

ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDAD DE BIOTIPOS DE *Lolium multiflorum* A HERBICIDAS INHIBIDORES DE LA ENZIMA ALS, ACCASA Y GLIFOSATO¹

Sensitivity Analysis of Lolium multiflorum Biotypes to Glyphosate, ACCase and ALS-Inhibiting Herbicides

DIEZ DE ULZURRUN, P.² y LEADEN, M.I.³

RESUMEN - A pesar de los avances logrados en el control de las malezas con el uso de herbicidas, el manejo de las mismas no se simplificó, sino que, al contrario, surgieron nuevos desafíos, como la aparición de resistencia a herbicidas. En 2007, se reportó en *Lolium multiflorum* el segundo caso de resistencia a glifosato detectado en Argentina. En el sudeste de la provincia de Buenos Aires se registraron fallas de control a campo en poblaciones de *Lolium multiflorum* debido a su resistencia a distintos herbicidas de las familias de los inhibidores de ALS y de ACCasa y al herbicida glifosato. El objetivo de este estudio fue caracterizar el nivel de resistencia a ciertos herbicidas inhibidores de la ALS y de la ACCasa y al glifosato en una población de *L. multiflorum* de Loberia (Bs As, Argentina) supuestamente resistente (LmR). Se realizaron bioensayos en cajas de Petri y se determinó la GR₅₀ mediante la variación en la longitud de coleoptile. Las curvas de dosis-respuesta se obtuvieron por medio de la ecuación log-logística. El biotipo LmR presentó resistencia múltiple a herbicidas con tres modos de acción diferentes: glifosato, inhibidores de ALS y de ACCasa. Dicho ensayo demostró la aparición de un biotipo de *L. multiflorum* con resistencia a múltiples principios activos.

Palabras clave: raigrás, resistencia múltiple, bioensayos, sudeste bonaerense.

ABSTRACT - Despite progress in weed control using herbicides, management has not been simplified, but new challenges such as herbicides resistance have arisen. In 2007, a *Lolium multiflorum* population resistant to glyphosate was reported, as the second case of glyphosate resistant weeds in Argentina. In the southeast of Buenos Aires province, control failures in populations of *L. multiflorum* to different families of herbicide such as ALS and ACCase inhibitors and to glyphosate at field level have been registered. The aim of this study was to characterize the level of resistance to certain herbicides inhibitors of ALS, ACCase and glyphosate in a putatively resistant (LmR) population of *L. multiflorum* of Loberia (Buenos Aires, Argentina). Bioassays were conducted in Petri dishes and the GR₅₀ was determined by the length of coleoptile. Curves dose-response were obtained using the log-logistic equation. The LmR biotype survived under multiple herbicides of three different modes of action, glyphosate, ALS and ACCase inhibitors. This test showed the appearance of a biotype of *L. multiflorum* with resistance to multiple active ingredients.

Keywords: ryegrass, multiple resistant, bioassay, Southeast of Buenos Aires Province.

INTRODUCCIÓN

El uso generalizado de herbicidas en la agricultura moderna ha incrementado notablemente la producción de alimentos a

escala mundial (Powles y Yu, 2010). A pesar de los grandes avances logrados con dicha práctica de control de plagas, la problemática de las malezas no mejoró, sino que, al contrario, surgieron nuevos desafíos en su

¹ Recebido para publicação em 16.4.2011 e aprovado em 25.6.2012.

² Becaria de la Universidad Nacional de Mar del Plata, <pdiezulzurrun@balcarce.inta.gov.ar>; ³ Profesora Adjunta de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Ruta 226 Km 73,5 Balcarce (Pcia de Buenos Aires), Argentina.



manejo, como la dominancia de las malezas tolerantes y la aparición de resistencia a los herbicidas de uso predominante.

La *Weed Science Society of America* (WSSA, 1998) define la resistencia a herbicidas como la habilidad hereditaria que algunos biotipos dentro de una población adquieren para sobrevivir y reproducirse a determinada dosis de un herbicida, a la cual la población original era susceptible. Se asume que cualquier población de malezas puede contener biotipos resistentes en baja frecuencia y que el uso repetido de un mismo herbicida expone la población a una presión de selección que conduce a un aumento en el número de individuos resistentes (Gressel y Segel, 1978).

