

# Estrategias de manejo de *Lolium* spp. con resistencias múltiples

**Cogliati\*, A.; Paván; Nardi G. M**  
Summit Agro Argentina, Carlos Pellegrini  
719, 8° (C1009ABO) Bs. As., Argentina  
\*andres.cogliati@summit-agro.com

Citar como: Cogliati et al. (2022) Estrategias de manejo de *Lolium* spp. con resistencias múltiples. Malezas 7, 4-15.

## RESUMEN

La creciente aparición de poblaciones de raigrás anual (*Lolium* spp) con resistencia a diversos herbicidas utilizados durante el barbecho y/o los cultivos ha generado serios problemas en los sistemas productivos. Si bien hay diversas estrategias de manejo disponibles, en lo que respecta a control químico, las limitantes son cada vez mayores, debido en gran parte a la escasez de herramientas eficientes frente a la resistencia. La prueba a campo del herbicida pyroxasulfone para el control de raigrás anual previo a la siembra de trigo mostró altos niveles de eficacia de control en cada una de las observaciones y además, no se registraron síntomas de fitotoxicidad sobre el cultivo donde se aplicó. Estos resultados sumados a las distintas características del producto hacen que pyroxasulfone sea un herbicida altamente efectivo para el manejo de poblaciones de raigrás anual.

**Palabras claves:** raigrás, resistencia, pyroxasulfone

## SUMMARY

The growing populations of annual ryegrass (*Lolium* spp) with resistance to various herbicides used during fallow and/or crops have generated serious problems in production systems. While there are various management strategies available, in relation to chemical control, the limitations are increasing, due in large part to the scarcity of efficient tools in the face of resistance. The field test of the herbicide pyroxasulfone for the control of annual ryegrass prior to wheat sowing showed high levels of control efficacy in each of the observations and in addition, no symptoms of phytotoxicity were recorded on the crop where it was applied. These results added to the different characteristics of products make pyroxasulfone a highly effective herbicide for the management of annual ryegrass populations.

**Keywords:** ryegrass, resistance, pyroxasulfone



## INTRODUCCIÓN

El manejo de las malezas en todos los sistemas agrícolas se viene complejizando cada vez más por diversas causas. Esto provoca serios problemas en los cultivos, como la reducción del crecimiento, el rendimiento y la calidad de los granos. En la Argentina, una maleza que toma cada vez mayor importancia en los barbechos y cultivos de invierno es el raigrás anual (*Lolium* spp.), presente en una gran cantidad de lotes de la región agrícola. El raigrás anual resulta altamente competitivo y dado que su ciclo de vida coincide en gran parte con el de los cultivos invernales, estos suelen verse afectados desde sus estadios iniciales hasta el momento de la cosecha. Además, la problemática se ha complejizado por la aparición creciente de biotipos con resistencia múltiple lo que limita las posibilidades de control solo con herbicidas (Gigón *et al.*, 2017).

Pero ¿Qué diferencia a esta maleza de las demás? ¿Qué características hacen que la misma sea tan perjudicial para los cultivos y a su vez, tan complicado su manejo?

## PANORAMA GLOBAL Y LOCAL

En la Argentina, *Lolium* spp. se encuentra naturalizada en las zonas templadas con una amplia distribución en las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos, Santa Fe y Córdoba. Si bien existen registros de relevamientos en otras provincias como La Pampa, Corrientes, Mendoza, Río Negro y Neuquén, considerando sus requerimientos térmicos e hídricos, el clima extremo limitaría su dispersión en tales provincias. Tradicionalmente, fue una maleza frecuente en cultivos invernales en el sur de la provincia de Buenos Aires (Gigón *et al.*, 2017). Dentro del género *Lolium*, 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 trascendentes malezas cuando “escapan” de las áreas cultivadas (Polok, 2007).

Estas especies tienen su origen en la cuenca del Mediterráneo, en la zona centro-sur

de Europa, noroeste de África y suroeste de Asia y su difusión en la Argentina comenzó a principios del siglo XX donde, debido a su gran adaptabilidad, se expandió fundamentalmente por la región templado-húmeda y, en particular, en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Entre Ríos.

