

Manejo de *Loium multiflorun* (raigrás anual) resistente a glifosato mediante el uso de herbicidas preemergentes

Metzler M.J.¹ y Ahumada M.²¹Grupo Ecofisiología Vegetal y Manejo de Cultivos. INTA EEA Paraná²FCA-UNER

Introducción

Un gran número de especies de gramíneas conforman la flora espontánea de regiones templadas. Algunas de estas especies han cobrado notable importancia en los agroecosistemas actuales, donde las prácticas agrícolas ampliamente adoptadas condicionan la relevancia de ciertos integrantes de la comunidad de malezas. Particularmente, aquellas plantas caracterizadas por su amplia plasticidad y capacidad de adaptación adquieren relevancia por el costoso esfuerzo para mantenerlas a niveles económicamente no perjudiciales.

Algunas características como la alogamia, la polinización anemófila, la rápida adaptabilidad al ambiente y la producción de gran cantidad de semillas, entre otras, transforman a *L. perenne* y *L. multiflorum* en malezas trascendentes. Tal es así que debido a la plasticidad de esta especie y el continuo uso de glifosato, se ha generado una presión de selección que provocó el incremento de la frecuencia de individuos de baja sensibilidad al herbicida, conduciendo a la aparición de poblaciones resistentes. Una población del partido de Coronel Dorrego (provincia de Buenos Aires) resultó ser el primer caso de *Lolium perenne* resistente a glifosato en Argentina y a nivel mundial. Actualmente, el problema de raigrás resistente a glifosato trascendió en su nivel de importancia alcanzando una amplia dispersión regional.

Frecuentemente, *L. perenne* junto a *L. multiflorum* se encuentran formando parte de las comunidades de malezas de zonas templadas. Aunque su estrecha relación dificulta la determinación, varias diferencias morfo-fisiológicas permiten distinguir ambas especies: prefoliación conduplicada, perennidad, requerimientos de vernalización y espiguillas con 2 a 10 flores (Cabrera y Zardini, 1978; Jung y otros, 1996; Inda Aramendía, 2005).

Según Jenkin (1951, 1959), las variedades de *L. perenne* se originaron en la región Mediterránea o el oeste de Asia y luego las distintas variantes se han diferenciado por acumulación de mutaciones. Desde su zona de origen se ha dispersado por regiones templadas de todo el mundo (Balfourier y otros, 2000).

Las especies de raigrás más importantes agrónomicamente han sido *L. perenne* y *L. multiflorum*, tanto por sus características forrajeras como por ser componentes de céspedes. Sin embargo, esas mismas especies son malezas trascendentes cuando “escapan” de las áreas cultivadas (Polok, 2007).

Durante varias décadas, el raigrás fue ampliamente cultivado en sistemas agropecuarios o netamente ganaderos de la provincia de Buenos Aires (Cabrera, 1970). A partir del crecimiento de la agricultura y el proceso de cambio en el uso de la tierra, la actividad ganadera fue reemplazada por la producción agrícola (de las Carreras, 2010). Desde 1985 a la actualidad, la superficie asignada a cultivos de cosecha en el sur bonaerense se ha incrementado en un 30%, mientras que la ganadería ha sido desplazada a suelos menos productivos (Duhalde y otros, 2012). En este nuevo contexto, *Lolium spp.* es una importante maleza en cultivos de cebada y trigo (Istilar y Yannicari, 2011).

El uso continuo de glifosato como único herbicida favoreció la selección intra-específica de plantas, donde aquellos individuos menos sensibles incrementaron su frecuencia gradualmente, conduciendo a la evolución de resistencia. Particularmente en el sur de la provincia de Buenos Aires, esto se evidenció en la baja sensibilidad a glifosato de un biotipo de *Lolium perenne* hallado por técnicos de la Chacra Experimental Integrada Barrow (Convenio Ministerio Asuntos Agrarios de Bs. As. - INTA) en un cultivo de trigo del partido de Coronel Dorrego. Las plantas presumiblemente resistentes no

habrían sido controladas por aplicaciones de glifosato en barbecho. El lote donde se encontró la población problema era trabajado bajo el sistema de siembra directa desde hacía doce años y el glifosato era el principal principio activo empleado a razón de tres aplicaciones por año (Istilart y Yannicari, 2011).