La dinámica y el impacto de la resistencia depende de varios factores, como la especificidad del herbicida, la diversidad de los genes de resistencia involucrados, y de factores de manejo como la dosis y la frecuencia de uso, entre otros, que van a afectar, principalmente, la presión de selección ejercida (Cerdeira y Duke, 2006; Taberner Palou et al., 2007).

Herbicidas como los inhibidores de la acetolactato sintasa (ALS) e inhibidores de la acetil coenzima-A carboxilasa (ACCasa) son capaces de seleccionar biotipos resistentes en 1-5 ciclos de selección (Mallory Smith et al., 1990). Esto se debe, principalmente, a la elevada especificidad del sitio activo, a la alta frecuencia de mutación del gen nuclear que codifica la enzima (10^{-6} para los herbicidas ALS) y a la posibilidad de que distintas mutaciones semidominantes alteren el sitio de acoplamiento del herbicida en la enzima y le confieran resistencia a la maleza (Delye et al., 2009; Tranel y Wright, 2002; Gressel, 2002).

Actualmente, los casos de resistencia a inhibidores de la ALS superan el centenar y abarcan 34 países. América Latina es uno de los grupos con mayor cantidad de malezas resistentes, con 16 especies confirmadas. Por su parte, el grupo de los inhibidores de la ACCasa, con 36 casos de resistencia, es otro de los de mayor contribución tanto para los índices mundiales como los de Latinoamérica, donde se registraron 16 casos particularmente en malezas gramíneas (Heap, 2010).

Aunque de menor dimensión que los dos casos anteriores, la resistencia al glifosato,

inhibidor de la enzima enolpiruvyl-shikimato-3-fosfato sintetasa (EPSPS), con 16 malezas resistentes, toma una relevancia especial debido a que su uso se ha generalizado a nivel mundial y particularmente en Argentina en virtud de la gran adopción del sistema Siembra Directa-Soja RR y a su creciente uso en barbechos químicos (Trigo y Cap, 2006).

Diversas especies de malezas que desarrollaron resistencia al glifosato fueron reportadas simultáneamente por presentar resistencia a otros principios activos (resistencia múltiple a herbicidas). Así, por ejemplo, malezas como *Amaranthus rudis*, *Conyza* spp., *Eleusine indica*, *Euphorbia heterophylla*, y *Lolium rigidum* presentan resistencia también a herbicidas como los inhibidores de la ACCasa o de la ALS (Yu et al., 2007; Heap, 2010).

En 2007, se reportó en Argentina resistencia a glifosato, en la provincia de Buenos Aires (Partido de Coronel Dorrego), en plantas de *Lolium multiflorum* (Diez de Ulzurrun et al., 2008; Vigna et al., 2008). Se sabe que dichas poblaciones fueron expuestas desde el año 1999 hasta el 2005 a 3-5 aplicaciones anuales de 400-500 g e.a. ha⁻¹ de glifosato. A partir del año 2006, se registraron fallas en el control de tales poblaciones.

En el sudeste de la provincia de Buenos Aires, se registraron fallas de control a campo en poblaciones de *Lolium multiflorum* expuestas a distintos herbicidas de las familias de los inhibidores de ALS y ACCasa y al glifosato. Por ello, se planteó como objetivo caracterizar el nivel de resistencia a determinados herbicidas inhibidores de la ALS, de la ACCasa y al glifosato en una población supuestamente resistente del sudeste bonaerense.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para confirmar y determinar el nivel de resistencia a herbicidas con diferentes modos de acción, se realizaron experimentos en cajas de Petri. Los ensayos fueron conducidos en cámara de crecimiento en el laboratorio de Terapéutica Vegetal de la Unidad Integrada Balcarce (EEA INTA Balcarce – Fac Cs. Agrarias UNMdP).

Se examinó una población supuestamente resistente de *L. multiflorum* del Partido de

Loberia (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Se colectaron las semillas de los grupos de plantas que sobrevivieron a las aplicaciones de campo con herbicidas. Dicha población fue denominada LmR y tenía una historia de, por lo menos, 5 o más años en siembra directa y con aplicaciones de glifosato y de graminicidas en cultivo y barbechos de trigo y cebada. Se utilizó como testigo susceptible una población cultivada de raigrás (Progrow, KWS Argentina).

