

Cultivos de cobertura: una estrategia con potencial para disminuir el impacto ambiental de herbicidas

Baigorria Tomas, Belluccini Pablo, Cazorla Cristian, Aimeta Bethania, Ortiz Jimena,
Pegoraro Vanesa, Boccolini Monica, Faggioli Valeria
EEA INTA Marcos Juárez,
baigorria.tomas@inta.gob.ar

Palabras clave: cultivos de cobertura – herbicidas - ambiente

Resumen

El incremento en los costos de los herbicidas, sumado a cuestiones ambientales, impulsa la necesidad de encontrar alternativas que reduzcan su uso. Los cultivos de cobertura (CC) representan una práctica con potencial para el manejo racional de malezas. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de la utilización de CC y dos programas de control de malezas diferentes en la productividad de los cultivos y el impacto ambiental en una rotación soja/maíz. Se utilizó para ello el coeficiente de impacto ambiental (EIQ) que contempla el consumo de herbicidas (dosis, concentración de producto y número de aplicaciones). En 2013 se instaló un ensayo en la EEA INTA Marcos Juárez. Se evaluaron los tratamientos: Triticale (*X triticosecale Whittmack*) rolado (T), *Vicia villosa* Roth rolada (V) y un barbecho sin CC (B). En T se sembró la soja (campaña 2013/2014 y 2015/2016) y en V se sembró maíz (campaña 2014/2015 y 2016/2017). Los valores de EIQ siempre fueron menores en los tratamientos con CC, a su vez los rendimientos de soja y maíz no fueron afectados por la utilización de CC. Los CC se presentan como herramientas importantes para un manejo racional y sustentable de malezas sin disminuir los rendimientos.

Introducción

La gran adopción que tiene la siembra directa y la utilización de cultivares de soja resistentes a glifosato, generó que el sistema productivo sea cada vez más dependiente de la utilización de herbicidas de amplio espectro como el glifosato. Así, en los últimos 10 años se ha verificado un incremento significativo en las dosis y frecuencias de aplicaciones de herbicidas en los sistemas agrícolas y mixtos. La principal causa de esto puede correlacionarse con la aparición de tolerancia y resistencia de ciertas malezas al glifosato (Rainero, 2008). El incremento en los costos de los herbicidas, sumado a las cuestiones ambientales, impulsa la necesidad de encontrar alternativas que reduzcan el uso de los mismos. Para aumentar la sostenibilidad de las estrategias de manejo de malezas, el proceso de toma de decisiones debe incorporar una evaluación del impacto ambiental (Stewart et al., 2011). El coeficiente de impacto ambiental EIQ (sigla en inglés) puede ser usado para comparar diferentes plaguicidas o bien diferentes programas de manejo de las malezas de forma de obtener que programa o herbicida presenta un menor impacto ambiental. Los CC representan una práctica con potencial para, entre otros objetivos, reducir el uso de herbicidas y disminuir a su vez el impacto sobre el medio ambiente. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de la utilización de CC y dos programas de control de malezas en la productividad y el impacto ambiental en una rotación soja/maíz.

Materiales y métodos

Desde el año 2013 se lleva a cabo un experimento en el campo experimental de la EEA INTA Marcos Juárez (Córdoba, Argentina), sobre un suelo Argiudol típico, capacidad de uso (I) (INTA, 1978). El mismo es una secuencia de cultivos soja – maíz bajo siembra directa, en la cual el antecesor de la soja es triticale (T) mientras que la vicia villosa (V) es el antecesor de maíz, a su vez esta misma secuencia soja – maíz se realiza sin CC. El diseño experimental es en bloques completos aleatorizados con arreglo en parcela dividida con tres repeticiones. La parcela principal son T o V como CC y un testigo sin CC denominado barbecho (B), y la parcela secundaria dos manejos de malezas, con control adicional con herbicidas en postemergencia (CPOS) y sin control adicional con herbicidas en postemergencia (SPOS) en soja y maíz. Los CC se sembraron sin fertilizar, en los meses de Mayo - Junio, con una densidad de 150 plantas