Al adquirir resistencia a glifosato y posteriormente a graminicidas (inhibidores de la AIS y Accasa), surgió la necesidad de comenzar a incorporar herbicidas con otros sitios de acción como es el caso de flumioxazin (inhibidor de la PPO), pyroxasulfone (mecanismo de acción nuevo y desconocido), acetoclor y s-metolacolor (cloroacetamidas).

Materiales y Métodos

Descripción y diseño del experimento

El experimento se realizó en la localidad de Crespo, ubicado a 7 km del ejido de esta localidad, en la provincia de Entre Ríos. Se utilizó un diseño en bloques completamente aleatorizados, con tres repeticiones. El tamaño de cada unidad experimental fue de 15 m² (3 m de ancho por 5 m de longitud) con un testigo apareado sin aplicar a la derecha del tratamiento en cada unidad experimental.

Se evaluaron 20 tratamientos, 19 de ellos con herbicidas de acción pre-emergente sobre *Lolium spp.* (Tabla 1) aplicados el 7 de septiembre de 2015, sobre un lote sembrado con raigrás el 6 de septiembre de 2015. Los tratamientos se evaluaron a los 30, 45 y 70 días después de la aplicación (DDA). La eficacia de control se evaluó mediante observación visual comparando respecto al testigo apareado sin control (Alvarez y otros, 1974) y los resultados se expresaron separando a los tratamientos que contenían herbicidas inhibidores de la ALS del resto, para facilitar el análisis. El 24 de octubre se sembró soja NA 6402 (tolerante a sulfonilurea), con una distancia entre surco de 52 cm. Dada la circunstancia, en la que la aplicación de estos tratamientos se hizo en un contexto de barbecho corto, se evaluó la fitotoxicidad de la soja en aquellos herbicidas que no están recomendados para este cultivo. La misma se evaluó a través de la escala de la Sociedad Europea de Investigación en Malezas (EWRS) (Chaila, 1986) (Tabla 2). Entre la aplicación de los tratamientos y el día primero de diciembre se produjeron 96 mm de lluvia, siendo la primera de 30 mm a los dos días de la aplicación de los herbicidas.

Tabla 1. Tratamientos herbicidas realizados en el sitio experimental.

T	Herbicidas	Dosis g e.a. o ml p.f. ha ⁻¹
1	Clorimuron + sulfometuron	100
2	Clorsulfuron + metsulfuron	15
3	Acetaclor	2000
4	S-metolacolor	1200
5	Flumioxazin	150
6	Imazapic (52,5%) imazapyr (17,5%)	114
7	Imazetapir	1000
8	Clomazone (36%)	2000
9	Imazapic (26,5%) imazapyr (8,75%)	300
10	Imazapic (26,5%) imazapyr (8,75%)	400
11	Imazapic (26,5%) imazapyr (8,75%)	500
12	Pyroxasulfone	100
13	Pyroxasulfone	120
14	Pyroxasulfone	140
15	Pyroxasulfone + flumioxazin	100 + 100
16	Pyroxasulfone + flumioxazin	120 + 100

17	S-metolaclor	1500
18	Metsulfuron + 2,4 d	8 + 600
19	Atrazina	1500
20	Testigo sin control	

e.a. o p.f.: gramos de equivalente ~~acido-ácido~~ o producto formulado.

Tabla 2. Escala ordinal propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Malezas (EWRS) para evaluar el control de malezas y su fitotoxicidad al cultivo y su interpretación agronómica y porcentual.

Valor	Efecto en la maleza	Efecto en el cultivo
1	Muerte completa	Sin efecto
2	Muy buen control	Síntomas muy ligeros
3	Buen control	Síntomas ligeros
4	Suficiente en la práctica	Síntomas que no se reflejan en el rendimiento
-----Límite de aceptabilidad-----		
5	Control medio	Daño medio
6	Regular	Daño elevado
7	Pobre	Daños muy elevado
8	Control muy pobre	Daños severo
9	Sin efecto	Muerte completa

Transformación de la escala EWRS a porcentual		
Valor	Control de maleza %	Fitotoxicidad al cultivo %
1	99,0 - 100	0,0 - 1,0
2	96,5 - 99,0	1,0 - 3,5
3	93,0 - 96,5	3,5 - 7,0
4	87,5 - 93,0	7,0 - 12,5
5	80,0 - 87,0	12,5 - 20,0
6	70,0 - 80,0	20,0 - 30,0
7	50,0 - 70,0	30,0 - 50,0
8	1,0 - 50,0	50,0 - 99,0
9	0,0 - 1,0	99,0 - 100

Para realizar las pulverizaciones se empleó una mochila de presión constante por fuente de CO₂ equipada con una barra de 4 boquillas con pastillas Lechler AP 8001 y Albus CH 80 a 50 cm de separación, a una presión de 2,7 bares, una altura del totalón respecto del suelo de 50 cm y a una velocidad de 4 km h⁻¹.