Se colocaron 15 semillas en cada caja de Petri, sobre un papel de filtro embebido con 5 mL de alícuotas de distintas concentraciones de glifosato (0; 12,5; 25; 50; 100; 200; 400 mg e.a. L⁻¹), pyroxsulam, iodosulfuron, pinoxaden y clethodim (0,001; 0,01; 0,1; 1; 10; 100; 1.000 micromolar (μM)). Se realizaron tres repeticiones para cada una de las dosis. Dicho ensayo se llevó a cabo en una cámara de crecimiento con un régimen de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad y con una alternancia térmica de 15-20 °C.

A los siete días después de la siembra, se determinó la longitud de la parte aérea (suma del largo de coleoptile y primera hoja en los casos en que ella estaba presente).

La longitud de coleoptile se expresó como porcentaje del control no tratado para estandarizar la comparación. Las curvas de dosis-respuesta para los bioensayos en caja de Petri fueron obtenidas por medio de un modelo de regresión no lineal usando la ecuación log-logística (Streibig, 1988; Streibig et al., 1993, 1995):

$$Y = C + ((D - C) / (1 + (x/GR_{50})^b))$$

en que Y representa la longitud de coleoptile (como porcentaje del control no tratado) de plantas expuestas a dosis de los diferentes herbicidas (x), C es la respuesta media a una dosis de herbicida muy alta (límite inferior), D es la respuesta media cuando la dosis de herbicida tiende a cero (límite superior), b es la pendiente de la línea cuando hay una reducción del 50 % del crecimiento (GR₅₀), y GR₅₀ es la dosis de herbicida requerida para reducir el crecimiento en un 50%. Los parámetros de regresión de los biotipos susceptibles y resistentes al glifosato fueron obtenidos usando Sigma Plot (versión 8.0, SPSS Inc, USA). El índice de resistencia (IR) se determinó mediante el cálculo de la relación entre la GR₅₀

del biotipo resistente y la GR₅₀ del biotipo susceptible.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sensibilidad al glifosato

La longitud de la parte aérea disminuyó para las poblaciones evaluadas expuestas a dosis crecientes de glifosato (Figura 1). El modelo no lineal propuesto proporcionó un buen ajuste a la relación entre la longitud de coleoptile (% control no tratado) y las dosis de glifosato (Tabla 1). Se observó una menor sensibilidad al herbicida en la población LmR que en la población susceptible probada. La GR₅₀ fue de 13,86 (±1,66) y 46,72 (±7,47) mg e.a. L⁻¹ de glifosato en las poblaciones Progrow y LmR respectivamente.

El IR presentó un valor de 3,37 y confirmó la resistencia del biotipo LmR al herbicida glifosato. Dicho nivel de resistencia se encuentra en el rango de valores citados en la bibliografía para el herbicida glifosato, ya que, en general, la resistencia es del orden de 3-7 (Lorraine-Colwill et al., 2002; Perez y Kogan, 2002; Wakelin et al., 2004; Perez Jones et al., 2007; Nandula et al., 2008; Preston y Wakelin, 2008; Vigna et al., 2008), con algunas excepciones en las cuales el IR superó el valor de 10 (Wakelin et al., 2004; Yu et al., 2007; Preston y Wakelin, 2008).

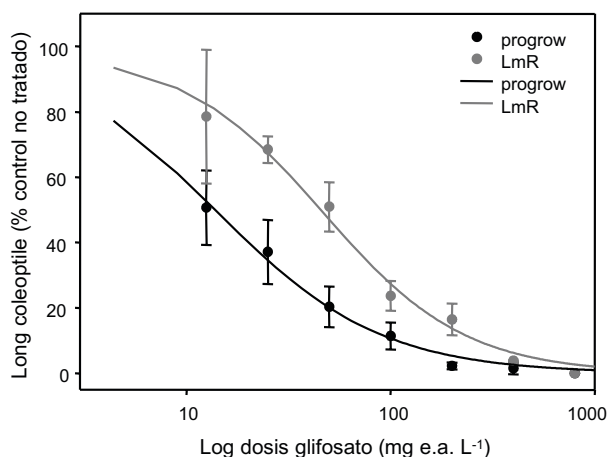


Figura 1 - Longitud del coleoptile de biotipos de *Lolium multiflorum* expuestos a dosis crecientes de glifosato. Los símbolos y líneas representan los valores reales y predichos respectivamente. Las barras verticales representan el error estándar de la media.



