

Estado de la resistencia de poblaciones de *Lolium* en lotes de trigo y cebada del so de Buenos Aires, Argentina

Vigna, M.R.¹; Carretto, L.M.²

¹EEA INTA Bordenave, ²Becario Doctoral CONICET/INTA, EEA INTA Bordenave
vigna.mario@gmail.com

*Citar como: Vigna & Carretto (2021) Estado de la resistencia de poblaciones de *Lolium* en lotes de trigo y cebada del so de Buenos Aires, Argentina. Malezas 6, 72-81.*



RESUMEN

En 115 poblaciones de *Lolium* (raigrás) de 10 partidos del SO de Buenos Aires se evaluó la resistencia a herbicidas a partir de muestras cosechadas en diciembre de 2016. Las semillas se sembraron en macetas donde evaluaron cinco tratamientos herbicidas: 1) glifosato (inhibidor de la EPSPS) 1000 g e.a. ha⁻¹, 2) pinoxaden (inhibidor de la ACCasa, fenilpirazolina, DEN) 40 g p.a. ha⁻¹, 3) (iodosulfuron 12,5 g p.a. ha⁻¹+mesosulfuron 1,95 g p.a. ha⁻¹ + metsulfuron 3 g p.a. ha⁻¹ (inhibidores de la ALS), 4) cletodim (inhibidor de la ACCasa, ciclohexanodionas, DIM) 192 g p.a. ha⁻¹ y 5) haloxifop (inhibidor de la ACCasa ariloxifenoxipropionatos, FOP) 81 g p.a. ha⁻¹. Los herbicidas se aplicaron sobre plantas de *Lolium* con 3-4 macollos. Se evaluó el control visualmente y, finalmente, se efectuó el conteo de plantas que sobrevivieron a los tratamientos en cada una de las macetas para calcular el porcentaje de plantas sobrevivientes. Se identificaron tres niveles: poblaciones susceptibles (sin sobrevivencia), poblaciones con resistencia en desarrollo (1 a 19% de sobrevivencia) y poblaciones resistentes (con 20% o más

de sobrevivencia). El 57 % de las poblaciones fueron resistentes a inhibidores de la EPSPS, 26,9 % a inhibidores de la ALS, y 39,7 %, 10,3 % y 8,9 % a inhibidores de la ACCasa DEN, FOP y DIM, respectivamente. El 4,5% de las poblaciones fueron resistentes a los 5 herbicidas, el 11 % fue susceptible a todos y el 28 % resistente a 2 o más herbicidas. Se evidenció un incremento de resistencia múltiple, respecto a un relevamiento efectuado en 2013, con el fuerte crecimiento de resistencia al inhibidor de la EPSPS y menor incremento para inhibidores de ALS y ACCasa DEN. El análisis de componentes principales mostró relación entre la sobrevivencia a inhibidores de la ACCasa FOP y DIM (resistencia cruzada) e inhibidores de ALS y ACCasa DEN (resistencia múltiple), y en menor medida, con los casos de sobrevivencia a inhibidores de la EPSPS. Lo registrado en este relevamiento refuerza la idea de que el manejo de la resistencia basado solamente en cambiar sitios de acción de herbicidas en aplicaciones selectivas en cultivos de trigo y cebada es insuficiente.

Palabras clave: evolución de la resistencia, patrón de resistencia, glifosato, ACCasa, resistencia múltiple.





Imagen 1. Area de monitoreo de poblaciones de *Lolium* sp. (Vigna *et al.*, 2017)

SUMMARY

Herbicide resistance was evaluated in 115 populations of *Lolium* (ryegrass) in 10 districts of the SW of Buenos Aires from samples harvested in December 2016. The seeds were sown in rectangular pots, achieving between 17 and 35 plants per pot. They remained outside and sheltered from the winds. Five herbicide treatments were evaluated: 1) glyphosate (EPSPS inhibitor) 1000 g i.a. ha⁻¹, 2) pinoxaden (ACCase inhibitor, phenylpyrazoline, DEN) 40 g i.a. ha⁻¹, 3) (iodo-sulfuron 12.5 g i.a. ha⁻¹ + mesosulfuron 1.95 g i.a. ha⁻¹) + metsulfuron 3 g i.a. ha⁻¹ (ALS inhibitors), 4) clethodim (ACCase inhibitor, cyclohexanediones, DIM) 192 g i.a. ha⁻¹ and 5) haloxyfop (aryloxyphenoxypriopionates ACCase inhibitor, FOP) 81 g i.a. ha⁻¹. Herbicides were applied on *Lolium* plants in 3-4 previously counted tillers. Visual control evaluations were made and finally the plants that survived the treatments were counted in each of the pots to calculate the percentage of surviving plants. Three levels were identified: susceptible populations (without survival), developing resistance (1 to 19% survival) and resistant (with 20% or more survival). The 57% of the populations were resistant to EPSPS inhibitors and 26.9, 39.7, 10.3 and 8.9% to ALS inhibitors,