Resultados

En la Tabla 3 se observa el control de malezas en las tres evaluaciones para todos aquellos tratamientos que contenían inhibidores de ALS. En general los tratamientos analizados mostraron resultados muy diversos.

Tabla 3. Porcentaje de control y análisis de varianza de los tratamientos con herbicidas inhibidores de la ALS a los 30, 45 y 70 DDA.

T	Herbicidas	Control %		
		30 DDA	45 DDA	70 DDA
1	Clorimuron + sulfometuron	90 a	90 a	87 a
2	Clorsulfuron + metsulfuron	67 c	67 c	50 d
6	Imazapic (52,5%) imazapyr (17,5%)	75 b	75 b	72 c
7	Imazetapir	68 c	68 c	70 c
9	Imazapic (26,5%) imazapyr (8,75%)	91 a	91 a	93 a
10	Imazapic (26,5%) imazapyr (8,75%)	92 a	92 a	94 a
11	Imazapic (26,5%) imazapyr (8,75%)	93 a	93 a	93 a
18	Metsulfuron + 2,4 D	48 d	48 d	25 e

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

Las combinaciones de clorimuron y sulfometuron (figura 2) e imazapic (26,75 %) + imazapyr (8,75 %), se destacaron claramente sobre el resto. En el caso particular de la última combinación las dosis más eficaces fueron las de 300, 400 y 500 ml p.f. ha⁻¹ (Figuras 3,4 y 5, respectivamente), no registrándose diferencias significativas entre ellas, las cuales sí se diferenciaron del tratamiento 6 con 114 ml p.f. ha⁻¹ de imazapic (52,5 %) + imazapyr (17,5 %). Como era de esperar las mezclas de clorsulfuron + metsulfuron y metsulfuron + 2,4 D solo mostraron escasos niveles de supresión, siendo algo superior dicha supresión en la mezcla de clorsulfuron + metsulfuron. Imazetapir tuvo una media de 69% para las tres evaluaciones.

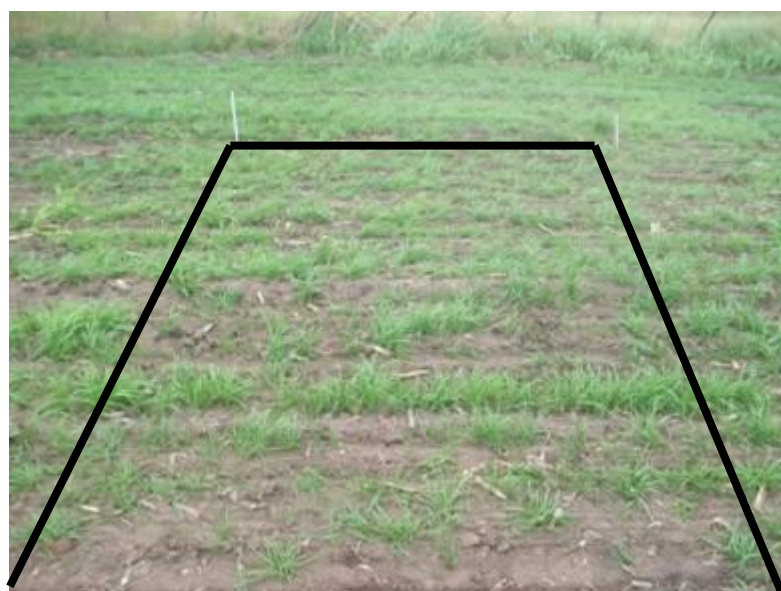


Figura 1. Testigo sin aplicación de herbicidas a los 45 DDA.