Tabla 1 - Parámetros de regresión del modelo no lineal estimados y error estándar (SE) para los bioensayos en cajas con distintos herbicidas. El modelo ajustado corresponde a la longitud del coleoptile (% control no tratado) = $C + [(D - C)/1 + (x/LD50)^b]$

Herbicida	Población	D (±SE)	C (±SE)	b (±SE)	GR ₅₀ (±SE) (mg a.e. L ⁻¹)	R ² _{aj}	IR
Glifosato	LmR	98.4 (4.50)	0 (5.13)	1.25 (0.22)	46.700 (7.470)	0.95	3.37
	Progrow	99.8 (3.26)	0 (3.02)	1.07 (0.18)	13.8600 (1.660)	0.97	
Pyroxsulam	LmR	97.0 (3.87)	0 (3.60)	0.68 (0.11)	0.5220 (0.150)	0.97	26.10
	Progrow	105.0 (8.00)	0 (8.00)	0.19 (0.07)	0.0200 (1. 10 ⁻⁴)	0.97	
Iodosulfuron	LmR	98.0 (2.95)	0 (2.00)	0.71 (0.02)	0.1100 (0.020)	0.98	2.20
	Progrow	101.0 (2.97)	0 (3.95)	0.28 (0.05)	0.0500 (0.024)	0.98	
Clethodim	LmR	85.4 (3.50)	0 (5.80)	1.73 (0.29)	0.1372 (0.040)	0.93	3.43
	Progrow	94.0 (2.22)	0 (2.29)	1.32 (0.17)	0.0400 (0.070)	0.98	
Pinoxaden	LmR	91.7 (2.80)	0 (4.85)	2.35 (0.23)	0.1660 (0.350)	0.96	1.03
	Progrow	97.8 (0.80)	0 (1.50)	5.16 (0.92)	0.1600 (0.050)	0.99	

Inhibidores de la ALS

Sensibilidad a pyroxsulam

La longitud de la parte aérea disminuyó en las poblaciones evaluadas expuestas a concentraciones crecientes de pyroxsulam (Figura 2). La GR₅₀ de la población LmR fue de 0,522 µM, mientras que, para el cultivo comercial, fue de 0,02 µM. Al calcular la relación de la GR₅₀ del biotipo LmR y la del Progrow, obtuvimos un IR de 26,1, lo que indica un alto nivel de resistencia de dicha población al herbicida probado, perteneciente al grupo de inhibidores de la ALS.

Sensibilidad a iodosulfuron

La longitud de la parte aérea disminuyó para las poblaciones evaluadas expuestas a concentraciones crecientes de iodosulfuron (Figura 3). La GR₅₀ de la población LmR fue de 0,11 µM, mientras que, para Progrow, fue de 0,05 µM. Al calcular la relación de la GR₅₀ del biotipo LmR y la del Progrow, obtuvimos un IR de 2,2, que indica la resistencia de la población LmR al herbicida iodosulfuron perteneciente también al grupo de los inhibidores de la ALS.

Espinoza et al. (2005) citan que el primer biotipo de *L. multiflorum* muestra resistencia múltiple a herbicidas el cual presenta un IR de 4 al glifosato y 4,6 al iodosulfuron. Espinoza et al. (2008) estudiaron la resistencia al iodosulfuron en biotipos resistentes al glifosato y verificaron que era de 2,8-6 en dichos biotipos

con resistencia múltiple, que es similar a la del biotipo analizado en el presente estudio.

Inhibidores de la ACCasa

Clethodim

La longitud de la parte aérea disminuyó para las poblaciones evaluadas expuestas a dosis crecientes de clethodim (Figura 4). La longitud del coleoptile fue mayor para el biotipo Progrow para dosis de 0,001 y 0,01 µM, mientras que, con dosis superiores a 0,1 µM, la sensibilidad del Progrow fue mayor que la del biotipo LmR. La GR₅₀ de la población LmR fue de 0,1372 µM, mientras que para el Progrow fue de 0,04 µM. Al calcular la relación de la GR₅₀ del biotipo LmR y la del Progrow, obtuvimos un IR de 3,43, que confirma la resistencia de la población LmR al herbicida clethodim perteneciente al grupo de los inhibidores de la ACCasa.