*L. multiflorum* pertenece a la familia de las Poáceas y, dependiendo de las condiciones ambientales, puede comportarse como anual o hasta bianual. El hábito de crecimiento es cespitoso, que forma matas con macollos de diferentes tamaños y las plantas florecidas pueden alcanzar hasta un metro de altura. La planta germina y emerge con las primeras lluvias otoñales; dependiendo de la zona, continúa hasta el invierno o principio de primavera y la floración normalmente ocurre desde mediados de octubre a principios de noviembre. En condiciones de campo, en la región pampeana se han registrado producciones de 1.500 a 7.500 semillas por planta dependiendo de la sensibilidad a glifosato y de las condiciones hídricas (Yannicari *et al.*, 2016).

El ciclo fenológico de *Lolium* spp. es coincidente con el ciclo de los cultivos invernales de mayor difusión en zona núcleo, es decir trigo y cebada, lo que dificulta en muchos casos el manejo de la maleza llegando a producir importantes pérdidas en caso de no ser controlada.

## RESISTENCIA

A nivel mundial, de *L. rigidum* es una de las malezas más problemáticas en términos de resistencia a herbicidas, habiendo desarrollado resistencia a 11 sitios de acción, en 12 países, en millones de hectáreas. Debido al uso repetido de herbicidas del mismo grupo (Grupo 1 y 2), muchas poblaciones de raigrás anual han desarrollado resistencia a los mismos. En Australia occidental, el raigrás anual ha desarrollado resistencia a los siguientes grupos de herbicidas: Grupo 1: ‘fops’ (diclofop-metil), ‘dims’ (setoxydim); Grupo 2: sulfonilureas (clorsulfuron, sulfometuron), imidazolinonas (imazapic); Grupo 5: triazinas (atrazina y simazina), ureas sustituidas (diuron); Grupo 3 (trifluralina); Grupo 34: triazoles (amitrole); Grupo 9: glifosato (Peltzer, 2011)

El caso particular de Australia es un claro ejemplo de cómo el raigrás anual se ha convertido en la especie de maleza más problemática del país, gracias a su amplia evolución de múltiples mecanismos de resistencia. Actualmente, la mayoría (>60 %) de las poblaciones de raigrás anual son resistentes a uno o más modos de acción de los herbicidas. (Bajwa *et al.*, 2021)

En la Argentina, en el sur de la provincia de Buenos Aires la resistencia de *Lolium* sp. a glifosato ha sido confirmada (Vigna *et al.* 2008; Yannicari *et al.* 2009), luego a ACCasa (Vigna *et al.*, 2011) y la resistencia múltiple a glifosato + ACCasa y glifosato + ALS en el SE (Diez Ulzurum & Leaden, 2012, alcanzando también la zona núcleo sojera (Papa *et al.*, 2012).

Algunos aspectos propios de las especies de raigrás como la alogamia, la relativamente alta producción de semillas y la baja longevidad de las semillas en el suelo, explican la rapidez con que evoluciona la resistencia a herbicidas. (Gigón *et al.*, 2017)

A pesar de este contexto, dentro de todas las estrategias recomendadas para el control de la maleza, el uso de herramientas químicas es la de mayor difusión actualmente. Estrategias basadas en el uso de glifosato, graminicidas o herbicidas ALS y, en algunos casos, dependiendo del estado de desarrollo de raigrás anual y el momento del año, la utilización del método conocido como “doble golpe”, permiten lograr controles satisfactorios evitando el escape de individuos que podrían producir semillas. Esta alta dependencia de productos químicos genera una alta presión de selección sobre las malezas, acelerando la aparición de biotipos resistentes.