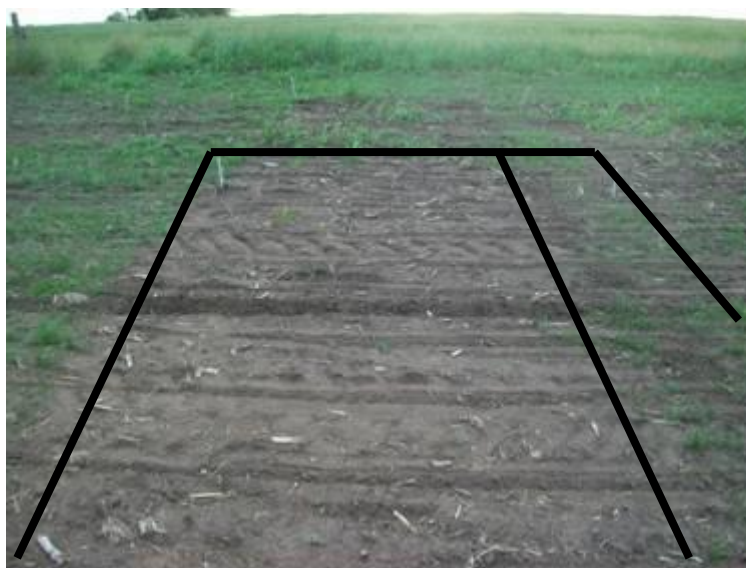


Figura 2. Tratamiento 1, clorimuron + sulfometuron los 45 DDA.

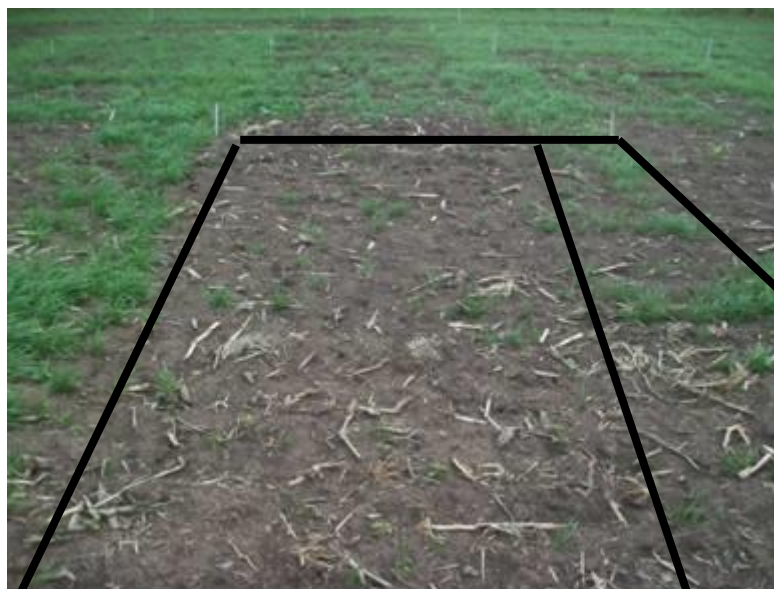


Figura 3. Tratamiento 9, imazapic (26,5 %) imazapyr (8,75 %) los 45 DDA.

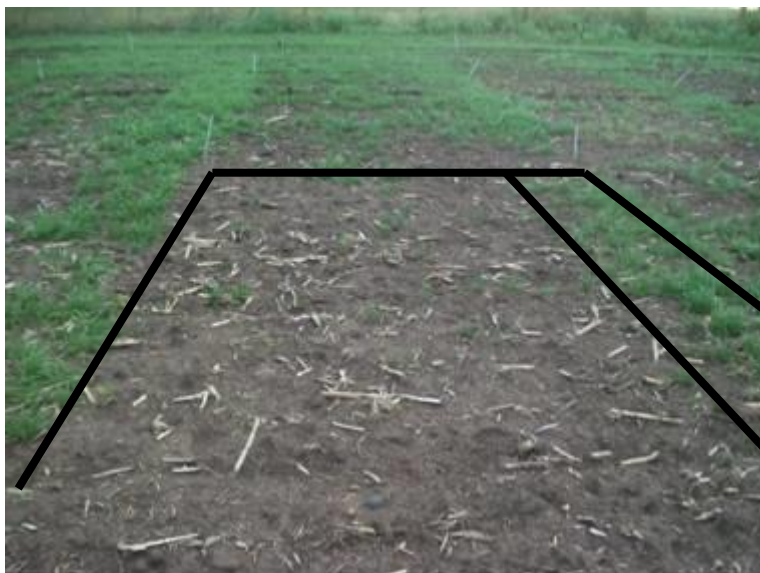


Figura 4. Tratamiento 10, imazapic (26,5 %) imazapyr (8,75 %) los 45 DDA.