ACCase inhibitors DEN, FOP and DIM, respectively. The 4.5% of the populations were resistant to the 5 herbicides, 11% were susceptible to all and 28% resistant to 2 or more herbicides. An increase in multiple resistance was evidenced, with respect to a survey carried out in 2013, with the strong growth of resistance to ESPS and a lower increase for ALS and ACCase DEN. Principal component analysis showed a relation between survival to inhibitors of the ACCase FOP and DIM (cross resistance) and ALS and ACCase DEN (multiple resistance), and in a lesser extent with the cases of survival to EPSPS inhibitors. These results reaffirm the idea that resistance management based solely on changing sites of herbicide action in selective applications in wheat and barley crops is insufficient.

Key words: resistance survey, resistance evolution, resistance patterns, multiple resistances, glyphosate.

INTRODUCCIÓN

La resistencia de poblaciones de *Lolium* spp. (raigrás) a herbicidas fue confirmada en el SO de Buenos Aires, primeramente, a glifosato (Vigna *et al.*, 2008, Yannicari *et al.*, 2009), luego a inhibidores de la ACCase (Vigna *et al.*, 2011) y la resistencia múlti-

ple a glifosato + inhibidores de la ACCasa y glifosato + inhibidores de la ALS en el SE (Diez Ulzurum & Leaden, 2011). Esto ha significado un enorme cambio y consideración respecto a la necesidad del conocimiento local de los procesos biológicos que complejizan la actividad agrícola requiriendo de asesoramiento técnico especializado. El problema de resistencia de *Lolium* a herbicidas comenzó a evidenciarse comercialmente a partir de la intensificación de la agricultura bajo el sistema de siembra directa. De allí que la resistencia a glifosato haya sido el primer problema estudiado concretamente a nivel de productor. El atractivo de la siembra directa en sistemas basados en cultivos invernales, trigo en el SO principalmente, fue la posibilidad de un manejo muy eficiente del barbecho con dosis muy bajas de glifosato y 2,4-D, debido a la alta sensibilidad de los individuos que mayoritariamente formaban parte de las poblaciones deraigrás espontáneo.

Australia sin dudas fue el primer país donde se manifestó el impacto de la resistencia de *Lolium* sobre su agricultura extensiva basada en cultivos invernales. Allí el primer caso de resistencia se registró para un herbicida selectivo, el diclofop en *L. rigidum* en 1982 (Heap & Knight, 1982), luego de cuatro años seguidos de uso consecutivo del herbicida. Cuatro años más tarde, se notificó el primer caso de resistencia múltiple a diclofop + chlorsulfuron (Heap & Knight, 1986). También en Australia se registró el primer caso de resistencia a glifosato en *L. rigidum* (Pratley *et al.*, 1996), después de su introducción en 1974 (Powles & Yu, 2010).

Desde el siglo pasado, las poblaciones de *Lolium* que poseen biotipos con capacidad de sobrevivir a aplicaciones de herbicidas, han sido seleccionados a través del uso reiterado del mismo herbicida o herbicidas con el mismo sitio de acción (Stanger & Appleby, 1989; Betts *et al.*, 1992; Gronwald *et al.*, 1992; Taylor, 1996; Prado *et al.*, 2000). Esto se ha manifestado desde 1993 en Francia (Gazquez *et al.*, 1996), más tarde en Chile (Perez & Kogan, 2003; Espinoza *et al.*, 2005), Brasil (Galli *et al.*, 2005), Estados Unidos (Perez-Jones *et al.*, 2005), entre otros países.

