

BARBECHO QUÍMICO EN SOJA CON HERBICIDAS NO SELECTIVOS

SANCHEZ, D.¹; ARREGUI, M. C.¹; SCOTTA, R. R.¹ & LUTZ, A.²

RESUMEN

En la siembra directa, sistema de manejo predominante en la pampa húmeda argentina para cultivos anuales, los cultivos se establecen sin remoción del suelo empleando barbecho químico, lo que preserva el contenido de agua del suelo en la implantación.

Cuando se realiza el barbecho en soja, se emplean mezclas de glifosato con 2, 4-D o metsulfurón metil para controlar las malezas y se han observado algunos efectos fitotóxicos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la fitotoxicidad producida por mezclas de glifosato y metsulfurón metil o 2,4-D en soja. En 2009 y 2010, el cultivo se sembró en parcelas experimentales que fueron desmalezadas manualmente. El diseño experimental fue parcelas divididas con tres repeticiones, correspondiendo la parcela principal a la fecha de aplicación: 50 y 3 d antes de la siembra y la sub-parcela correspondió a las mezclas de glifosato (1.44 kg ha⁻¹ de i.a.) con 2,4-D (250 y 500 g ha⁻¹ de i.a.) y con metsulfurón metil (3 y 6 g ha⁻¹ de i.a.). Se observó la aparición de síntomas de fitotoxicidad y se analizaron la altura en distintos estados de desarrollo y los rendimientos de grano.

En 2009, se observó disminución de altura ($p \leq 0.05$) cuando el barbecho se realizaba 3 días antes de la siembra y especialmente con dosis elevadas de 2,4-D. Asimismo, el rendimiento fue menor en los mismos tratamientos. En 2010, con lluvias abundantes que pueden haber lixiviado los herbicidas, no se observaron diferencias significativas ni en el intervalo de barbecho ni con los distintos principios activos. El análisis de los resultados sugieren que el barbecho con metsulfurón metil y 2, 4-D pueden provocar fitotoxicidad al emplear dosis elevadas o cuando hay proximidad entre la aplicación y la siembra, especialmente en situaciones de déficit hídrico.

Palabras claves: Glifosato, metsulfurón metil, 2,4-D, siembra directa.

SUMMARY

In direct seeding - the prevailing management system for wheat and maize in the Argentine humid pampas - crops are set without turning over the soil and by using chemical fallow. This technique allows to preserve the soil water content during plantation. In soybean chemical fallow, mixtures

1.- Cátedra de Sanidad Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral. Kreder 2805. (3080) Esperanza, Santa Fe. Email: carregui@fca.unl.edu.ar

* CAI+D UNL 12/C095

Manuscrito recibido el 6 de diciembre de 2010 y aceptado para su publicación el 22 de febrero de 2011.

of glyphosate with 2,4-D or metsulfuron methyl are applied for weed control and phytotoxicity has been observed in some fields. Our aim was to evaluate phytotoxic effects of glyphosate mixtures with 2,4-D and metsulfuron methyl. In 2009 and 2010, soybean was seeded in hand weeded experimental plots. The experimental design was split plot with three replicates, where the date of application was in the main plot: 50 and 3 d before sowing and the sub-plot was subjected to the mixtures of glyphosate (1.44 kg ha⁻¹ of i.a.) with 2,4-D (250 and 500 g ha⁻¹ of i.a.) and metsulfuron methyl (3 and 6 g ha⁻¹ of i.a.). Phytotoxicity symptoms were detected and height was analyzed at different growth stages as well as grain yields.

In 2009, the lowest height and yield were observed in soybean plants when herbicides were applied 3 days before seeding ($p \leq 0.05$) mainly with 2,4-D highest dose (500 g i.a. ha⁻¹). In 2010, with excessive rains during the crop cycle, no significant differences were detected neither among dates of application nor with herbicides. Metsulfuron methyl and 2,4-D could have leached in soil profile without affecting soybean plants. Results suggest that fallow with metsulfuron methyl and 2,4-D on soybean causes phytotoxicity when using high rates or if there is proximity between application and sowing.