Espinoza et al. (2005) citan biotipos de *L. multiflorum* con resistencia a clethodim cuyos IR son de 7 a 11 veces mayores que los de los biotipos sensibles. Tales biotipos también mostraron resistencia cruzada con otros herbicidas inhibidores de la ALS.

En la especie *L. rigidum*, también se registraron biotipos con resistencia múltiple a herbicidas como glifosato, paraquat e inhibidores de la ACCasa (diclofop, halofoxifop, fluazifop, propaquizafop, setoxidim y tralkoxidim) (Yu et al., 2007).

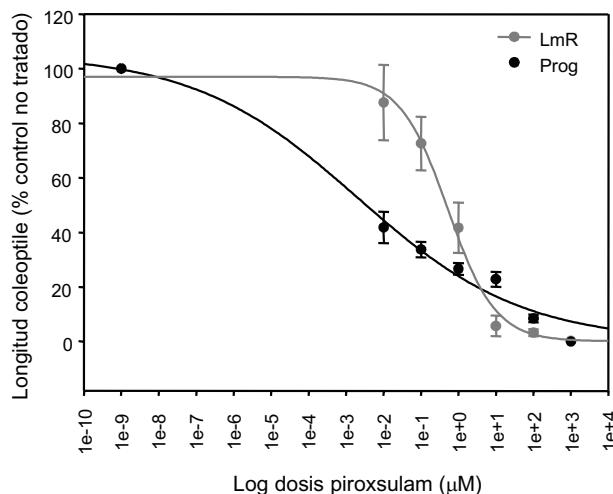


Figura 2 - Longitud del coleoptile de biotipos de *Lolium multiflorum* expuestos a dosis crecientes de piroxulam. Los símbolos y líneas representan los valores reales y predichos respectivamente. Las barras verticales representan el error estándar de la media.

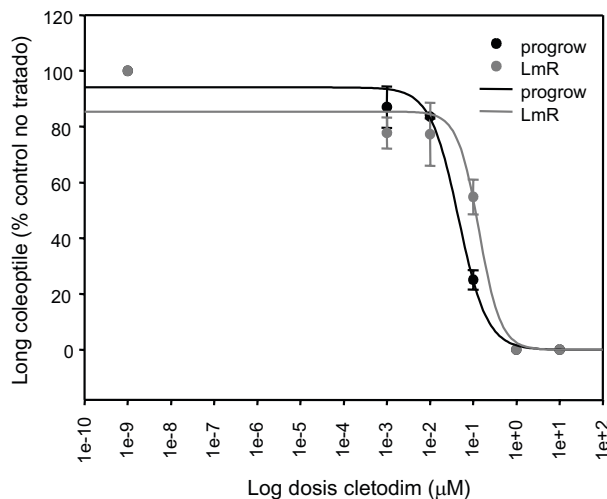


Figura 4 - Longitud del coleoptile de biotipos de *Lolium multiflorum* expuestos a dosis crecientes de cletodim. Los símbolos y líneas representan los valores reales y predichos respectivamente. Las barras verticales representan el error estándar de la media.

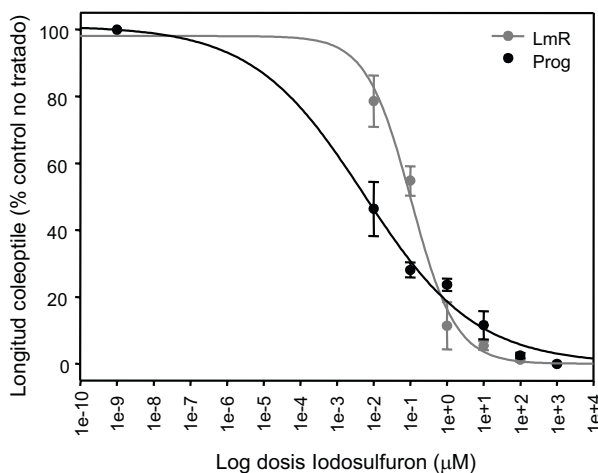


Figura 3 - Longitud del coleoptile de biotipos de *Lolium multiflorum* expuestos a dosis crecientes de iodosulfuron. Los símbolos y líneas representan los valores reales y predichos respectivamente. Las barras verticales representan el error estándar de la media.