El monitoreo de la resistencia, a nivel de región, en la Argentina comenzó a partir de

2013 en lotes de trigo y cebada cervecera, abarcando 13 partidos del Sud Oeste (SO) de Buenos Aires (Imagen 1) (Vigna *et al.*, 2017). En aquella oportunidad, se evaluó la respuesta a herbicidas con tres mecanismos de acción diferentes (inhibidores de la EPSPS, inhibidores de la ACCasa, e inhibidores de la ALS) en poblaciones colectadas al azar en lotes comerciales. Se observó que el 24% de las poblaciones mostraron sobrevivencia por encima del 20% por lo menos a un herbicida. El 5,7 % de las poblaciones mostró resistencia (sobrevivencia igual o superior al 20%) múltiple a los tres mecanismos de acción y 18,3 % de las poblaciones mostró resistencia múltiple a dos mecanismos (inh. de la ACCasa + inh. de la ALS).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el estado de la resistencia de *Lolium* sp. a distintos herbicidas en el SO de Buenos Aires a partir de semillas cosechadas en 2016.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para cumplir con el objetivo se realizó un experimento completamente aleatorizado con dos repeticiones (macetas), donde se sometieron distintas poblaciones de *Lolium* sp a los siguientes tratamientos: 1) glifosato 1000 g e.a. ha⁻¹ (sulfosato Touchdown®: sal potásica del ácido N-fosfometil glicina 62% y 50% p/v e.a.) (inhibidor de la enzima EPSPS), 2) pinoxaden 40 g p.a. ha⁻¹ (Axial®: Pinoxaden 5 % + cloquintocetmexil 1,25%) (inhibidor de la enzima ACCasa, grupo químico fenilpirazolina, DEN), 3) iodosulfuron 12,5 g p.a. ha⁻¹ + mesosulfuron 1,95 g p.a. ha⁻¹ (Hussar Plus®: iodosulfuron-methyl sodio 5%+ mesosulfuron-methyl 0,78%) + metsulfuron 3 g p.a. ha⁻¹ (metsulfuron ACA 60 WDG: metsulfuron metil 60%) (inhibidores de la enzima ALS, grupo químico sulfonilureas) + 0,2% coadyuvante Bayer , 4) cletodim 192 g i.a. ha¹ (Select®: cletodim 24%) + 0.5% aceite agrícola (inhibidor de la enzima ACCasa, grupo químico ciclohexanodionas, DIM) y 5) haloxifop 81 g i.a. ha¹ (Galant® HL: haloxifop-P-metil 54% y 52% p/v e.a.) (inhibidor de la ACCasa, grupo químico ariloxifenoxipropionatos, FOP) + 0.5% aceite agrícola.

En diciembre de 2016, se recolectaron espigas de *Lolium* spp. en lotes comerciales

Un 28% de las poblaciones fueron resistentes a dos o más herbicidas y solamente el 11% de las poblaciones fueron totalmente susceptibles a todos los herbicidas.

de trigo y cebada cervecera en el momento de la cosecha, independientemente de la densidad de la maleza. El muestreo fue al azar tratando de mantener una distancia mínima entre lotes de 5 km, aunque en general las distancias fueron mayores. Se tomaron trayectos de rutas principales, secundarias y caminos vecinales abarcando 10 partidos del SO de Buenos Aires (Imagen 1). Las espigas guardadas en laboratorio en sobres de papel se trillaron manualmente. Al año siguiente, las semillas de las 115 poblaciones colectadas se sembraron en macetas rectangulares de 40cm x 15cm y 12cm de profundidad. La cantidad de plántulas finales logradas osciló entre 17 y 35 por maceta. Las macetas permanecieron afuera y reparadas de los vientos por un cerco de media sombra y se regaron convenientemente.

Las dosis utilizadas en los tratamientos son las recomendadas en el marbete, normalmente utilizadas en los sistemas agrícolas de la región, consideradas eficaces para poblaciones susceptibles. Las aplicaciones se efectuaron en plantas de *Lolium* sp. en 3-4 macollos en promedio empleando un equipo experimental de presión constante (CO₂) equipado con pastillas XR 11002, entregando 250 l ha⁻¹ sobre las macetas colocadas en fila y al azar, con dos repeticiones por tratamientos. Del total de poblaciones los tratamientos 1, 2 y 3 se aplicaron en 78, el tratamiento 4 se aplicó en 101 y el tratamiento 5 en 97 de las 115 poblaciones, de acuerdo disponibilidad de macetas de cada una de ellas. Posteriormente, se reubicaron en su lugar definitivo en el mismo sector de cría.