Key words: Glyphosate, metsulfuron methyl, 2,4-D, soybean direct seeding.

INTRODUCCIÓN

La siembra directa, que consiste en sembrar sin roturar el suelo, requiere que antes de la implantación se realice barbecho químico con herbicidas, para controlar malezas que pueden competir por agua y nutrientes con el cultivo (Reddy *et al.*, 1999; Lorenzatti *et al.*, 2002). Además, con esta práctica se puede evitar el crecimiento de malezas en el período de implantación del cultivo (Reddy *et al.* 1999) que es cuando se producen las mayores pérdidas de rendimiento por competencia (Papa, 2004).

El barbecho químico suele realizarse con mezclas de glifosato y otros herbicidas que aumenten el espectro de control de malezas. Entre las mezclas de herbicidas que se emplean están las de glifosato con 2,4-D o metsulfurón metil, usados en cereales para el control de diferentes malezas y se los aplica en la etapa del macollaje (Sterling & Hall, 1997). Empleados para el barbecho químico de soja han mostrado algunos efectos fitotóxicos en el cultivo, especial-

mente si las aplicaciones se producen en el mes previo a la siembra (Reddy *et al.* 1999; Papa & Massaro, 2005; Thompson *et al.*, 2007; Leguizamón, 2009) o en condiciones de sequía (Bazzigalupi & Cepeda, 2005). El metsulfurón metil no es muy persistente en el suelo, aunque hasta 48 % del aplicado en un cultivo puede permanecer fuertemente adsorbido por 100 días, especialmente si el pH es alcalino (Pons & Barriuso, 1998; Ye *et al.*, 2003). El 2,4-D se adsorbe menos (11 % de la dosis aplicada) mineralizándose en alrededor de 60 días (Benoit *et al.*, 1999).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la fitotoxicidad producida a la soja por el barbecho químico realizado con glifosato en mezcla con metsulfurón metil o 2,4-D.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en un Argiudol típico de la serie Esperanza (Santa Fe, Argentina), caracterizado por un horizonte superficial profundo, bien estructurado, con

bajo contenido de materia orgánica (2 %) y alrededor de 30 % de arcilla (INTA, 1991).

Se sembró la variedad Agro 6411 de Grupo de Maduración 6.5, con una distancia entre líneas de 52 cm. En 2008, la siembra se realizó el 5 de diciembre y en 2009 el 8 de diciembre.

Las parcelas experimentales tuvieron 2 m de ancho y 5 m de largo. Los tratamientos se detallan en el Cuadro 1. Los herbicidas se aplicaron (200 L ha⁻¹) con una mochila pulverizadora con barra de 80 cm y cuatro pastillas en abanico plano 8003; los tratamientos se detallan en el Cuadro 1.

Las parcelas tratadas y el testigo se desmalezaron manualmente durante todo el ciclo para que la competencia de las malezas emergidas no enmascarara los efectos de los herbicidas.

Los estados fenológicos del cultivo y la presencia de síntomas de fitotoxicidad: clorosis, epinastia, retorcimiento de tallos y detención del crecimiento, se registraron semanalmente. Se midió la altura de las plantas, en los estados fenológicos V1, V6 y R3 seleccionando 15 plantas al azar por parcela. La cosecha se realizó manualmente (1 m lineal por parcela) el 30 y el 27 de abril

en 2009 y 2010 respectivamente.

El diseño experimental fue parcelas divididas; la parcela principal fue el intervalo de barbecho químico previo a la siembra. La sub-parcela correspondió a las combinaciones de dosis y herbicidas (Cuadro 1). Cada tratamiento se repitió tres veces. Se realizó el análisis de la varianza de las variables medidas y las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los intervalos entre el barbecho químico previo a la siembra se usan habitualmente en estos sistemas y se eligió la dosis recomendada (la más baja en este trabajo) y el doble (por la frecuente superposición en la aplicación).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Altura de soja

No se observaron interacciones significativas entre intervalo de barbecho y herbicidas ($p \leq 0,05$). La altura de plantas en 2010 fue 30% mayor que en 2009 a partir del estado V6, en todos los tratamientos. En 2009, cuando el barbecho químico se realizó 3 días antes de la siembra las plantas fueron más bajas desde la emergencia hasta la cosecha

Cuadro 1: Tratamientos de barbecho químico.

