

ESTRATEGIAS DE BARBECHOS PARA EL CONTROL DE LAS MALEZAS OTOÑO-INVIERNO-PRIMAVERAL MEDIANTE EL USO DE HERBICIDAS RESIDUALES

Metzler M.J.¹ y Ahumada M.¹²

¹Grupo Ecofisiología Vegetal y Manejo de Cultivos. INTA EEA Paraná
²FCA-UNER

Introducción

Las malezas son un obstáculo importante para la producción de cultivos y los herbicidas son un elemento clave para su control en la mayoría de los sistemas de producción.

Las malezas de ciclo otoño-invierno-primaveral presentes en barbechos entre cultivos de verano han aumentado su abundancia relativa en los últimos años en la región sojera núcleo argentina (Tuesca *et al.*, 2001). El incremento en la densidad de estas malezas puede atribuirse a la elevada superficie destinada a siembra directa y posiblemente al mayor uso de herbicidas sin actividad residual, particularmente glifosato. Las malezas del barbecho pueden formar canopeos densos que incrementan el consumo de agua durante su ciclo y dificultan la siembra de cultivos posteriores. En Estados Unidos, varias malezas latifoliadas anuales se han constituido en malezas invernales problemáticas (Hartzler y Pringnitz, 2001).

La eficacia de glifosato sobre las malezas de los barbechos es alta para la mayoría de las especies. El glifosato no posee acción residual y en consecuencia no controla malezas que emergen luego de la aplicación y pueden fácilmente producir semillas e incrementar el banco de semillas del suelo (Puricelli y Tuesca, 2005). El agregado de un herbicida residual junto al glifosato puede ser una táctica consistente para controlar malezas a medida que germinan durante el barbecho.

Las malezas que escapan a un tratamiento con glifosato u otro herbicida representan un probable problema en el futuro (Scursoni *et al.*, 2006). El uso intensivo de glifosato ha reducido la densidad de muchas especies de malezas antes presentes, mientras que al mismo tiempo ha provocado el incremento de otras especies, algunas de las cuales no estaban presentes en los lotes cultivados. Dentro de estas últimas algunas presentan un alto grado de tolerancia al glifosato (Vitta *et al.*, 2004; Christoffoleti, 2008). Sin embargo, los herbicidas aplicados a grandes poblaciones de plantas herbáceas genéticamente diversas ejercen una presión de selección muy fuerte para la evolución de la resistencia. La resistencia a herbicidas en poblaciones de malezas se ha documentado en un gran número de países (Powles y Holtum, 1994; Powles y Shaner, 2001; Vila Aiub *et al.*, 2009; Powles y Yu, 2010). La principal causa de la aparición de biotipos de malezas resistentes es el uso continuo de herbicidas con un mismo mecanismo de acción (Maxwell y Mortimer, 1994).

El objetivo del ensayo fue estudiar la eficacia de distintos herbicidas incluyendo glifosato en mezcla con herbicidas residuales en un contexto del barbecho largo para el cultivo de soja.

Materiales y Métodos

Descripción y diseño del experimento

El experimento se realizó, en la Estación Experimental Agropecuaria Paraná del INTA, provincia Entre Ríos (31° 50' 59" S, 60° 32' 106" O) el día 23 de julio de 2013. El tamaño de cada unidad experimental fue de 3 m de ancho por 5 m de longitud. Se utilizó un diseño en bloques completamente aleatorizados (DBCA) combinando la aplicación de glifosato con herbicidas residuales y de contacto en el barbecho previo al cultivo de soja.

Se empleó una mochila de presión constante por fuente de CO₂ equipada con una barra de 4 boquillas con pastillas Teejet 8001 a 50 cm de separación, a una presión de 2,7 bares y erogando un caudal de 115 litros ha⁻¹ a una velocidad de 4 km h⁻¹.

Se evaluaron 22 tratamientos de herbicidas (Tabla 1). Se realizaron evaluaciones visuales a los 30 y 70 días de la aplicación (DDA), registrando el control en porcentaje respecto del testigo apareado. Los resultados obtenidos se analizaron agrupando y comparando los principios activos con el mismo modo de acción.

Tabla 1. Tratamientos de herbicidas, dosis en formulación comercial en gramos o mililitros por hectárea.