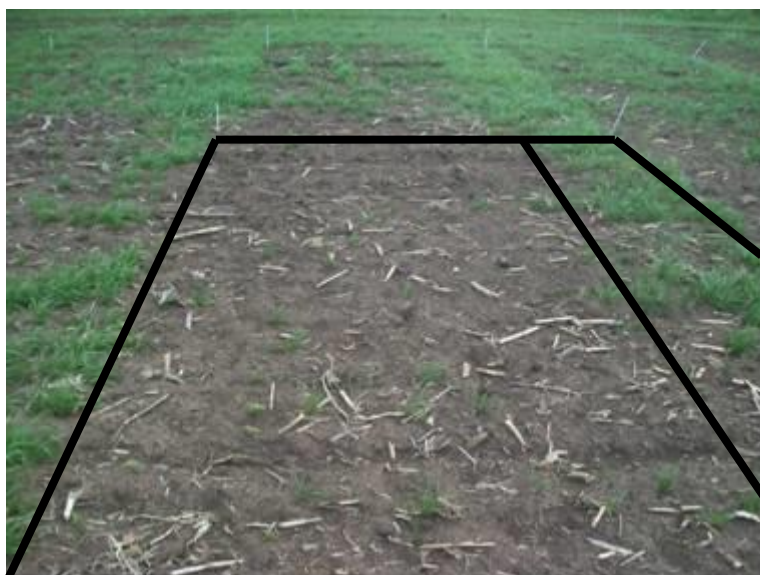


Figura 5. Tratamiento 11, imazapic (26,5 %) imazapyr (8,75 %) los 45 DDA.

En la Tabla 4 se muestra que flumioxazin llegó a los 70 DDA con aproximadamente 76% de control. En el caso particular de pyroxasulfone (Figura 7), llamativamente la dosis de mayor eficacia y residualidad evaluada fue la menor ($100 \text{ ml p.f. ha}^{-1}$), sin embargo los resultados más consistentes se lograron con la combinación de pyroxasulfone y flumioxazin (100 y $120 \text{ ml p.f. ha}^{-1}$ respectivamente), con un promedio de 90,5% de control en las tres evaluaciones realizadas. La atrazina, que años anteriores tuvo mayor persistencia (Gigon, comunicación personal), bajó su control residual probablemente debido a las precipitaciones registradas entre la segunda y tercera evaluación. Las cloroacetamidas (acetoclor y s-metolacolor), por su parte lograron controles muy divergentes, en lo particular acetoclor tuvo muy poca eficacia en las tres evaluaciones con un promedio del 50%, s-metolacolor fue sensiblemente más eficaz a una dosis de $1500 \text{ ml p.f. ha}^{-1}$ con una media de 85% respecto de $1200 \text{ ml p.f. ha}^{-1}$ con un magro promedio de 40%, siendo en ambos casos la acción más eficaz a los 30 DDA. Finalmente, clomazone (Figura 6) alcanzó resultados consistentes para el control de esta maleza con un promedio de 89%.

Tabla 4. Porcentaje de control y análisis de varianza de los tratamientos con herbicidas no inhibidores de la ALS a los 30, 45 y 70 DDA.

T	Herbicidas	Control %		
		30 DDA	45 DDA	70 DDA
3	Acetacolor	65 d	50 d	33 e
4	S-metolacolor	52 e	37 e	28 e
5	Flumioxazin	73 c	77 c	76 d
8	Clomazone (36%)	86 ab	89 ab	90 ab
12	Pyroxasulfone	90 a	88 ab	87 ab
13	Pyroxasulfone	87 ab	87 ab	84 bcd
14	Pyroxasulfone	83 b	84 b	84 cd
15	Pyroxasulfone + flumioxazin	87 ab	84 ab	82 cd
16	Pyroxasulfone + flumioxazin	90 a	91 a	91 a
17	S-metolacolor	87 a	85 ab	80 d
19	Atrazina	60 d	28 f	15 f