Gigón & Yannicari (2008) colectaron muestras de semillas de 20 poblaciones de lotes de producción del centro sur de la provincia de Buenos Aires. Posteriormente, en ensayo en macetas se evaluaron herbicidas pre emergentes (flumioxazin, s-metolaclo y sulfometuron + clorimuron) y herbicidas post emergentes (glifosato, glifosato + clodim, glifosato + haloxifop, pyroxulam + metsulfuron, idosulfuron-mesosulfuron

+ metsulfuron y pinoxaden). Estos autores concluyeron que ningún tratamiento tanto pre como post emergente logró un control superior al 75%, es decir, un único tratamiento no sería suficiente para manejar estas poblaciones problema. En el 95% de las poblaciones alguno de los tres tratamientos pre emergentes evaluados resultó ser eficaz, logrando el control del 80% de la emergencia. La mitad de las poblaciones mostraron insensibilidad a glifosato. Sin embargo, la combinación de glifosato con graminicidas mejoró significativamente el control, llegando al menos al 80%. Esto tendría un fuerte impacto en el retraso de la evolución de la resistencia puesto que permite reducir escapes.

## ESTRATEGIAS DE MANEJO

Frente al panorama global del importante incremento de biotipos resistentes a lo largo del tiempo, el manejo de raigrás anual resulta sumamente complejo, sobre todo en los lotes destinados a la siembra de cultivos. La necesidad de disponer de herramientas altamente efectivas y selectivas para los cultivos resulta indispensable para una producción segura. Además, no debe descuidarse el rol de los involucrados en el manejo de estos lotes, para evitar la aparición de biotipos resistentes y al mismo tiempo preservar las herramientas disponibles y efectivas actualmente para el control de la maleza. Sumado a esto, la recomendación de realizar un manejo integrado de malezas tiene cada vez mayor vigencia. Introducir otras tácticas no químicas se vuelve cada vez más necesario. Si bien la eficacia de estas tácticas y las químicas depende de diversos factores agronómicos, ambientales y económicos, algunas prácticas como la rotación de cultivos, la implementación de cultivos de cobertura, el arreglo espacial, la modificación de la fecha de siembra, entre otras pueden afectar el crecimiento poblacional de esta maleza.

## NUEVAS OPCIONES DE MANEJO

Otra táctica novedosa es la implementación de tácticas de control de malezas a cosecha (HWSC, “Harvest Weed Seed Control”, por sus siglas en inglés) que, si bien aún no es-



tán disponibles en la Argentina, están adoptándose cada vez más en países como Australia, donde la problemática del rye grass es grave. Diversos sistemas se han ido desarrollando (“Chaff carts”, “Baler Direct System”, “Chaff-tramlining and chaff-lining”, por ejemplo), que se basan en eliminar o destruir las semillas de rye grass a cosecha por diferentes medios. Pueden ir remolcados detrás de las cosechadoras recolectando los residuos de cosecha que ésta despiende formando fardos y luego pueden quemarse o destinarse a alimentación de ganado. Otros agregan un implemento a la máquina cosechadora, el cual realiza una andana de residuo que luego es quemado. Otro sistema conocido como “Destructor integrado de semillas Harrington”, consta de un molino de impacto que se puede montar en la parte posterior de la cosechadora para procesar el material de residuo y destruir las semillas de las malezas. Si bien son técnicas innovadoras, es importante saber que entre ellas difieren en cuanto a la eficacia de destrucción de semillas y además tienen un costo de capital y de funcionamiento que es necesario evaluar para su implementación. ([www.weedsmart.org.au](http://www.weedsmart.org.au))

En conclusión, el impacto económico que provoca el raigrás anual en la producción de cultivos tanto en la Argentina como en

el resto del mundo es enorme y pone en relieve la necesidad de un manejo eficiente de la maleza.