T	Producto *	Dosis g.e.a. o ml p.f. ha ⁻¹
1	2,4D 60 %	1000 ml
2	2,4D 60 % + dicamba 57 %	1000 ml + 200 ml
3	Metsulfuron	7 g
4	Clorimuron	80 g
5	Atrazina 90 %	666 g
6	Atrazina 90 %	165 g
7	Flumioxazin	150 ml
8	Sulfentrazone	400 ml
9	Clomazone	2500 ml
10	Metribuzin	1000 ml
11	Flumioxazin	300 ml
12	Prometrina	2000 ml
13	Saflufenacil	50 g
14	Saflufenacil	70 g
15	Saflufenacil	100 g
16	Clorimuron 20% + sulfomet 15%	100 g
17	Thiencarbazone + Iodosulfuron	45 g
18	Sulfentrazone + clorimuron	320 g
19	Sulfentrazone + diuron	1400 ml
20	Sulfentrazone + metribuzin	1400 ml
21	Sulfentrazone + clomazone	1400 ml + 500 ml
22	Sulfentrazone + S-metolaclor	2400 ml

*A todos los tratamientos se le adicionó 2000 ml ha⁻¹ de glifosato formulación premium (506 g.e.a.)

Análisis estadístico

Los datos se sometieron a análisis de varianza (ANOVA) con PROC GLM de SAS (SAS, 2000) para probar los efectos de los herbicidas en el control. Se empleó el test de Fisher de diferencia mínima significativa (LSD) para detectar las diferencias entre las medias de los tratamientos.

Resultados y Discusión

Durante la conducción del ensayo las precipitaciones suscitadas fueron muy escasas principalmente durante los meses de junio y julio, las cuales representaron aproximadamente el 20 % de la media mensual histórica para cada mes, esto afectó la eficiencia de los tratamientos químicos, ya que los herbicidas no se incorporaron inmediatamente luego de la aplicación, lo que retrasa la expresión de su máximo potencial de control.

Tabla 2. Precipitaciones media mensual normal histórica (1934/2013) y media mensual (2013) para la Estación Experimental Agropecuaria Paraná del INTA.

	1934/2013	2013
ENE	117,5	34,3
FEB	109,6	81,6
MAR	157,2	78
ABR	103,3	137,7
MAY	52,0	81,6
JUN	39,3	27
JUL	29,3	6,4
AGO	32,7	6,5
SEP	54,1	21,4
OCT	107,0	73
NOV	109,8	202,1
DIC	117,8	102

Fuente: Observatorio Agrometeorológico de la EEA Paraná del INTA.

Los herbicidas inhibidores de la protoporfirinógeno oxidasa (PPO) podrían mejorar el control de *Conyza spp.* antes de la siembra. Por ejemplo saflufenacil, desarrollado para aplicaciones en presiembra con efecto de quemado y control de malezas en preemergencia en maíz, sorgo, soja y algodón. Saflufenacil, muestra una actividad herbicida foliar y residual en *Conyza spp.*, dependiendo este efecto de la dosis empleada (Tabla 3). Sin embargo su eficacia fue menor en el resto de las malezas de hoja ancha evaluadas. Por otro lado, flumioxazin y sulfentrazone también logran un nivel de control preemergente, no obstante el control en *Conyza spp.* fue menor respecto a saflufenacil (Figura 1). En el caso particular de este último principio activo se observó un sinergismo con la acción de glifosato en el control de *Chloris polidactyla* (Tabla 3).

Tabla 3. Porcentaje de control de los herbicidas inhibidores de la protoporfirinógeno oxidasa (PPO), dosis en formulación comercial en gramos o mililitros por hectárea y resultados obtenidos 70 días después de la aplicación (DDA).

T	Herbicidas	Dosis g.e.a. o ml p.f. ha ⁻¹	Control (%)			
			<i>Conyza</i> spp.	<i>Commelina</i> spp.	<i>Oenothera</i> spp.	<i>Chloris</i> <i>polidactyla</i>
7	Flumioxazin	150 ml	60 d	60 b	55 c	45 d
11	Flumioxazin	300 ml	70 c	65 a	65 a	55 c
13	Saflufenacil	50 g	80 b	50 c	62 a	75 b
14	Saflufenacil	70 g	90 a	55 d	60 b	78 b
15	Saflufenacil	100 g	92 a	56 d	60 b	83 a
8	Sulfentrazone	400 ml	55 e	52 e	52 c	50 c

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).