Luego de aplicados los tratamientos, cuando se comenzaron a manifestar los síntomas se efectuaron evaluaciones visuales de control y finalmente se efectuó el conteo de plantas que sobrevivieron a los tratamientos en cada una de las macetas para calcular el porcentaje de plantas sobrevivientes. En función

del porcentaje de plantas sobrevivientes se clasificaron las poblaciones en tres niveles: susceptibles (sin sobrevivencia), resistencia en desarrollo (1 a 19% de sobrevivencia) y resistentes (supervivencia del 20% en adelante) siguiendo los criterios utilizados por Owen *et al.* (2007) y en el anterior relevamiento (Vigna *et al.*, 2017). En base a los resultados, se realizó un análisis de componentes principales (biplot), utilizando el paquete estadístico Infostat, tomando las poblaciones como variables respuesta y los porcentajes de supervivencia a los diferentes herbicidas como variables explicatorias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de poblaciones de *Lolium* sp., provenientes de diferentes lotes de trigo y cebada del SO bonaerense, resistentes a inhibidores de la EPSPS fue de 57% y 26,9 % de las poblaciones mostraron resistencia a inhibidores de la ALS (Cuadro 1). Con respecto a los inhibidores de la ACCasa, se encontró un 39,7 %, 10,3 % y 8,9 % de poblaciones resistentes a DEN, FOP y DIM, respectivamente. El 4,5% de las poblaciones fueron resistentes a los cinco herbicidas, el 28 % fueron resistentes a dos o más herbicidas y solo el 11 % de las poblaciones fueron susceptibles a todos los herbicidas evaluados (Cuadro 2).

Al comparar con el relevamiento efectuado en 2013 (siguiendo una metodología y criterio semejante) surge como lo más notorio el incremento en la proporción de poblaciones con resistencia múltiple, el fuerte crecimiento a la proporción con resistencia a inhibidores de la EPSPS, y menor incremento en la proporción de poblaciones con resistencia a inhibidores de la ALS y pinoxaden (inh. de la ACCasa). En la Figura 1 se comparan los resultados obtenidos en los relevamientos de 2013 y 2016 tomando como referencia los mismos 10 partidos del SO de la Provin-

cia de Buenos Aires, ya que en 2013 se había incluido algún partido más. Es evidente la tendencia hacia el incremento del porcentaje de poblaciones con resistencia a glifosato, así como en los casos de “resistencia en desarrollo”. Por otro lado, la proporción de poblaciones con resistencia a inhibidores de la ALS se incrementó levemente, aunque se observó una tendencia creciente en la proporción de poblaciones con resistencia en desarrollo. Para los inhibidores de la ACCasa (DEN) se observó una reducción en el porcentaje de poblaciones con “resistencia en desarrollo” que, aparentemente, estuvo compensado por el incremento en la proporción de poblaciones resistentes. Estos registros marcarían diferencias respecto a las poblaciones de *Lolium* australianas, donde el porcentaje de poblaciones con resistencia a glifosato luego de 25 años fue muy bajo, comparado con los de los otros mecanismos como inhibidores de la ALS y ACCasa (Broster *et al.*, 2019).

En el biplot que surgió del análisis de componentes principales, proyectando cada población ortogonalmente sobre los vectores se observa que hay poblaciones con un alto porcentaje de sobrevivencia a FOP y DIM, otras a DEN e inhibidores de ALS, y otras a inhibidores de EPSPS. Los ángulos entre los vectores que representan las variables explicatorias pueden interpretarse en tér-

minos de las correlaciones entre variables. Ángulo cercano a cero implica que ambas variables están fuertemente correlacionadas en forma positiva como inhibidores a ALS y DEN o FOP y DIM. De esta manera, podría hipotetizarse que aquellas poblaciones que manifiestan resistencia a inhibidores de ALS tendrán altas probabilidades de mostrarla también a DEN, y aquellas que lo sean FOP a DIM y todas estas tendrían menor índice de resistencia a glifosato.