### PYROXASULFONE

Es sabido que la complejidad de control de la maleza en lotes destinados a siembra de cereales de invierno resulta aún más desafiante, donde las herramientas químicas disponibles suelen ser algo más limitadas si se comparan con una situación de barbecho. Si bien es muy importante tener en cuenta el cultivo sucesor en la rotación para la elección de los herbicidas y evitar riesgos de fitotoxicidad, para estas situaciones de barbecho actualmente se suele utilizar una amplia gama de herbicidas como sulfonilureas (ej: sulfometuron, iodosulfuron metil + thien-carbazono metil, rimsulfuron), imidazolonas (ej: imazapyr + imazapic), graminicidas (ej: clodim), inhibidores del fotosistema I (por ejemplo: paraquat) que permiten realizar un manejo adecuado de la maleza. Pero es fundamental no depender solo de herbicidas para el control de la maleza, sino integrar otras prácticas que ayudan a mitigar y evitar la aparición de nuevos biotipos resistentes y, a la vez, permitir que estas herramientas continúen siendo eficientes. En cuanto al herbicida, resulta fundamental respetar ciertos aspectos como las recomendaciones de marbete (dosis, tipos de suelo, tamaño de maleza, momento y condiciones de la aplicación), rotar y combinar diferentes sitios de acción, etc.. También es importante conocer la dinámica poblacional de la maleza (por ejemplo, los flujos de emergencia por zona, etc.), la historia del lote, las condiciones climáticas. y, finalmente, todas las estrategias disponibles como la rotación de cultivos, la incorporación de cultivos de cobertura, etc. que ayudarán a que cada decisión sea más efectiva.

Hubo un período de tiempo donde no aparecieron nuevas tecnologías para el control de esta y otras malezas. En la búsqueda de soluciones efectivas que permitan una producción más sustentable y segura, el lanzamiento de un nuevo herbicida como pyroxasulfone, ha revolucionado el mercado de agroquímicos ofreciendo una gran cantidad

de beneficios que lo diferencian ampliamente del resto de los productos. Este herbicida ofrece una alternativa altamente eficaz a todas las problemáticas actuales que rodean al manejo de raigrás anual, un futuro prometedor en el control de una amplia variedad de malezas, brindando seguridad para lograr una producción estable y rentable tanto en cultivos de invierno como de verano. Es un nuevo herbicida pre emergente selectivo para el control de malezas gramíneas y *Amaranthus* spp., que actúa durante la germinación de las malezas, inhibiendo el alargamiento de los brotes de las semillas germinadas.

Pyroxasulfone pertenece al grupo 15 de herbicidas, de los inhibidores de la síntesis de ácidos grasos de cadena larga (por sus siglas en inglés VLCFAs), según la clasificación del “Herbicide Resistance Action Committee” (HRAC 2021). Los herbicidas de este grupo actúan en la planta inhibiendo las elongasas de ácidos grasos de cadena muy larga, que son componentes de las membranas celulares, cutículas y polen y de los tejidos de almacenamiento de las semillas (Babczinski *et al.* 2012). Dentro de este grupo, los herbicidas pertenecientes a la familia de las cloroacetamidas, como por ejemplo el s-metolacloro y el acetocloro, son los más ampliamente difundidos, fundamentalmente, por su uso en los cultivos de soja y maíz para el control de malezas gramíneas anuales y latifoliadas. Si bien pyroxasulfone está clasificado dentro de este modo de acción, pertenece a una nueva familia, las isoxazolinonas. Esta nueva familia química presenta características fisicoquímicas que la hacen diferente del resto. Lo que se observó es que, si bien pyroxasulfone tiene una acción similar a las cloroacetamidas en cuanto a la inhibición de VLCFAE, éste inhibe seis reacciones sucesivas de elongasa de ácidos grasos de cadena muy larga que catalizan los pasos de elongación de C16:0 a C18:0, de C18:0 a C20:0, de C20:0 a C22:0, de C22:0 a C24:0, de C24:0 a C26:0, y de C26:0 a C28:0, y también ácidos grasos de cadena muy larga insaturados reducidos (C18:1, C20:1, C22:1) (Masao, 2016).

Respecto a las características fisicoquímicas

de pyroxasulfone, también lo diferencian ampliamente del resto de los herbicidas del grupo. Si se toma como referencia a s-metolacloro como el herbicida más representativo del grupo y para poder establecer una comparación, la menor solubilidad en agua a 20°C de pyroxasulfone (3,49 mg l<sup>-1</sup>) versus S-metolacloro (480 mg l<sup>-1</sup>) y la menor presión de vapor de pyroxasulfone (2.4 X 10<sup>-03</sup> mPa 20 °C) nuevamente comparado con s-metolacloro (3,7 mPa 20 °C), son algunas de las características más diferenciales y que hacen que el primero tenga un mejor comportamiento una vez aplicado (Lewis 2016 y Lewis 2016). Pyroxasulfone también es hidrolíticamente estable a todos los valores de pH a 25 °C y, por lo tanto, es menos susceptible a la descomposición. Otra característica diferencial respecto es la fotodegradación, siendo menor en pyroxasulfone que en s-metolacloro, fundamentalmente en suelos secos o cuando se demora la incorporación al suelo por lluvias. La importancia de estas ventajas por sobre otros productos radican en una menor pérdida de producto y mejor comportamiento en el ambiente.