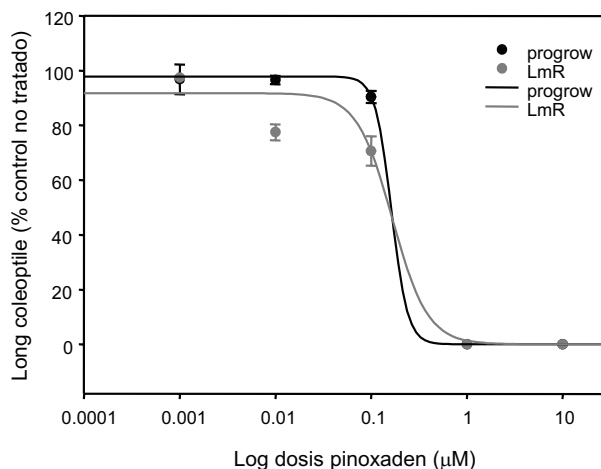


Figura 5 - Longitud del coleoptile de biotipos de *Lolium multiflorum* expuestos a dosis crecientes de pinoxaden. Los símbolos y líneas representan los valores reales y predichos respectivamente. Las barras verticales representan el error estándar de la media.

Pinoxaden

La longitud de la parte aérea disminuyó para las poblaciones evaluadas expuestas a dosis crecientes de pinoxaden (Figura 5). La longitud del coleoptile fue similar para ambos biotipos en todas las dosis evaluadas. La GR_{50} de la población LmR fue de 0,166 μM , mientras que para Progrow fue de 0,16 μM . Al calcular

la relación de la GR_{50} del biotipo LmR y la del Progrow, obtuvimos un IR de 1,03, que indica que no hay resistencia de la población LmR a pinoxaden.

El biotipo LmR presentó resistencia múltiple a herbicidas con tres modos de acción diferentes, inhibidores de EPSPS, ALS y ACCasa. Dicho biotipo presentó un comportamiento



similar a los biotipos chilenos descritos por Espinoza et al. (2005).

Si bien se probaron varios principios activos con diferentes modos de acción, no se comprobó que todos ellos presentan resistencia, por lo cual se deberían realizar ensayos de campo para poder determinar fehacientemente la supuesta resistencia y evaluar herbicidas que sean efectivos en dosis adecuadas para establecer alternativas de control.

LITERATURE CITED

CERDEIRA, A. L.; DUKE, S. O. The current status and environmental impacts of glyphosate-resistant crops: a review. **J. Environ. Qual.**, v. 35, n. 5, p. 1633-1658, 2006.

DÉLYE, C. et al. Variation in the gene encoding acetolactate-synthase in *loium* species and proactive detection of mutant, herbicide-resistant alleles. **Weed Res.**, v. 49, n. 3, p. 326-336, 2009.

DIEZ DE ULZURRUN, P. et al. *Lolium multiflorum* resistente a glifosato en la Provincia de Buenos Aires: Presentación del proyecto de estudio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIENCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 26.; CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS, 18., 2008, Ouro Preto. **Anales...** Ouro Preto: 2008. 6 p.

ESPINOZA, N. et al. Ballica (*Lolium multiflorum* Lam.) con resistencia a glifosato, glifosato-trimesium, iodosulfuron y flucarbazone sódico. In: CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS, 27.; CONGRESO IBEROAMERICANO DE CIENCIA DE LAS MALEZAS, 1., 2005, Varadero, Matanzas. **Anales...** Varadero, Matanzas: 2005. p. 324.

ESPINOZA, N. et al. Resistencia múltiple a glifosato, ACCasa y ALS en biotipos de *Lolium* chilenos. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE MALEZAS, 18., 2008, Ouro Preto; CONGRESO BRASILEIRO DA CIENCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 26., 2008, Ouro Preto. **Anales...** Ouro Preto, 2008. 12 p.