Esta situación complica seriamente el manejo de las poblaciones de *Lolium* en el Sur de Buenos Aires, ya que los dos principales herbicidas utilizados en postemergencia (Axial y Hussar Plus) tendrían una respuesta similar a pesar de corresponder a dos mecanismos de acción diferentes. Estudios previos efectuados por Yannicari *et al.* (2018) demostraron la existencia de una alta frecuencia de poblaciones con mecanismos metabólicos de resistencia en más de 80 poblaciones de *Lolium* evaluadas durante tres años. Observaron una muy alta asociación de la resistencia múltiple a pinoxaden y mesosulfuron+idososulfuron con las poblaciones evaluadas, encontrándose solo ocasionalmente alguna población con un origen de la resistencia diferente a este mecanismo no asociado al sitio de acción. Los resultados del presente trabajo aparentemente coincidirían con lo observa-



do en condiciones de laboratorio por Yanicari *et al.* (2018), donde los mecanismos de detoxificación fueron los que definieron la resistencia y no los sitios específicos de actividad de los herbicidas.

En Australia, Han *et al.* (2016) observaron que 79% de las poblaciones resistentes a diclofop metil (inh. de la ACCasa FOP) mostraron resistencia metabólica, el 91% contenían genotipos con mutaciones relacionadas con la resistencia a inhibidores de la ACCasa y el 70% a ambos mecanismos. En la Argentina, hasta fines de los 90' el herbicida líder para el control de raigrás era diclofop metil. Luego de glifosato, fue el primero en seleccionar resistencia sobre *Lolium* (Vigna, 2011). Posiblemente, el incremento en la resistencia de diclofop en *Lolium* pasaba desapercibida originalmente porque la monocultura triguera no era tan frecuente. Desde la primera década del 2000, pinoxaden y los herbicidas inhibidores de la ALS (iodosulfuron, mesosulfuron y metsulfuron) se utilizaron masivamente en post emergencia. La irrupción en el mer-

cado de pinoxaden significó un impacto muy importante para el control de la maleza dada su elevada eficacia a las dosis comerciales propuestas desde la empresa. Ello posiblemente permitió que fuera utilizado en dosis menores a las de marbete y también en algunos casos durante barbecho por el circunstancial menor costo relativo respecto a otros herbicidas del momento. Otro aspecto que también surge respecto a elementos comunes entre estos dos herbicidas (Axial y Hussar Plus) es que sus formulaciones incluyen un safener similar para protección de trigo y cebada mediante la detoxificación del herbicida.

En Australia, donde la frecuencia de resistencia a inhibidores de la ACCasa es muy alta para los FOP (más de 80%) y para DEN (70-80), Broster *et al.* (2019) luego de 25 años de monitoreos observaron un incremento sostenido de la resistencia a los FOP, también a glifosato (aunque el porcentaje general es bajo), pero no vieron cambios en inhibidores de la ACCasa DEN (pinoxaden) y DIM. En el presente trabajo, con menor

Cuadro 1. Respuesta de poblaciones de *Lolium* provenientes de diferentes lotes de trigo y de cebada del SO bonaerense a 5 herbicidas. Resistentes: (sobrevivencia mayor 20%), en desarrollo: (sobrevivencia 1-19%), susceptibles: sin sobrevivencia.

	Inh. EPSPS	Inh. ALS	Inh. ACCasa DEN	Inh. ACCasa FOP	Inh. ACCasa DIM
Muestra (poblaciones)	78	78	78	97	101
Resistentes	57,7	26,9	39,7	10,3	8,9
En desarrollo	38,5	51,3	57,7	23,7	27,7
Susceptibles	3,8	21,8	2,6	66,0	63,4

Cuadro 2. Estado de la resistencia múltiple en poblaciones de *Lolium* cosechadas en 2016 en el SO de Buenos Aires.

Herbicidas	Poblaciones resistentes a uno o más herbicidas (%)	
	Resistentes	En desarrollo
5	4,5	0,9
4	2,7	5,4
3	2,7	11,7
2	18,0	28,8
1	27,0	30,6
Resistentes por lo menos a 1 herbicida		55,0
No resistentes (Susceptibles+ en desarrollo)		45,0
Susceptibles a todos		11,7

número de años de monitoreo, se vio un incremento en la proporción de poblaciones con resistencia a glifosato y a inhibidores de la ACCasa DEN.