Intervalo entre aplicación y siembra (días)	Herbicidas y dosis (g i.a. ha ⁻¹) ¹
50	Metsulfurón metil (3)
	Metsulfurón metil (6)
	2,4-D (250)
	2,4-D (500)
4	Metsulfurón metil (3)
	Metsulfurón metil (6)
	2,4-D (250)
	2,4-D (500)

¹Todas las parcelas recibieron simultáneamente 1,44 k i.a. ha⁻¹ de glifosato

(Cuadro 2), mientras que no se observaron diferencias de altura en las parcelas tratadas 50 días antes de la siembra.

En cambio en 2010, sólo se observó esta tendencia en el estado vegetativo V6, ya que tanto en emergencia como en período reproductivo no hubo diferencias significativas de altura en los distintos intervalos de barbecho químico (Cuadro 2).

Comparando los distintos tratamientos herbicidas, se puede observar que en 2009 la altura de plantas en todas las dosis fue menor que el testigo durante todo el ciclo. Sin embargo, sólo hubo diferencias significativas

de altura (10% menos que en el testigo) en el período reproductivo, en las parcelas que recibieron 500 g i.a. de 2,4-D (Cuadro 3). Similares efectos fueron observados con aplicaciones tempranas de 2,4-D en dosis similares a las de este trabajo (Kelley, 2005). Con 250 gi.a./ha de 2,4-D y en ambas dosis de metsulfurón metil, la altura de las plantas fue entre 5 y 8% menor que en el testigo (Cuadro 3). El metsulfurón metil se detoxifica con dificultad en el cultivo de soja aunque no se han observado efectos morfológicos en la planta (Brown *et al.* 1990).

Cuadro 2. Altura (cm) de plantas de soja en 2009 y 2010 con distintos intervalos entre barbecho químico y siembra

Intervalos (días)	V1		V6		R3	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
3	6,9 b	7,5 NS	18,2b	20,0b	63,2b	82,5 NS
50	7,7 a	7,6 NS	20,4a	25,2a	68,6a	86,1 NS
testigo	7,8 a	7,2 NS	20,9a	23,7a	75,5a	81,2 NS

Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$)

Cuadro 3. Altura (cm) de plantas de soja en 2009 y 2010 con distintos herbicidas

Dosis (g i.a./ha)	V1		V6		R3	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Testigo	7,9 a	7,2 NS	19,8ab	22,2NS	67,4a	88,2NS
Metsulfuron (3)	7,7 ab	7,4 NS	19,1ab	22,5NS	64,1ab	81,5NS
Metsulfuron (6)	7,4ab	7,6 NS	18,2b	22,2NS	64,8a	82,7NS
2,4-D (250)	7,5 ab	7,4 NS	18,5b	24,2 NS	63,9ab	82,8NS
2,4-D (500)	7,2 b	7,7 NS	18,3b	24,6 NS	60,5b	85,9NS

Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$)

En 2010, no se detectó una modificación de la altura entre los diferentes tratamientos en ningún estado fenológico (Cuadro 3).

2.- Rendimiento

En 2010 se obtuvo un rendimiento 11% superior en el testigo que en 2009 (Cuadros 4 y 5). Las lluvias acumuladas desde la siembra hasta el estado fenológico R3 (formación de vainas) alcanzaron los 128 mm en 2009, mientras que en 2010, las precipitaciones en el mismo período fueron de 487 mm. Por otra parte, en 2009, las temperaturas medias de diciembre y enero superaron varias veces los 35°C, mientras en 2010, sólo una vez llegaron en enero a los 31°C. En 2009, la combinación de elevadas temperaturas y menor precipitación contri-

buyeron a un déficit hídrico que se acentuó en los estados reproductivos del cultivo (de enero en adelante).

En 2009, el barbecho químico se realizó con herbicidas no selectivos 3 días antes de la siembra y ocasionó 33% de pérdida de rendimiento con respecto al testigo (Cuadro 4). Cuando la aplicación se realizó 50 días antes de la siembra no hubo diferencias significativas.