El coeficiente de impacto ambiental (“Environmental Impact Quotient” EIQ por sus siglas en inglés, Kovach *et al.*, 1992) de pyroxasulfone, arroja un valor de 1,8, ubicándolo en la clasificación como “muy bajo” impacto ambiental y sobre la salud. Además es bajo con respecto a una cloroacetamida como s-metolacloro 96 (12,8) o un inhibidor del fotosistema II como la atrazina 90 (26,4). Por último, otro coeficiente que ha tomado gran relevancia en los últimos años es el Índice de GUS (“Groundwater Ubiquity Score”), que es una herramienta ampliamente empleada para clasificar a los plaguicidas en función de su riesgo de lixiviación hacia el agua subterránea. Este índice relaciona la persistencia (vida media) y adsorción (Koc) de los compuestos químicos en el suelo (Kerle *et al.*, 1996). Según este índice, pyroxasulfone (GUS 2,22) está considerado como **estado de transición**. Algunos de los herbicidas pre emergentes más utilizados, presentan **baja lixiviación** como el flumioxazin (GUS 1,37), donde el riesgo de lixiviación y por lo tanto su po-

tencial de contaminación de napas es bajo o **alta lixiviación** como el sulfentrazone (GUS 6,36) o atrazina (GUS 3,7) donde el potencial de contaminación de napas es más elevado.

En cuanto a la recomendación de uso, debido a su selectividad pyroxasulfone está registrado para una amplia gama de cultivos como trigo, cebada, soja y maíz. Además, es muy importante considerar que es un producto muy seguro debido a su escaso daño en los cultivos sucesores y riesgo de “carry over” en el suelo, a diferencia de otros herbicidas que limitarían la siembra de algún cultivo.

Yamato Top (pyroxasulfone 48 SC), es una nueva formulación de pyroxasulfone disponible como suspensión concentrada. Esta formulación permite, en primer lugar, la posibilidad de utilizar dosis menores que otros herbicidas del mismo grupo y/o herbicidas en general (dosis recomendada según marbete en trigo y cebada 180 – 210 cc ha<sup>-1</sup> pyroxasulfone 48 SC). Esto redundaría no solo en beneficios respecto al impacto ambiental sino también en la simplificación de la logística, la reducción de desechos plásticos y la facilidad para el manejo.

Por otra parte, en términos puramente de toxicidad, Yamato Top está clasificado como banda toxicológica verde, o sea como “producto que normalmente no ofrece peligro”. Es importante saber que, dependiendo de la legislación de cada comuna o partido, esta clasificación habilitaría su empleo en lotes cercanos a los cascos urbanos o zonas periurbanas, ofreciendo una nueva tecnología con menor riesgo.

Hasta aquí se describieron las características del raigrás anual, la complejidad que

posee en cuanto a su manejo y control y el alto impacto negativo que ha tenido, y tiene, en los sistemas productivos en los que se encuentra presente. En este recorrido de información, también se comentaron algunas herramientas que, por diversos motivos, hoy no resultan efectivas y/o seguras para los cultivos y el ambiente. La búsqueda continua de soluciones ha permitido poder contar con un tipo de herbicida totalmente diferente a los demás, altamente efectivo en el control de la maleza, la selectividad para el cultivo y seguro para el medio ambiente que nos rodea.

Finalmente, en lo que respecta al control de raigrás anual, diversos experimentos llevados a cabo por el equipo de Summit Agro Argentina han demostrado la eficacia de control superior de pyroxasulfone comparado con otros herbicidas del segmento, lo que se suma al resto de los beneficios antes detallados. Estos experimentos han mostrado una estabilidad y consistencia de los resultados, no solo en las distintas zonas agrícolas, sino que a través de las diferentes campañas en la que el producto fue evaluado.