Viendo los datos australianos y los presentados en el presente trabajo, se podría hipotetizar que las poblaciones de *Lolium* mostrarían un patrón de resistencia diferente. En

Australia (Condom, 2019) se observó que el 90 % o más de las poblaciones resistentes a FOP lo fueron también a los DEN y menos del 40 % a los DIM. Por otro lado, cuando analizan las poblaciones resistentes a cleto-dim, de estas solo 30% fueron resistentes a FOP y DEN ya su vez, dentro de los ciclo hexadionas la menor asociación fue con las

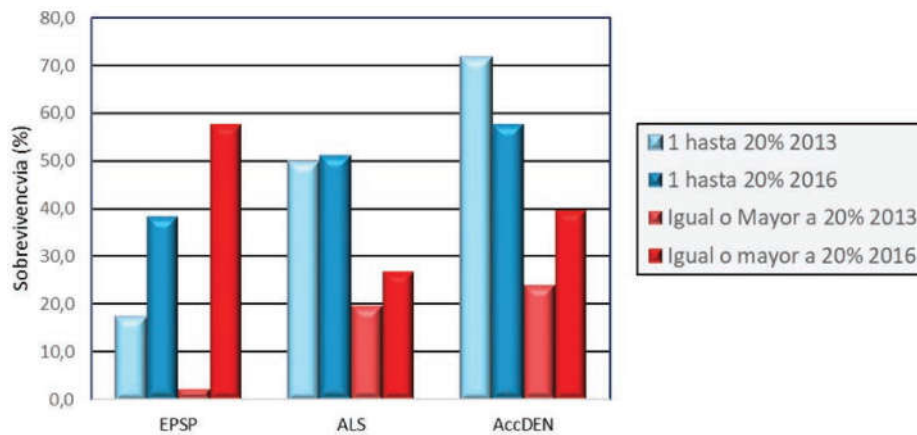


Figura 1. Supervivencia de poblaciones de *Lolium* spp. a la aplicación de herbicidas evaluada a partir de semillas cosechadas en 2013 y 2016 en los mismos partidos del SDe Buenos Aires.

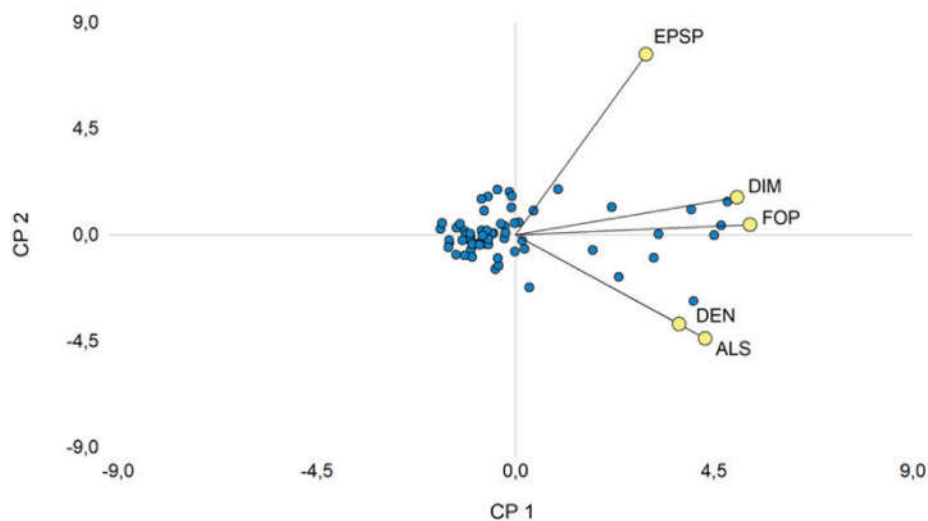


Figura 2. Biplot, representación gráfica de poblaciones de *Lolium* como puntos azules y variables explicatorias (porcentaje de supervivencia a herbicidas) como vectores. Poblaciones colectadas en 2016/17. EEA BORDENAVE.

poblaciones resistentes a tralkoxidim y la mayor con butroxidim.

Estos relevamientos secuenciales del estado de la resistencia de poblaciones de malezas en lotes comerciales de cultivos para cosecha, en este caso *Lolium*, sin duda proveen elementos muy importantes para proponer estrategias de manejo de la resistencia poniendo énfasis en aspectos más vulnerables de los patrones de resistencia preentes en el área relevada.

