

## Resumen

La agricultura del siglo XXI se enfrenta a múltiples desafíos. Por un lado, debe proporcionar suficientes alimentos para satisfacer las necesidades de la población mundial en pleno crecimiento, haciendo un uso eficiente y sostenible de los recursos disponibles, y por otro lado debe hacer frente a una creciente demanda de productos con alta calidad impulsada por parte de los consumidores. Para ello debe apoyarse en avances tecnológicos. En la producción de cultivos, el frecuente uso de pesticidas y en particular de los herbicidas se encuentra bajo el foco de la atención pública. La normativa europea obliga al uso sostenible de los productos fitosanitarios, entre ellos los herbicidas. Si bien estos productos son necesarios en las estrategias de gestión y control de malas hierbas, para garantizar el máximo rendimiento de los cultivos, también causan efectos negativos en el medio ambiente y la salud humana. Sin embargo, su ausencia supondría pérdidas incalculables en la lucha contra las malas hierbas.

En los últimos años, muchos herbicidas han sido retirados del mercado, debido a que se buscan productos menos tóxicos para el medio ambiente, la salud humana y organismos no objetivo y menos persistentes. Esto ha provocado un aumento en la inversión para la investigación y el desarrollo de productos herbicidas más sostenibles. Sin embargo, hoy en día, hay pocas opciones comerciales que puedan reemplazar eficazmente a los herbicidas tradicionales. La comunidad agrícola ha posicionado al ácido pelargónico (PA) como una buena alternativa a los herbicidas de contacto convencionales, e incluso al glifosato en ciertas situaciones. El PA es un herbicida no selectivo de contacto, que presenta un buen control de las malezas sin dañar el medio ambiente. Sin embargo, su uso en la agricultura se encuentra limitado debido a algunos inconvenientes, como los problemas de su formulación, el olor rancio y desagradable después de su aplicación y principalmente las altas dosis de pulverización a las que debe ser aplicado para que sea efectivo, teniendo un coste elevado, comparado con otros herbicidas disponibles en el mercado.

Por estas razones, el objetivo de esta tesis fue primero desarrollar un nuevo compuesto no tóxico con actividad herbicida, que pudiera ser una alternativa a los herbicidas convencionales. A continuación, se estudiaron las condiciones óptimas de aplicación de la nueva sustancia: dosis de aplicación, ajustes de las barras de pulverización y condiciones climáticas fueron definidas para un mayor rendimiento de la nueva sustancia. Igualmente, se usaron

coadyuvantes en el caldo, para incrementar la actividad del nuevo herbicida. Además, el modo de acción de la nueva sustancia fue investigado.

Los resultados de esta tesis doctoral reportan la actividad herbicida de trece compuestos a base de ésteres de ácidos grasos, que podrían ser alternativas sostenibles para el control de malas hierbas. Su efectividad herbicida fue evaluada sobre *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. y *Solanum nigrum* L. Todos los componentes mostraron una interesante actividad herbicida de contacto que no está relacionada con el ácido libre de los ácidos grasos, además de buenas propiedades fisicoquímicas. La mayor eficacia se obtuvo con el éster de ácido pelargónico de polietilenglicol metilado (PA-MPEG), con seis óxidos de etileno.

El PA-MPEG es un compuesto líquido, soluble en agua y sin olor rancio, debido a su nula volatilidad, a diferencia del PA. También tiene unas excelentes propiedades mojantes, pudiéndose diluir directamente en agua y aplicar sin la necesidad de una formulación, en contraste con el PA. PA-MPEG fue pulverizado a diferentes caudales, proporcionando un control de las malas hierbas estudiadas igual o mejor que el obtenido por los herbicidas comerciales a base de PA. La aplicación de PA-MPEG a una tasa de 12.8 kg de ácido equivalente de PA por hectárea con un caudal de 500 L por hectárea, fue la dosis más adecuada para lograr un excelente control (90 %) de las malas hierbas con un tamaño medio (18-20 cm; BBCH 16-22). Esta dosis de producto y el volumen de caldo son relativamente más bajos que los recomendados en la etiqueta del herbicida comercial a base de PA, formulado con una concentración de 273.4 g L<sup>-1</sup>. Como PA-MPEG y PA tienen actividad de contacto y su eficacia depende de la cobertura de rociado, en el estudio se reportó y se confirmó que las pulverizaciones realizadas con caudales inferiores a 200 litros por hectárea presentaron un control deficiente sobre *D. sanguinalis* y *S. nigrum*, al ser la cobertura de rociado y la penetración en el follaje insuficiente.

La eficacia de PA-MPEG a una dosis subóptima fue mejorada cuando la aplicación se realizó con la barra de pulverización a una altura menor, lo que redujo la distancia al follaje de las malas hierbas. Condiciones climáticas cálidas (T: 33 °C; 30 % r.h.) durante la aplicación y los siguientes días también favorecieron el control de malas hierbas con PA-MPEG. Ambos aspectos de la aplicación podrían ser útiles para reducir las dosis de pulverización de PA-MPEG, manteniendo su eficacia. El uso de aditivos en el rociado también incrementó la efectividad de PA-MPEG. Aunque varios coadyuvantes adicionados al caldo de pulverización potenciaron la eficiencia de PA-MPEG sobre *D. sanguinalis* y *S. nigrum*, el coadyuvante a base

de aceite de semilla etilado/metilado fue el preferido, debido a su nula fitotoxicidad por sí mismo y a su efecto en la penetración cuticular de PA-MPEG.

Además de reportar PA-MPEG como una alternativa a los herbicidas convencionales, la nula volatilidad de PA-MPEG sugiere que este grupo éster podría ser una solución interesante para evitar los problemas de volatilidad en nuevos pesticidas o corregirlos en los productos existentes, como los herbicidas auxínicos.