Un ejemplo de estos experimentos para demostrar la eficacia de control de *Lolium* spp. por parte de pyroxasulfone, es un trabajo llevado a cabo en condiciones de laboratorio y con altas infestaciones de la maleza realizado junto a la cátedra de Malezas de la Universidad Nacional de Rosario. El objetivo fue evaluar la eficacia de control de distintos herbicidas pre emergentes sobre *Lolium multiflorum*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Al inicio se sembraron altas densidades (7194 semillas viables m<sup>-2</sup>) de una población de *L. multiflorum* en macetas rectan-

**Cuadro 1.** Descripción de los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Principio activo	Dosis (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Dosis de p.c. (g o ml ha <sup>-1</sup> )
1	Testigo Absoluto		
2	Pyroxasulfone 48% SC	86	180
3	Pyroxasulfone 48% SC	101	210
4	Pyroxasulfone 85% WG	85	100
5	Testigo comercial	750	1000



Autor del trabajo

**Cuadro 2.** Condiciones ambientales durante la aplicación.

Fecha de aplicación	7/3/2022
Temperatura (°C)	17
Humedad (%)	88
Nubosidad (%)	0

gulares que contenían una mezcla de tierra y perlita en una proporción 3:1 respectivamente. Inmediatamente luego de la siembra, las semillas se cubrieron con una fina capa de tierra y por el equivalente a 3 t ha<sup>-1</sup> de rastrero de soja.

El diseño experimental fue completamente aleatorizado con tres repeticiones por tratamiento. Los tratamientos consistieron en distintas formulaciones de pyroxasulfone y testigos (Cuadro 1). La aplicación de los

tratamientos se realizó luego de la siembra y antes de la emergencia de cada maleza, con una cámara de aplicación estática, con fuente de presión constante de CO<sub>2</sub> de 2 kg cm<sup>-2</sup> y provista de una boquilla de abanico plano 8002. El volumen de aplicación fue de 116 l ha<sup>-1</sup>. Luego de la aplicación, se simuló una lluvia de 15 mm para asegurar la incorporación de los herbicidas.

Las macetas se mantuvieron en condiciones de invernáculo desde el momento de la aplicación hasta el final del experimento. Además, se realizaron riegos periódicos de manera que la humedad no fuera limitante.

La eficacia de los distintos tratamientos se evaluó en forma visual a los 3, 7, 14, 21 y 30 días después de la aplicación (DDA). Además, a los 30 DDA, se contabilizó el número de plantas emergidas en cada tratamiento.

**Cuadro 3.** Porcentaje de control visual de *Lolium multiflorum* los 7, 14 21 y 30 DDA y número de plantas a los 30 DDA en los diferentes tratamientos herbicidas.

Tratamiento	Principio activo	Dosis (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Dosis de p.c. (g o ml ha <sup>-1</sup> )	7 DDA	14 DDA	21 DDA	30 DDA	Densidad (plantas m <sup>-2</sup> )
1	Testigo Absoluto			0	0	0	0	5964 a
2	Pyroxasulfone 48% SC	86	180	83 a	78 a	77 b	67 b	1545 b
3	Pyroxasulfone 48% SC	101	210	87 a	87 a	89 a	85 a	998 b
4	Pyroxasulfone 85% WG	85	100	85 a	78 a	79 ab	73 b	1528 b
5	Testigo comercial	750	1000	13 b	8 b	7 c	0 c	5582 a