CONCLUSIONES

El relevamiento de resistencia a herbicidas de poblaciones de *Lolium* del SO de Buenos Aires en diciembre de 2016 mostró un porcentaje de poblaciones con resistencia a glifosato del 57%, y del 26,9; 39,7; 10,3 y 8,9 % de poblaciones resistentes para inhibidores de la ALS y ACCasa DEN, FOP y

DIM, respectivamente.

Un 28% de las poblaciones fueron resistentes a dos o más herbicidas y solamente el 11% de las poblaciones fueron totalmente susceptibles a todos los herbicidas.

Se diferenciaron tres patrones de resistencia según las asociaciones entre la supervivencia a los principios activos y a) poblaciones principalmente resistentes a inhibidores de la EPSPS, b) poblaciones resistentes a inhibidores de la ACCasa FOP y DIM y c) poblaciones con resistencia múltiple inhibidores de la ALS y ACCasa DEN.

Los datos presentados refuerzan la idea de que el manejo de la resistencia basado solamente en el cambio de sitios de acción de herbicidas en aplicaciones selectivas en cultivos de trigo y cebada no es efectivo.



Los datos presentados refuerzan la idea de que el manejo de la resistencia basado solamente en el cambio de sitios de acción de herbicidas en aplicaciones selectivas en cultivos de trigo y cebada no es efectivo.