m² en triticale y 25 plantas m² en vicia villosa, con una distancia entre surcos de 17,5 cm. Se determinó materia seca de los CC (kg ha⁻¹) al momento de secado (Método mecánico "rolado"), el que se realizó en los meses de Octubre - Noviembre dependiendo de las condiciones de cada campaña (fotos 1 y 2). El rolo utilizado en este experimento es de la marca JLS, con un ancho de labor de 2 m y un diámetro de 0,5 m. Posee cuchillas dispuestas en forma recta (sin filo) y un peso lleno con agua de 880 kg. Posterior al rolado del triticale se sembró la soja (campaña 2013/2014 y 2015/2016) y posterior al rolado de vicia villosa se sembró maíz (campaña 2014/2015 y 2016/2017) incluyendo además al barbecho sin CC.

Foto 1. Rolada de triticale cv Yagán INTA en el estado fenológico correspondiente a antesis.



Foto 2. Rolado de vicia villosa en estado fenológico correspondiente a 100% de floración.



El programa de aplicaciones de herbicidas en las diferentes campañas evaluadas se detalla en la (Tabla 1). Se cuantificó la producción de granos de soja y de maíz (kg ha⁻¹) cosechando dos surcos centrales de cada parcela. Para el cálculo del EIQ se utilizó el método propuesto por Kovach et al., (1992), los valores de EIQ de cada herbicida fueron tomados del sitio:

http://www.nysipm.cornell.edu/publications/eiq/files/EIQ_values_2012herb.pdf . A partir de las dosis, número de aplicaciones y el ingrediente activo se calcula el EIQ de campo como se muestra a continuación: EIQ de campo= EIQ* Porcentaje de ingrediente activo* Dosis* N° de aplicaciones

Tabla 1. Programa de control de malezas en las diferentes campañas evaluadas en soja y maíz. Mes de la aplicación del herbicida y dosis de ingrediente activo utilizado en los dos manejos de malezas, con control adicional con herbicidas en postemergencia (CPOS) y sin control adicional con herbicidas en postemergencia (SPOS) en barbecho y cultivo de cobertura.

Campaña	Cultivo	Anteceso	Control de malezas	Mes	Ingrediente Activo	Dosis (Kg o l p.f. ha ⁻¹)
2013/2014	Soja	Barbecho	CPOS	05/08/09/11/12	MM+D/G/G/2,4D+G/G	0,005+0,12/1,5/1,8/1+1,8/2,5
			SPOS	05/08/09/11	MM+D/G/G/2,4D+G	0,005+0,12/1,5/1,8/1+1,8
		Triticale	CPOS	05/12	MM+D/G	0,005+0,12/1,8
			SPOS	05	MM+D	0,005+0,12
2014/2015	Maíz	Barbecho	CPOS	06/11/12/01	G/G+2,4D/C/G	1,8/2+0,8/0,7/1,5
			SPOS	06/11/12	G/G+2,4D/C	1,8/2+0,8/0,7
		Vicia villosa	CPOS	06/12/01	G/C/G	1,8/0,7/1,5
			SPOS	06/12	G/C	1,8/0,7
2015/2016	Soja	Barbecho	CPOS	07/10/11/12	G/G/G/G	1,5/2/2/2
			SPOS	07/10/11	G/G/G	1,5/2/2
		Triticale	CPOS	12	G	2
			SPOS	-	-	-
2016/2017	Maíz	Barbecho	CPOS	06/10/12	G/2,4+G/G	2/2,8+1/2
			SPOS	06/10	G/2,4+G	2/2,8+1
		Vicia villosa	CPOS	06/12	G/G	2/2
			SPOS	06	G	2

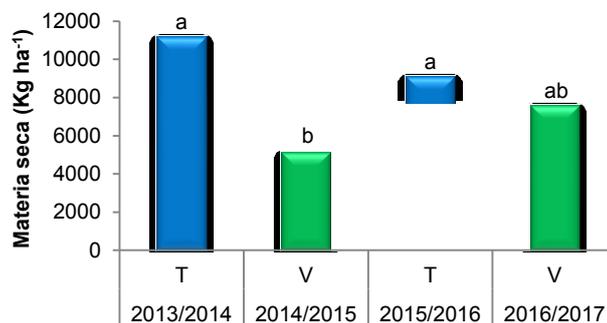
MM= Metsulfurón metil (60%); D= Dicamba (58%); G= Glifosato; 2,4D= Acido 2,4-diclorofenoxiacético (30%) y C= Cletodim (24%).