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

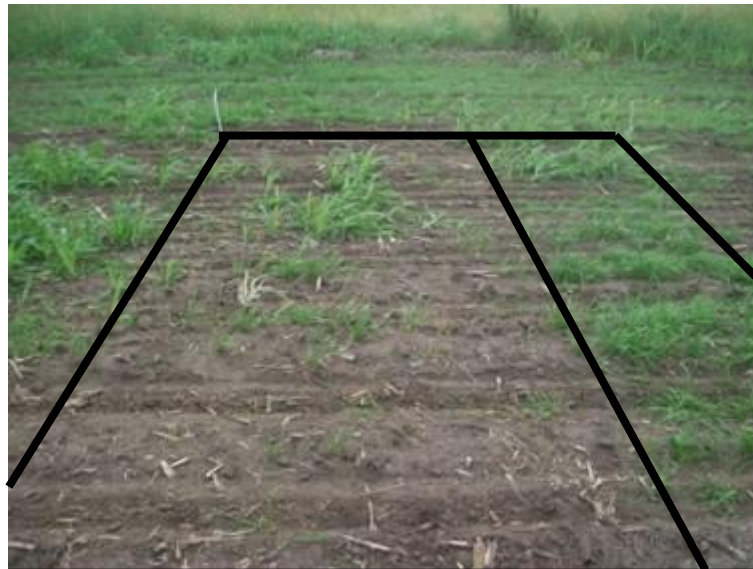


Figura 6. Tratamiento 8, clomazone 36% a los 45 DDA.

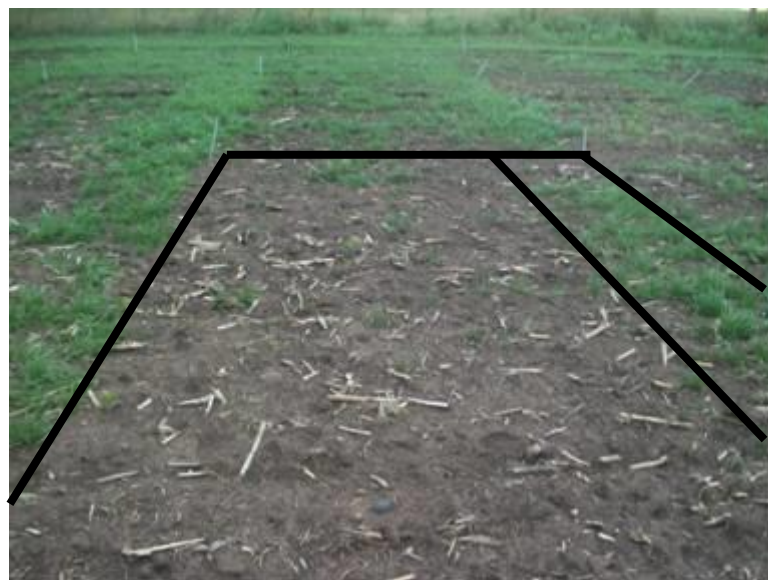


Figura 7. Tratamiento 12, pyroxasulfone a los 45 DDA.

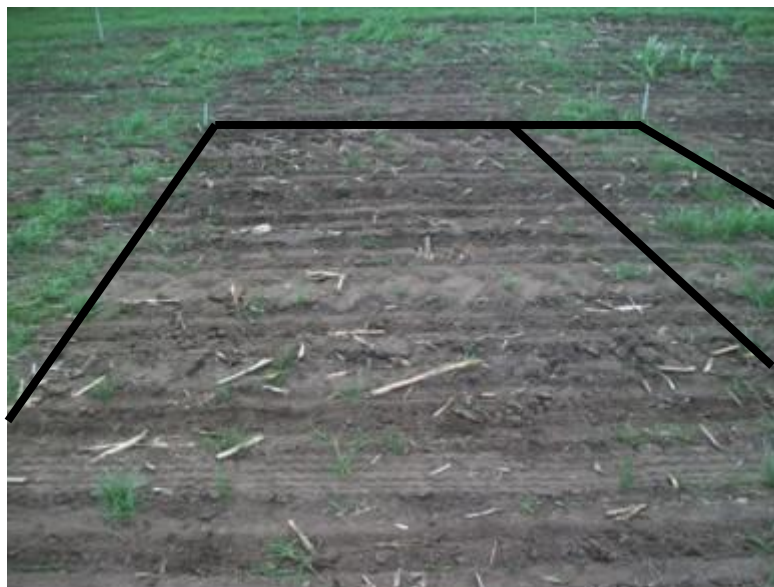


Figura 8. Tratamiento 16, pyroxasulfone + flumioxazin a los 45 DDA.