Figura 1. Eficacia en el control de saflufenacil 70 g ha⁻¹ a los 70 DDA. A la derecha de la línea roja testigo apareado sin control.

En cuanto a los reguladores del crecimiento, es posible controlar poblaciones del género *Conyza*, *Commelina* y *Oenothera* en siembra directa mediante la utilización de 2,4-D y dicamba antes de la siembra de soja, maíz y sorgo (Tabla 4). Sin embargo, el control es inconsistente en condiciones de insuficiente humedad del suelo, esto se observó a los 30 DDA (datos no publicados) y con solo 6,5 mm de lluvias registrados (Tabla 2). La adición de dicamba aumentó la eficacia de glifosato y 2,4 D, lo que sugiere una acción de control preemergente por parte de este herbicida en las malezas de hoja ancha evaluadas (*Conyza*, *Commelina* y *Oenothera*) (Tabla 4). A los 70 DDA la actividad de los tratamientos químicos fue mayor respecto de 30 DDA, posiblemente debido a la acumulación de más de 40 mm de lluvia entre la aplicación y la evaluación (Figura 2).

Tabla 4. Porcentaje de control de los herbicidas reguladores del crecimiento (hormonales) obtenidos 70 días después de la aplicación (DDA).

T	Herbicidas	Dosis g.e.a. o ml p.f. ha ⁻¹	Control (%)			
			<i>Conyza</i> spp.	<i>Commelina</i> spp.	<i>Oenothera</i> spp.	<i>Chloris polidactyla</i>
1	2,4D 60%	1000 ml	86 b	85 b	88 b	65 a
2	2,4D 60% + dicamba 57%	1000 ml + 200 ml	95 a	92 a	92 a	68 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)



Figura 2. Eficacia en el control de 2,4D 60% + dicamba 57% a los 70 DDA. A la derecha de la línea roja testigo apareado sin control.

Entre los herbicidas inhibidores del fotosistema II, la aplicación de atrazina en combinación con glifosato a 70 DDA controló un 85% a *Conyza spp.* (Tabla 5). Atrazina se recomienda en dosis de 1000 a 2000 g i.a. ha⁻¹ para el control de nuevas emergencias de *C. bonariensis* antes de la siembra o en la siembra del sorgo (Wu *et al.*, 2008; Wu *et al.*, 2010). Prometrina, un herbicida de igual modo de acción que la atrazina, también proporciona un control eficaz y residual de *Conyza spp.* en aplicaciones 30 días antes de la siembra de soja. En este ensayo en particular fue la menos consistente con respecto a los otros dos inhibidores de fotosistema II evaluados (metribuzín y atrazina), esto puede deberse a la dosis empleada que fue 1000 ml menor que la utilizada normalmente. Mientras que metribuzín fue el que mejor desempeño tuvo después de atrazina dentro de este grupo, a la inversa de lo hallado por otros investigadores que reportaron a prometrina con mejor comportamiento que metribuzín (Papa, comunicación personal), debido posiblemente a la menor dosis de prometrina empleada. En el resto de las malezas evaluadas el control en promedio de todos los herbicidas de este grupo fue insuficiente (Figura 3).

Tabla 5. Porcentaje de control de los herbicidas inhibidores de fotosistema II obtenidos 70 días después de la aplicación (DDA).

T	Herbicidas	Dosis g.e.a. o ml p.f. ha ⁻¹	Control (%)			
			<i>Conyza</i> spp.	<i>Commelina</i> spp.	<i>Oenothera</i> spp.	<i>Chloris</i> <i>polidactyla</i>
5	Atrazina 90%	666 g	58 c	40 b	30 d	30 c
6	Atrazina 90%	1650 g	85 a	55 a	45 c	35 b
10	Metribuzin	1000 ml	80 b	58 a	60 a	45 a
12	Prometrina	2000 ml	75 b	56 a	55 b	35 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)



Figura 3. Eficacia en el control de metribuzin a los 70 DDA. A la derecha de la línea roja testigo apareado sin control.