Resultados y discusiones

El nivel de producción de materia seca al momento de secado vario significativamente ($p < 0,05$) entre especies (Gráfico 1). La materia seca promedio de T y V fue de 10158 y 6377 kg ha⁻¹ respectivamente. Trabajos realizados con triticale como CC en la región sudeste de la provincia de Córdoba en suelos Arguidoles típicos, mostraron que la producción de MS es variable según el año y manejo aplicado. Por ejemplo en años con un adecuado perfil de humedad (entre 80 y 100% de la capacidad de campo) y aplicación de 100 kg N ha⁻¹ en forma de UREA se alcanzaron producciones de materia seca de 15940 kg ha⁻¹ (Bertolla et al., 2012), mientras que en años con contenidos de humedad (inferiores al 50% de capacidad de campo) a la siembra se lograron producciones de 5560 kg ha⁻¹ (Baigorria & Cazorla, 2010).

Dentro de las leguminosas, vicia villosa es una especie con buen comportamiento a las bajas temperaturas, aporte de N y control de malezas (Ebelhar et al., 1984; Clark et al., 1995; Renzi et al., 2008; Vanzolini et al., 2012), con producciones de materia seca que van de los 3000 a 8000 kg ha⁻¹ (Capurro et al., 2012; Rillo et al., 2012; Baigorria et al., 2011; Vanzolini et al., 2012). Estos datos, muestran que el manejo y los ambientes influyen en la producción de MS del CC (gramíneas y leguminosas), lo cual puede producir diferentes resultados en el grado de supresión de las malezas según la situación de análisis.

Gráfico 1. Producción de materia seca (kg ha^{-1}) al momento de secado de triticale (T) y vicia villosa (V) para las diferentes campañas evaluadas. Letras distintas indican diferencias significativas entre campañas según LSD Fisher ($p < 0,05$).



Durante las campañas analizadas los rendimientos de soja y maíz variaron entre 4032 a 1108 y 10847 a 1991 kg ha^{-1} respectivamente (Gráfico 2a). Tanto en soja como en maíz no se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) por hace un CC respecto de B cuando se hizo CPOS. Los rendimientos de soja en los tratamientos CPOS siempre fueron significativamente mayores ($p < 0,05$) respecto de SPOS, independientemente del antecesor, mientras que en los rendimientos de maíz CPOS siempre fueron significativamente mayores a los SPOS, salvo en V la campaña 2016/2017.

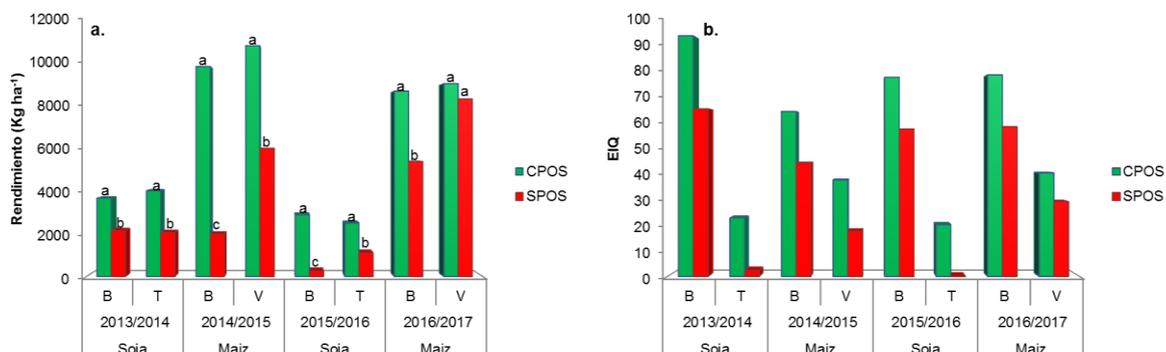
En los tratamientos SPOS los rendimientos siempre fueron significativamente ($p < 0,05$) mayores con CC respecto de B, salvo la campaña 2013/2014. En B se observaron los incrementos más altos en el rendimiento en soja (1082% campaña 2015/2016) y maíz (395% campaña 2014/2015) por hacer CPOS. Mientras que en T y V se observaron los incrementos más bajos en el rendimiento de soja (105% campaña 2013/2014) y maíz (8,6% campaña 2016/2017) por hacer CPOS. En promedio el rendimiento de soja y maíz en los tratamientos SPOS rinden un 24% (384 Kg ha^{-1}) y un 48% (3488 Kg ha^{-1}) más en T y V respecto de B, a su vez Reddy (2003) encontró que el rendimiento de soja SPOS es un 35% mayor en centeno utilizado como CC, por otro lado (Mischler et al., 2010) obtuvo 74% más de rendimiento en maíz SPOS utilizando vicia villosa como CC respecto de un testigo sin CC. En términos generales, los CC han incrementado o no han afectado los rendimientos de los cultivos de soja y maíz.