Bibliografía

- BETTS KJ, EHLKE NJ, WYSE DN, GRONWALD JW & SOMERS DA (1992) Mechanism of inheritance of diclofop resistance in Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*). *Weed Science* 40 (2): 184-189
- BROSTER JC, PRATLEY JE, IPRL, ANG L & SENG K.P (2019) A quarter of a century of monitoring herbicide resistance in *Lolium rigidum* in Australia. *Crop and Pasture Science* 70(3): 283-293
- CONDON K (2019) Twenty-five years of testing annual ryegrass resistance – it's a numbers game. Australian Herbicide Resistance Initiative (AHRI), <https://ahri.uwa.edu.au/twenty-five-years-of-testing-annual-ryegrass-resistance-its-a-numbers-game/>
- DE PRADO R, GONZALEZ-GUTIERREZ J, MENENDEZ J, GASQUEZ J, GRONWALD JW & GIMENEZ-ESPINOSA R (2000) Resistance to acetyl CoA carboxylase inhibiting herbicides in *Lolium multiflorum*. *Weed, Sci.* 48: 311-318.
- DIEZ DE ULZURRUN P & LEADEN MI (2012) Análisis de la sensibilidad de biotipos de *Lolium multiflorum* a herbicidas inhibidores de la enzima ALS, ACCasa y Glifosato. *Planta Daninha* 30(3):667-673.
- ESPINOZA N & DIAZ J (2005) Situación de la resistencia de malezas a herbicidas en cultivos anuales en Chile. Seminario Taller Iberoamericano Resistencia a Herbicidas y cultivos Transgénicos. INIA –FAO, Facultad de Agronomía Universidad de la República. Colonia, Uruguay, p. 74-82.
- GALLI AJB, MAROCHI AI, CHRISTOFFOLETI P, TRENTIN J & TOCHETTO S (2005) Ocorrência de *Lolium multiflorum* Lam resistente a glyphosate no Brasil. Seminario Taller Iberoamericano Resistencia a Herbicidas y cultivos Transgénicos. INIA –FAO, Facultad de Agronomía Universidad de la República. Colonia, Uruguay.
- GASQUEZ J, GIMÉNEZ-ESPINOSA R, GRONWALD J & DE PRADO R (1996) Resistencia a los herbicidas de ariloxifenoxipropionatos en un biotipo *Lolium multiflorum* encontrado en Francia. Pág. 78-79. En: DE PRADO R, JORRIN J, GARCÍA-TORRES L & MARSHALL G (eds.) Actas del Simposio internacional sobre resistencia de malezas y cultivos a herbicidas. Córdoba, España: Universidad de Córdoba
- GRONWALD W, EBERLEIN CV, BETTS K, BAERG RJ, EHLKE N. & WYSE D (1992) Mechanism of diclofop resistance in an Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) biotype. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 44(2): 126-139
- HAN H, YU Q, OWEN MJ, CAWTHRAY G & POWLES S (2016) Widespread occurrence of both metabolic and target-site herbicide resistance mechanisms in *Lolium rigidum* populations. *Pest Management* 72 (2): 255-263.
- HEAP I & KNIGHT R (1986) The occurrence of herbicide cross-resistance in a population of annual ryegrass, *Lolium rigidum*, resistant to diclofop-methyl. *Australian Journal of Agricultural Research* 37: 149–156
- HEAP J & KNIGHT R (1982) A population of ryegrass tolerant to the herbicide diclofop-methyl. *J Aust. Inst. Agric. Sci.* 48: 156-157
- LLEWELLYN RS & POWLES SB (2001). High levels of herbicide resistance in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) in the wheat belt of Western Australia. *Weed Technology* 15: 242–248.
- OWEN MJ, MICHAEL AC, WALSH J, LLEWELLYN RS & POWLES SB (2007) Widespread occurrence of multiple herbicide resistance in Western Australian annual ryegrass (*Lolium rigidum*) populations. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58: 711-718.
- PEREZ A & KOGAN M (2003) Glyphosate-resistant *Lolium multiflorum* in Chilean orchards. *Weed Research* 43:12-19.
- PEREZ-JONES A, PARK K, COLQUHOUN J, MALLORY-SMITH C & SHANER D (2005) Identification of glyphosate-resistant Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) in Oregon. *Weed Science* 53 (6): 775-779
- POWLES SB & YU Q (2010) Evolution in action: plants resistance to herbicides. *Annu. Rev. Plant Biol.* 61:317-47.
- PRATLEY J, BAINES P, EBERBACH P, INCERTI M & BROSTER J (1996) Glyphosate resistance in annual ryegrass. *Proc. Eleventh Ann. Conf. Grassld. Soc. NSW* pp: 121-122.
- STANGER CE & AP APPLEBY (1989) Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) accessions tolerant to diclofop. *Weed Science*, 37: 350-352
- TAYLOR JM & COATS GE (1996) Identification of sulfo-meturon-resistant Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) selections. *Weed Technology* 10 (4): 943-946.
- VIGNA MR, LÓPEZ RL & GIGÓN R (2011) Resistencia de *Lolium multiflorum* L. a diclofop-metil en el SO de Buenos Aires, Argentina. Actas CD XX Congreso ALAM. Chile. Trabajo presentado en el XX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM), Viña del Mar – Chile, 4 -9 diciembre de 2011. Actas del Congreso en CD
- VIGNA MR, GIGÓN R, YANNICARI M, ISTILART CM & PIZARRO MJ (2017) Evaluación preliminar del estado de la resistencia de *Lolium* sp. y *Avena fatua* L. en el SO de Buenos Aires, Argentina. XXIII Congreso Latinoamericano de Malezas. III Congreso Iberoamericano de Malezas.
- VIGNA MR, LÓPEZ RL, GIGÓN R & MENDOZA J (2008) Estudios de curvas dosis- respuesta de poblaciones de *Lolium multiflorum* a glifosato en el SO de Buenos Aires, Argentina. XXVI Congreso Brasileiro de Plantas Daninhas, XVIII Congresso de ALAM, mayo 2008. Ouro Preto, BRASIL. Editora: SBPCD.
- YANNICARI M, ISTILART C & GIMENEZ D (2009) XII Congreso de SEMh, XIX Congreso de ALAM, II Congreso Iberoam. Cs. Maleza. Lisboa Actas Tomo 2: 521-524.
- YANNICARI M, GIGÓN R, ISTILART CM & CASTRO M (2018) Mecanismos de resistencia a múltiples herbicidas en poblaciones de *Lolium* sp del sur de la provincia de Buenos Aires. II Congreso Argentino de Malezas ASACIM, pp: 242
- YANNICARI M, ISTILART C, GIMÉNEZ D & CASTRO A (2015) Inheritance of glyphosate resistance in *Lolium perenne* and hybrids with *Lolium multiflorum*. *Crop Protection* 71: 72 - 78.
- YANNICARI M, VILA-AIUB M, ISTILART C, ACCIARRESI H & CASTRO A (2016) Glyphosate resistance in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) is associated with a fitness penalty. *Weed Science* 64: 71-79.