Entre los inhibidores de la acetolactato sintetasa (ALS), metsulfuron, las mezclas de clorimuron 20% + sulfometuron 15% y thiencazone + Iodosulfuron fueron las de mayor control de *Conyza spp.* (Tabla 6). Algunos investigadores mencionan que el agregado de dicamba amplía el período de control residual de metsulfuron solo, posiblemente por el control de plántulas recién emergidas que ejerce dicamba que podría contribuir a reducir las nuevas emergencias de *Conyza* (Wu *et al.*, 2010; Metzler, 2013). Clorimuron mostró un control del 88% para esta maleza, contrastando con otros trabajos que han demostrado la inconsistencia de este herbicida para controlar a *Conyza spp.* (Metzler, 2013). Para *Commelina* y *Oenothera*, la mezcla comercial de clorimuron 20% + sulfometuron 15% tuvo un efecto promedio para ambas malezas de 75%, seguido por thiencazone + Iodosulfuron con un 70%. Sin embargo clorimuron, clorimuron 20% + sulfometuron 15% y thiencazone + Iodosulfuron no se diferenciaron estadísticamente para controlar *Oenothera spp.* con un valor medio de 76% (Figura 4).

Tabla 6. Porcentaje de control de los herbicidas inhibidores de fotosistema II obtenidos 70 días después de la aplicación (DDA).

T	Herbicidas	Dosis g.e.a. o ml p.f. ha ⁻¹	<i>Conyza</i> spp.	<i>Commelina</i> spp.	<i>Oenothera</i> spp.	<i>Chloris</i> <i>polidactyla</i>
3	Metsulfuron	7 g	93 a	70 b	65 b	50 c
4	Clorimuron	80 g	88 b	65 c	75 a	55 b
16	Clorim. 20% + sulfomet 15%	100 g	95 a	75 a	76 a	58 a
17	Thiencar. + lodosulfuron	45 g	90 ab	70 b	78 a	56 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)



Figura 4. Eficacia en el control de clorimuron 20% + sulfometuron 15% a los 70 DDA. A la derecha de la línea roja testigo apareado sin control.

Sulfentrazone en combinación con glifosato fue un herbicida poco eficaz para *Conyza* spp. con un control de 55% a los 70 DDA (Tabla 3). Sin embargo, se observó un sinergismo entre sulfentrazone y clorimuron incrementándose el control a un 90%. Similar efecto se observó en las mezclas con metribuzin y diuron, que incrementaron la acción de sulfentrazone por separado con un 78 y 80 %, respectivamente (Figura 5). Para *Commelina* spp. y *Oenothera* spp. la acción de estos tratamientos fue poco eficaz (Tabla 7).

Tabla 7. Porcentaje de control de las mezclas comerciales de herbicidas obtenidos 70 días después de la aplicación (DDA).

T	Herbicidas	Dosis g.e.a. o ml p.f. ha ⁻¹	<i>Conyza</i> spp.	<i>Commelina</i> spp.	<i>Oenothera</i> spp.	<i>Chloris</i> <i>polidactyla</i>
18	Sulfentrazone + clorimuron	320 g	90 a	72 a	65 b	50 c
19	Sulfentrazone + diuron	1400 ml	80 b	65 b	65 b	55 b
20	Sulfentrazone + metribuzin	1400 ml	78 b	65 b	66 ab	58 b
21	Sulfentrazone + clomazone	1400 ml + 500 ml	60 c	66 b	68 a	56 b
22	Sulfentrazone + S- metolaclor	2400 ml	58 c	65 b	62 c	76 a
9	Clomazone	2500 ml	60 c	68 b	60 c	58 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).



Figura 5. Eficacia en el control de sulfentrazone + clorimuron a los 70 DDA. A la derecha de la línea roja testigo apareado sin control.

Consideraciones finales

Los herbicidas inhibidores de la protoporfirinógeno oxidasa (PPO) podrían mejorar el control de *Conyza* spp. antes de la siembra, puntualmente saflufenacil en el cual se observó una acción de contacto postemergente y residual preemergente de esta maleza, pero un control deficiente de *Commelina* spp. y *Oenothera* spp. que fueron las otras dos malezas de hoja ancha evaluadas. Adicionalmente se observó un efecto de sinergia en la acción de glifosato para el control de *Chloris polidactyla*.