Los valores de EIQ de campo variaron en soja y maíz entre 94,33 a 0 y 78,9 a 17,7 para las cuatro campañas evaluadas presentando la misma tendencia $T < B$ y $V < B$ (Gráfico 2b). Considerando las dos campañas de soja el EIQ de campo en CPOS y SPOS se redujo un 74,9% y un 98% en T respecto de B, mientras que en las dos campañas de maíz la reducción de esta variable en V fue del 45,4% y 54,4% respecto de B. Cabe mencionar que en Argentina en el año 2015 los valores de EIQ de campo promedio para soja tolerante a glifosato y soja convencional fueron de 55,46 y 55,84 respectivamente (Brookes & Barfoot 2017), esto acentúa la importancia del rolado de los CC para reducir los valores de EIQ de campo.

Marzetti *et al.* (2017) calcularon para maíz sin malezas difíciles y con malezas difíciles en la zona núcleo de Argentina valores de EIQ de campo de 130 y 200 mientras que Cabrini *et al.* (2016) obtuvo para la misma región valores de 87,7. En este trabajo el promedio de las dos campañas en maíz para V y B CPOS fue de 39,1 y 71,8 respectivamente, esto nos muestra que podemos reducir los valores de EIQ utilizando CC sin afectar los rendimientos.

Stewart *et al.* (2011) clasifican el nivel de riesgo ambiental como muy bajo, bajo y medio a los valores de EIQ < 5 , < 20 , y < 45 respectivamente. Con lo cual, los tratamientos T y V mantuvieron valores de EIQ de campo bajos (< 20) a valores medios (< 45) mientras que en B los valores fueron > 45 . Probablemente el potencial de los CC para reducir el número y las dosis de herbicidas este dado por la producción de MS y la utilización de especies susceptibles al rolado como alternativa para el secado de los mismos.

Gráfico 2. (a) Rendimiento (kg ha^{-1}) y (b) Coeficiente de impacto ambiental (EIQ) de soja y maíz en barbecho (B); triticale (T) y vicia villosa (V) con control adicional con herbicidas en postemergencia (CPOS) y sin control adicional con herbicidas en postemergencia (SPOS) para las diferentes campañas evaluadas. Letras distintas indican diferencias significativas de rendimiento dentro cada campaña según LSD Fisher ($p < 0,05$). No se realiza análisis de varianzas para la variable EIQ (no se estima el desvío estándar).



Conclusión

La utilización de CC y el rolado de los mismos, permiten reducir significativamente las dosis y el número de aplicaciones de herbicidas minimizando de esta manera el impacto sobre el medio ambiente, sin afectar el rendimiento de los cultivos de soja y maíz. Este sistema permitiría un uso más sustentable de los recursos naturales y además sería una opción promisoría en áreas con restricciones en la aplicación de herbicidas (agricultura orgánica y zonas periurbanas).

Agradecimientos

A D. Villarruel, A. Nievas, G. Pereyra y L. Pereyra (INTA Marcos Juárez), por su constante apoyo en el trabajo de campo. A E. Arce y A. Andreucci (INTA Marcos Juárez) por el suministro de datos climáticos. Al Ingeniero Agrónomo P. Vallone (INTA Marcos Juárez) quien financió la adquisición del rolo. A la empresa JLS por la ayuda brindada para el diseño del implemento. Al personal del área de mejoramiento genético de trigo y de soja (INTA Marcos Juárez), quienes se brindaron con trabajo de campo e información para el desarrollo de estos ensayos.

