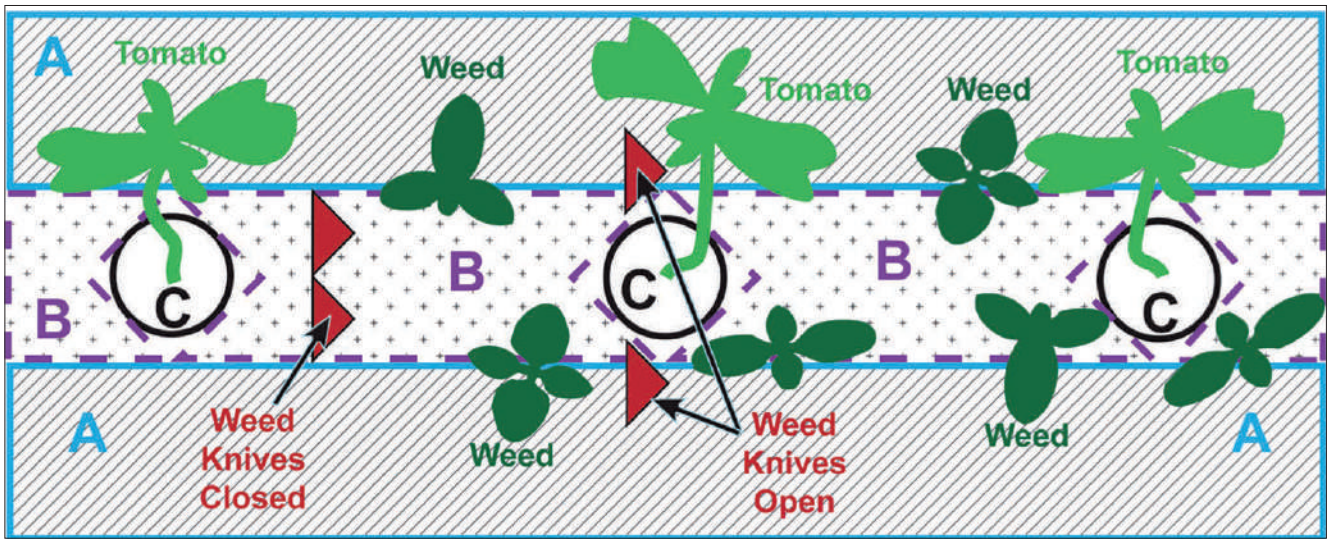

Figura 3. Ilustración de las tres zonas de control: A= entre líneas, B= línea de cultivo, y C= zona de seguridad. Posición 1: se muestran las rejas cerradas realizando la operación de control. Posición 2 muestra la rejas abiertas evitando la planta de cultivo.

Conclusiones

Aquí hemos mostrados algunos de los métodos y desarrollos automáticos y robustos en los que se ha trabajado para buscar diferencias entre cultivo y mala hierba, y para diseñar un sistema de control preciso. Cada día contaremos con cámaras de más resolución para la detección, y mejores UAVs y algoritmos que ayuden a una buena discriminación. Los sistemas de actuación también están en continuo desarrollo con la incorporación de micro-contralores, GNSS y sensores e instrumentación que permiten un tratamiento individualizado de cada planta adaptado a la misma.

Sin duda, en los próximos años veremos considerables avances en la automatización de las tareas agrícolas a nivel europeo.

Agradecimientos: Este artículo ha sido posible gracias a la financiación del proyecto Nacional 'AGL2013-46343-R' y el proyecto Autonómico de Excelencia 'P12-AGR-1227'. Los autores desean expresar su reconocimiento al Grupo de Investigación AGR-278 'Smart Biosystems Laboratory' compartido entre la Universidad de Córdoba y la Universidad de Sevilla.

BIBLIOGRAFÍA

Christensen, S., Søgaard, H.T., Kudsk, P., Nørremark, M., Lund, I., Nadimi, E.S., Jørgensen, R. 2009. Site- specific weed control technologies. Weed Res 49:233–241.

Cope, J.S., Corney, D., Clark, J.Y., Remagnino, P., Wilkin, P. 2012. Plant species identification using digital morphometrics: a review. Expert Syst Appl 39:7562–7573.

Ehsani, M.R., Upadhyaya, S.K. & Mattson, M.L. 2004. Seed location mapping using RTK-GPS. Transactions of the ASABE, Vol. 47 (3): 909-914.

Pérez-Ruiz, M., Slaughter, D.C., Gliever, C.J. & Upadhyaya, S.K. 2012. Automaic GPS-based intra-row weed knife control system for transplanted row crops. Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 80, pp.41-49

Scotford, I.M., Miller, P.C.H. 2005. Applications of spectral reflectance techniques in Northern European cereal production: a review. Biosyst Eng 90(3): 235–250.

Slaughter, D.C., Giles, D.K., Downey, D. 2008. Autonomous robotic weed control systems: a review. Comput Electron Agric 61:63–78.

Southall, B., Hague, T., Marchant, J.A., Buxton, B.F. 2002. An autonomous crop treatment robot: Part I. A Kalman fi lter model for localization and crop/weed classification. Int J Robot Res 21(1):61–74

Sun, H., Slaughter, D.C., Pérez-Ruiz, M., Gliever, C., Upadhyaya, S.K. & Smith, R.F. 2010. RTK GPS mapping of transplanted row crops. Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 71(1), pp.32-37.

Tillett, N.D., Hague, T., Grundy, A.C., Dedousis, A.P. 2007. Mechanical within-row weed control for transplanted crops using computer visión. Biosystems Engineering, Vol. 99, pp. 171-178.

Weis, M., Sökefeld, M. 2010. Chapter 8: Detection and identification of weeds. In: Oerke E-C et al (eds) Precision crop protection – the challenge and use of heterogeneity. Springer, Dordrecht, pp 119–134. doi: 10.1007/978-90-481-9277-9_8