En cuanto a los reguladores del crecimiento es posible controlar poblaciones del género *Conyza*, *Commelina* y *Oenothera* en siembra directa mediante la utilización de 2,4-D y dicamba antes de la siembra de soja, maíz y sorgo. En condiciones de insuficiente humedad

del suelo el control es inconsistente. La adición de dicamba aumentó la eficacia y la residualidad de glifosato y 2,4 D en las malezas de hoja ancha evaluadas (*Conyza* spp., *Commelina* spp. y *Oenothera* spp.).

Entre los herbicidas inhibidores del fotosistema II, la eficacia en *Conyza* spp. de atrazina en combinación con glifosato se fundamenta en la inhibición de nuevas emergencias. Prometrina proporcionó un control eficaz y residual de *Conyza* spp. Por su parte metribuzín fue el que mejor desempeño tuvo después de atrazina dentro de este grupo, debido posiblemente a la menor dosis de prometrina empleada. En el resto de las malezas evaluadas el control promedio de todos los herbicidas de este grupo fue insuficiente.

Entre los inhibidores de la acetolactato sintetasa (ALS), metsulfuron, las mezclas de clorimuron 20% + sulfometuron 15% y thiencazone + Iodosulfuron fueron las de mejor desempeño en el control de *Conyza* spp. Para *Commelina* spp. y *Oenothera* spp., las mismas mezclas demostraron un efecto supresor con promedios de eficacia menores al 80%.

Se demostró un efecto de sinergia entre sulfentrazone y clorimuron para el control de *Conyza* spp., similar a lo observado en las mezclas con metribuzin y diuron, que incrementaron la acción de sulfentrazone por separado. Para *Commelina* spp. y *Oenothera* spp. la actividad de estos tratamientos fue poco eficaz.

Bibliografía

- CHRISTOFOLETI P.J. 2008. Glyphosate sustainability in South American cropping systems. *Pest Management Science* 64:422-427.
- HARTZLER R.G. and B.A. PRINGNITZ 2001. Use of the world wide web in weed science extension programming. *Weed Science* 41:278.
- INFOSTAT 2007. Infostat version 2007. grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Cordoba
- MAXWELL B.D. and A.M. MORTIMER 1994. Selection of herbicide resistance. In S.B. Powles and J.A.M. Holtum (eds.). *Herbicide resistance in plants. Biology and Biochemistry*. Boca Raton: Lewis Publishers. Florida, USA. p. 1-27.
- METZLER M.J. 2013. Biología y control de *Conyza bonariensis* (L.) Cronquist y *Conyza sumatrensis* (Retz.) E. Walker en barbechos con aplicación de glifosato y herbicidas residuales. Tesis presentada para optar al título de Magister Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata.
- POWLES S.B. and J.A.M. HOLTUM 1994. *Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry*. Boca Raton: Lewis. Florida, USA. 353 p.
- POWLES S.B. and D.L. SHANER 2001. *Herbicide resistance in world grains*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 308 p.
- POWLES S.B. and Q. YU 2010. Evolution in action: plants resistant to herbicides. *Annual Review of Plant Biology* 61:317-347.
- PURICELLI E. and D. TUESCA 2005. Weed density and diversity under glyphosate-resistant crop sequences. *Crop Protection* 24:533-542.
- SCURSONI J., FORCELLA F., GUNSOLUS J., OWEN M., OLIVER R., SMEDA R. and R. VIDRINE 2006. Weed diversity and soybean yield with glyphosate management along a north-south transect in the United States. *Weed Science* 54:713-719.

- TUESCA D., PURICELLI E. and J.C. PAPA 2001. A long-term study of weed flora shifts in different tillage systems. *Weed Research* 41:369-382.
- VILA-AIUB M.M., NEVE P. and S.B. POWLES 2009. Fitness costs associated with evolved herbicide resistance alleles in plants. *New Phytology* 184:751-767.
- VITTA J., TUESCA D. and E. PURICELLI 2004. Widespread use of glyphosate tolerant soybean and weed community richness in Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environments* 103:621-624.
- WU H., WALKER S. and G. ROBINSON 2008. Control of flaxleaf fleabane (*Conyza bonariensis* L. Cronq.) in winter fallows. *Plant Protection Quarterly* 23:162-165.
- WU H., WALKER S., ROBINSON G. and N. COOMBES 2010. Control of flaxleaf fleabane (*Conyza bonariensis* L. Cronq.) in wheat and sorghum. *Weed Technology* 24:102-107.