Bibliografía

- Baigorría, T & C Cazorla. 2010. Eficiencia del uso del agua por especies utilizadas como cultivos de cobertura. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, AACs. Rosario 2010.
- Baigorría, T; DT Gomez; CR Cazorla; AV Lardone; M Bojanich ; B Aimetta & A Canale. 2011. Bases para el manejo de vicia como antecesor del cultivo de maíz. Informe de actualización técnica de maíz. EEA Marcos Juárez. no. 19 (jun. 2011).
- Bertolla, AM; T Baigorría; DT Gómez; CR Cazorla; M Cagliero; A Lardone; M Bojanich & B Aimetta. 2012. Efecto de la fertilización sobre la eficiencia del uso del agua de especies invernales utilizadas como cultivos de cobertura. En: C Alvarez; A Quiroga; S Diego & M Bodrero (Eds). Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción. 1a Ed. Pp. 138 – 147. La Pampa, Ediciones INTA.
- Brookes, G & P Barfoot. 2017. Environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996–2015: Impacts on pesticide use and carbon emissions. *GM Crops & Food*, 8:117–147.
- Cabrini, SM & CP Calcaterra. 2016. Modeling economic-environmental decision making for agricultural land use in Argentinean Pampas. *Agricultural Systems*. 143: 183–194.

- Capurro, J; MJ Dickie; D Ninfi; A Zazzarini; E Tosi & MC Gonzalez. 2012. Gramíneas y leguminosas como cultivos de cobertura para soja. EEA INTA Oliveros. Para mejorar la producción, no. 47 (julio 2012).
- Clark, AJ; AM Decker; JJ Meisinger; FR Mulford, & MS McIntosh. 1995. Hairy vetch kill date effects on soil water and corn production. *Agron. J.* 87: 579–585.
- Ebelhar, SA; W Frye & R Blevins. 1984. Nitrogen from legume cover crops for no-tillage corn. *Agronomy J.* 76_1., 51–55.
- Kovach, J; C Petzoldt; J Degni & J Tette. 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides. *N.Y. Food Life Sci. Bull.* 139:139 – 146.
- Marzetti, M; A Coppioli & M Bertolotto. 2017. Impacto ambiental de las malezas resistentes y tolerantes. REM.
- Mischler, RA; SW Duiker; WS Curran & D Wilson. 2010. Hairy vetch management for no-till organic corn production. *Agron. J.* 102: 355-362.
- Reddy, KN. 2003. Impact of Rye Cover Crop and Herbicides on Weeds, Yield, and Net Return in Narrow-Row Transgenic and Conventional Soybean (*Glycine max*). *Weed Technol.* 17:28–35.
- Rainero, HP. 2008. Problemática del manejo de malezas en sistemas productivos actuales. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi. Boletín de Divulgación Técnica N° 3. Abril 2008.
- Renzi, JP. 2008. Cobertura y producción de biomasa de cultivares y poblaciones de *Vicia* spp. *Revista Argentina de Producción Animal* 28:411-412.
- Rillo, S; A Álvarez; R Bagnato & E Noellemeyer. 2012 Cultivos de cobertura: gramíneas y leguminosas en el centro oeste de la provincia de Buenos Aires. En: C Alvarez; A Quiroga; S Diego & M Bodrero (Eds). Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción. 1a Ed. Pp. 58 – 68. La Pampa, Ediciones INTA.
- Stewart, CL; RE Nurse; LL Van Eerd; RJ Vyn & PH Sikkema. 2011. Weed control, environmental impact, and economics of weed management strategies in glyphosate-resistant soybean. *Weed Technology* 25:535–541.
- Vansolini, JI; J Galantini & R Agamennoni. 2012. Cultivos de cobertura de *Vicia villosa* Roth. en el valle bonaerense del Río Colorado. En: C Alvarez; A Quiroga; S Diego & M Bodrero (Eds). Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción. 1a Ed. Pp. 21 – 28. La Pampa, Ediciones INTA.