No se detectaron diferencias de rendimiento entre intervalos de barbecho en 2010 ($p < 0,05$) (Cuadro 4).

En 2009, el rendimiento más bajo se obtuvo al aplicar 500 g/ha i.a. de 2,4-D (43% menor que en el testigo) (Cuadro 5).

Cuando se aplicó en dosis de 560 g i.a./ha, 21 días antes de la siembra, no se observaron daños en soja. En intervalos menores

Cuadro 4. Rendimiento de soja (expresados en kg/ha) con distintos intervalos de barbecho químico

Intervalos (días)	2009	2010
3	2790 b	4676 NS
50	3527 ab	4023 NS
testigo	4161 a	4630 NS

Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$)

Cuadro 5. Rendimiento de soja (expresado en kg/ha) con distintos herbicidas no selectivos

Dosis (g i.a./ha)	2009	2010
Testigo	4161 a	4630 NS
Metsulfuron (3)	3311 ab	4290 NS
Metsulfuron (6)	3412 ab	4200 NS
2,4-D (250)	3599 ab	4272 NS
2,4-D (500)	2369 b	4537 NS

Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$)

(11 a 14 días) los daños fueron desde el 6 al 11% (Thompson *et al.*, 2007). Aunque en este trabajo no se detectó interacción entre intervalo y dosis de aplicación, los daños por dosis de 500 g i.a. de 2,4-D fueron mayores, seguramente debido a que algunas aplicaciones fueron sólo 3 días antes de la siembra.

Cuando se aplicó metsulfurón metil y la dosis inferior de 2,4-D (250 g i.a./ha) no hubo diferencias significativas con el testigo, aunque los rendimientos fueron entre 13 y 20% menores (Cuadro 5). El metsulfurón metil es un herbicida selectivo para el trigo y otros cereales de grano fino por su rápida descomposición (Brown, 1990). Empleado en barbecho químico previo a soja, se observaron efectos fitotóxicos en soja cuando se sembró entre 7 y 30 días después de la aplicación (Avenidaño *et al.*, 2006). Además, cuando hubo poca agua en el suelo, el daño fue mayor (Bazzigalupi & Cepeda, 2005). Si se comparan los rendimientos de 2009 y 2010 se puede observar que la disminución de rendimiento fue mayor en 2009 (con sequía) aunque las diferencias no eran estadísticamente significativas con el testigo.

En 2010 no se detectaron diferencias significativas entre los distintos herbicidas y dosis (Cuadro 5), aunque los rendimientos con metsulfurón o 2,4-D fueron entre 2 y 9% inferiores al testigo (Cuadro 5). El 2,4-D es un herbicida muy soluble en agua y con baja persistencia (menor de 30 días) cuando el contenido de materia orgánica del suelo es bajo, lixiviándose rápidamente a más de 20 cm si las lluvias exceden los 50 mm después de la aplicación (Ismail *et al.*, 2009). El metsulfurón metil es también móvil, moviéndose en el suelo a más de 16 cm de profundidad con lluvias de 100 mm, inmediatamente después de la pulverización (James *et al.*, 2004). Considerando que en 2010 las precipitaciones excedieron 200 mm entre aplicaciones y siembra y que el conte-

nido de MO del suelo era 2,3%, es probable que 2,4-D y metsulfurón hayan lixiviado sin causar daños al cultivo.

CONCLUSIONES

En soja se observó disminución de altura y alteraciones del rendimiento por efecto del 2,4-D y del metsulfurón metil, aplicados antes de la siembra.

En 2009, el barbecho químico realizado 3 días antes de la siembra provocó menos altura del cultivo y disminución de rendimiento con metsulfurón y 2,4-D especialmente en la dosis más elevada de 2,4-D. En cambio, cuando hubo abundantes precipitaciones no se detectó ningún efecto sobre el cultivo.