En cuanto a la fitotoxicidad en el cultivo y a pesar de ser una variedad de soja no STS (susceptible a sulfonilureas), no se registró fitotoxicidad en las combinaciones de clorimuron y sulfometuron e imazapic (26,75%) + imazapyr (8,75%), excepto que en esta última combinación se observó un efecto fitotóxico de grado 2 en la escala EWRS (Tabla 2) para la dosis de 500 ml p.f. ha⁻¹ (figura 9). Tampoco se registraron daños en el cultivo por efecto de pyroxasulfone en ninguna de las dosis evaluadas, ni cuando se combinó a éste con flumioxazin.



Figura 9. Efecto fitotóxico de grado 2 en la escala EWRS a la izquierda de la línea. A la derecha testigo sin aplicar.

Conclusiones

Se destacaron varias alternativas para el manejo de *Lolium spp.*, que pueden adaptarse tanto al barbecho largo como al corto, con rotación de sitios de acción y buen control final para la siembra de soja.

La aplicación de los herbicidas residuales debe sincronizarse con las precipitaciones y el flujo de emergencia de la maleza, teniendo en cuenta que este último factor se correlaciona con las precipitaciones. Por lo que la aplicación del herbicida dependerá de las lluvias en el año.

Es importante tener en cuenta que se debe asegurar un buen control de la maleza que está emergida, ya que el herbicida residual va a actuar inhibiendo la emergencia de los individuos de *Lolium spp.*, no sobre aquellos que ya han emergido. Además, cuando el efecto residual decae y se comienzan a producir nuevos nacimientos, estos individuos se encontrarán en estado de plántula en primavera, lo cual los hace mucho más sensibles y receptivos a la aplicación de graminicidas postemergentes.

Bibliografía

- ALVAREZ A., PIEDRACHITA W., LÓPEZ H., KOGAN M., ESPINOSA E., HELFGOTT S. y R. HANSEN 1974. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación de ensayos de control de malezas. II Reunión de ALAM, Cali, Colombia. Revista ALAM I:35-38.
- BALFOURIER F., IMBERT C. and G. CHARMET 2000. Evidence for phylogeographic structure in *Lolium* species related to the spread of agriculture in Europe: a cpDNA study. Theoretical and Applied Genetics 101:131-138.
- CABRERA A. 1970. Flora de la Provincia de Buenos Aires: Gramíneas. Tomo IV. Buenos Aires. Colección Científica INTA. 623 p.
- CABRERA A. L. y E.M. ZARDINI 1978. Manual de la flora de los alrededores de Buenos Aires. Editorial Acme, Buenos Aires.
- CHAILA S. 1986. Método de evaluación de malezas para estudios de población y control. Revista de la Asociación Argentina para el control de Malezas. ASAM. 2:66-67.
- DUHALDE J., DI NEZIO L., PEREA A. y M. JENSEN 2012. El crecimiento de la agricultura argentina. Carpeta ganadera 2010/2011 -CEI Barrow-. <http://www.inta.gob.ar>.
- JENKIN T.J. 1951. Atti del Convegno di Genetica Agraria, Rieti, Italy, 1950. p. 360-374.
- JENKIN T.J. 1959. The ryegrasses (*Lolium* L.). (The ryegrasses (*Lolium* L.)) In: Handbuch der Pflanzenzuchtung, 4 [ed. by Kappert, H. \Rudolf, W.]. Berlin, Germany: Paul Parey, p. 435-452.
- JUNG G., VAN WIJK A., HUNT W. and C. Watson 1996. Ryegrasses. En: Cool-season forage grasses. Moser L., Buxton D., Casler, M (Eds.). Agronomy Monograph 34. Madison. American Society of Agronomy. 841 p.
- INDA ARAMENDÍA L.A. 2005. El género *Lolium*. Claves dicotómicas. Rev. Real Academia de Ciencias. Zaragoza. 60:143-155.
- ISTILART C. y M. YANNICCARI 2011. Evaluación del control de *Lolium perenne* resistente a glifosato con haloxifop-Rmetil, en la zona sur bonaerense argentina. En Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (20., 2011, Viña del Mar, Chile). Actas. Viña del Mar. ALAM. 1 disco compacto. Trabajo n° 57:416-424.
- POLOK K. 2007. Molecular evolution of the genus *Lolium* L. Olsztyn. Studio Poligrafii Komputerowej. 318 p.