GRESSEL, J.; SEGEL, L. A. The paucity of genetic adaptive resistance of plants to herbicides: possible biological reasons and implications. **J. Theor. Biol.**, v. 75, n. 3, p. 349-371, 1978.

GRESSEL, J. **Molecular biology of weed control**. London/ New York: Taylor & Francis. 2002. 504 p.

HEAP, I. M. **International survey of herbicide resistant weeds**. 2010. Disponible en: <<http://www.weedscience.com>>. Consultado em: 13 abr. 2010.

LORRAINE-COLWILL, D. F. et al. Investigation into the mechanism of glyphosate resistance in *Lolium rigidum*. **Pestic. Biochem. Physiol.**, v. 74, n. 2, p. 62-72, 2002.

MALLORY-SMITH, C. A. P.; HENDRICKSON, P.; MUELLER-WARRANT, G. W. Identification of herbicide resistant prickly lettuce (*Lactuca serriola*). **Weed Technol.**, v. 4, p. 163-168, 1990.

NANDULA, V. K. et al. Glyphosate tolerance mechanism in Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) from Mississippi. **Weed Sci.**, v. 56, n. 3, p. 344-49, 2008.

PÉREZ, A.; KOGAN, M. Glyphosate-resistant *Lolium multiflorum* in Chilean orchards. **Weed Res.**, v. 43, n. 1, p. 12-19, 2002.

PEREZ JONES, A. et al. Investigating the mechanism of glyphosate resistance in *lolium multiflorum*. **Planta**, v. 226, n. 2, p. 395-404, 2007.

POWLES, S. B.; YU, Q. Evolution in action: plants resistant to herbicides. **Ann. Rev. Plant Biol.**, v. 61, n. 1, p. 317-347, 2010.

SEEFELDT, S. et al. Log-logistic analysis of herbicide rate-response relationships. **Weed Technol.**, v. 9, n. 2, p. 218-227, 1995.

STREIBIG, J. C. Herbicide bioassay. **Weed Res.**, v. 28, n. 6, p. 479-484, 1988.

STREIBIG, J. C. et al. Dose response curves and statistical models. In: STREIBIG, J. C.; KUDSK, P. (Eds.). **Herbicide bioassays**. Boca Raton: CRC Press, 1993. p. 30-55.

TABERNER PALOU, A. et al. **Manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas: 100 preguntas sobre resistencias**. 2007. 78 p. Disponible en: <<http://www.fao.org/ag/AGP/AGPP/IPM/Weeds/Download/manejo.pdf>>. Consultado en: 13 de abril de 2010.

TRANDEL, P. J.; WRIGHT, T. R. Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: What have we learned? **Weed Sci.**, v. 50, n. 6, p. 700-712, 2002.

TRIGO, E. J.; CAP. E. **Diez años de cultivos genéticamente modificados en la agricultura Argentina**. ARGENBIO. En línea, 2006. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/ies/docs/otrosdoc/Diez_anos_cultivos_GM_Argentina.pdf>. Consultado en: 20 maio 2009.

VIGNA, M. R. et al. Estudios de curvas dosis-respuesta de poblaciones de *Lolium multiflorum* a glifosato en el SO de Buenos Aires, Argentina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 26.; CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS, 18., 2008, Ouro Preto. **Anales...** Ouro Preto, 2008. 13 p.



PRESTON, C.; WAKELIN, A. M. Resistance to glyphosate from altered herbicide translocation patterns. **Pest Manag. Sci.**, v. 64, n. 4, p. 372-376, 2008.

WAKELIN, A. M. et al. Glyphosate resistance in four different populations of *Lolium rigidum* is associated with reduced translocation of glyphosate to meristematic zones. **Weed Res.**, v. 44, n. 6, p. 453-459, 2004.

WSSA. Herbicide resistance and herbicide tolerance defined. **Weed Technol.**, v. 12, n. 4, p. 789, 1998.

YU, Q. et al. Glyphosate, paraquat and ACCase multiple herbicide resistance evolved in a *Lolium rigidum* biotype. **Planta**, v. 225, n. 2, p. 499-513, 2007.

YUAN, J. S. et al. Non-target site herbicide resistance: a family business. **Trends Plant Sci.**, v. 12, n. 1, p. 6-13, 2006.