El análisis de los resultados sugiere que el barbecho químico en soja con metsulfurón metil y 2,4-D podría provocar fitotoxicidad según dosis empleadas y proximidad entre la aplicación y la siembra, especialmente en condiciones de precipitaciones.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Nacional del Litoral por contribuir con la financiación de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- AVENDAÑO, M.; J. M. BIROLO & F. BEDMAR. 2006. Residualidad de herbicidas sulfonilureas aplicados en barbechos destinados a siembra de girasol, soja o maíz. Seminario de Actualización Técnica "Manejo de Malezas", Serie de Actividades de Difusión 465: 15-16.

- BAZZIGALUPI, O. & CEPEDA, S.** 2005. Relations between soil moisture and the metsulfuron methyl effects on the seedling growth of soybean (*Glycine max* L. Merr.). *RIA* 34: 101-110.
- BENOIT, P.; E. BARRIUSO & G. SOULAS.** 1999. Degradation of 2,4-D, 2,4-dichlorophenol, and 4-chlorophenol in soil after sorption on humidified and nonhumidified organic matter. *J. Environ. Qual.* 28: 1127-1135.
- BROWN, H. M.** 1990. Mode of action, crop selectivity, and soil relations of the sulfonurea herbicides. *Pesticide Sci.* 29: 263-281.
- BROWN, H. M.; A. VERNON; D. WITTENBACH; R. FORNEY & S. D. STRACHAN.** 1990. Basis for soybean tolerance to thifensulfuron methyl. *Pestic. Biochem. & Physiol.* 37, 3: 303-313.
- ISMAIL, B.S.; M. SAMENI & M. HALIMAH.** 2009. Adsorption, desorption and mobility of 2,4-D in two Malaysian agricultural soils. *Asian J. Agric. Res.* 3: 67-77.
- JAMES, T. K. ; A. RAHMAN ; J. M. MELLISOP & M. TROLOTE.** 2004. Effect of rainfall on the movement and persistence of metsulfuron-methyl and clopyralid applied to pasture. *New Zealand Plant Prot.* 57: 271-276.
- KELLEY, B. K.; L. M. WAX; A.G. HAGER & D. E. RIECHERS.** 2005. Soybean response to plant regulator herbicides is affected by other postemergence herbicides. *Weed Sci.* 53: 101-112.
- LEGUIZAMÓN, E. S.** 2009. Las malezas del barbecho. *Agromensajes* 27: 31-34.
- LORENZATTI, S.; M. B. GIRAUDO & F. SAMBITO.** 2002. La siembra directa: un nuevo sistema productivo para el agro. Cuaderno de Por Qué Biotecnología. Ed. AAPRESID. Buenos Aires. 11p.
- PAPA, J.C.** 2004. Beginning of leed interferente in a soybean Roundup Ready crop. VII World soybean Research Conference. Foz do Iguassu, Abstract pp. 95.
- PAPA, J. C. & R. MASSARO.** 2005. Herbicida metsulfurón metil en barbechos químicos. *Para Mejorar la Producción* 28: 59-62.
- PONS, N. & E. BARRIUSO.** 1998. Fate of metsulphuron-methyl in soils in relation to pedo-climatic conditions. *Pesticide Sci.* 53: 311-323.
- REDDY, K.N.; L.G.HEATHERLY. & A. BLAINE.** 1999. Weed management. (pp 171-195). En: HEATHERLY, L.G. & H.F. HODGES (eds). *Soybean Production in the Midsouth*. CRC Press. Boca Raton.
- STERLING, T. M. & J. C. HALL.** 1997. Mechanism of action of natural auxins and the auxinic herbicides. (pp: 111-141) En: ROE R.M., J.D.BURTON & R.J. KUHR (eds). *Herbicide Activity: Toxicology, Biochemistry and Molecular Biology*. IOS Press. Amsterdam.
- THOMPSON, M. A.; L. E. STECKEL; A.T. ELLIS & T. C. MUELLER.** 2007. Soybean Tolerance to Early Preplant Applications of 2,4-D Ester, 2,4-D Amine, and Dicamba. *Weed Technol.* 21: 882-885.
- YE, Q.; J. SUN & J. WU.** 2003. Causes of phytotoxicity of metsulfuron-methyl bound residues in soil. *Environ. Poll.* 126: 417-423.