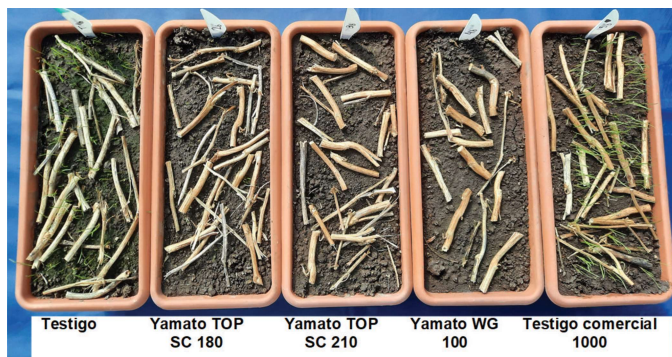


Foto 1. Tratamientos a los 7 DDA

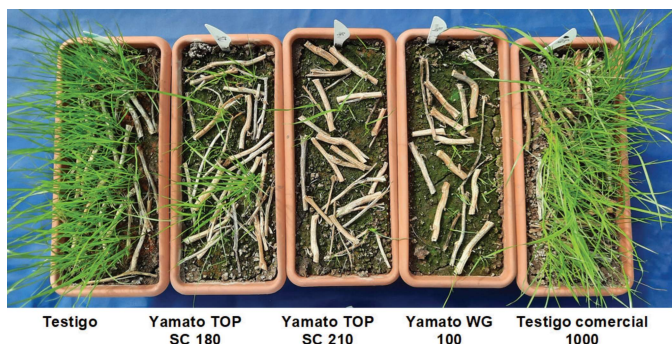


Foto 2. Tratamientos a los 21 DDA

Los datos fueron previamente transformados a arco seno de raíz cuadrada de control y a raíz cuadrada de número de plantas  $m^{-2}$ , de manera de homogeneizar la varianza. Se analizaron los datos a través de un ANOVA y las medias se separaron mediante un test de LSD ( $p < 0.05$ ). Los datos fueron re-transformados para mostrar los resultados.

## RESULTADOS

Los menores niveles de control para todas las fechas de análisis corresponden al tratamiento 5 (testigo comercial), el cual no fue eficaz

en el control de *L. multiflorum*. Los porcentajes de control visual fueron muy bajos y difirieron significativamente respecto a los tratamientos 2 (pyroxasulfone 48 SC 180  $ml\ ha^{-1}$ ), 3 (pyroxasulfone 48 SC 210  $ml\ ha^{-1}$ ) y 4 (pyroxasulfone 85 WG 100  $g\ ha^{-1}$ ) para todas las fechas evaluadas, con valores promedios de 13, 8, 7 y 0% a los 7, 14, 21 y 30 DDA, respectivamente (Cuadro 3).

Los tres tratamientos con pyroxasulfone presentaron una buena eficacia en el control de esta especie, sin diferencias entre dosis y formulado hasta los 14 DDA (Cuadro 2, Foto 1).

Los niveles de control visual fueron superiores al 80% a los 7 DDA y próximos al 80% a los 14 DDA. A los 21 DDA, los mejores porcentajes de control se observaron en el tratamiento 3 (89%), difiriendo significativamente del tratamiento 2 (77%), mientras que el tratamiento 4 presentó un control del 79%, no diferenciándose estadísticamente de los tratamientos 2 y 3 (Cuadro 2, Foto 2). A los 30 DDA, el tratamiento 3 presentó el mayor nivel de control (85%), difiriendo estadísticamente de los tratamientos 2 (67%) y 4 (73%). Es decir, sólo la mayor dosis de pyroxasulfone (tratamiento 3 - Yamato SC 210  $g\ ha^{-1}$ ) mantuvo un buen nivel de control ( $\geq 80\%$ ) al final del experimento (30 DDA), y los tratamientos 2 y 4, que sólo difieren en la formulación, presentaron un comportamiento similar (Cuadro 3).

Al final del experimento (30 DDA), la menor densidad de raigrás se observó en los tratamientos 2, 3 y 4 (aquellos que contenían pyroxasulfone), sin diferencias significativas entre ellos, con densidades promedio por tratamiento de 1545, 998 y 1528 plantas  $m^{-2}$ , respectivamente. Estos valores equivalen a una reducción en la densidad con relación al testigo (tratamiento 1) de 83% para el trata-

miento 3 y 74% para los tratamientos 2 y 4. En cuanto a las plantas vivas, al final del experimento cerca del 20% de las mismas aún presentaban síntomas de toxicidad por pyroxasulfone. La mayor densidad de plantas se observó en el tratamiento 5, con un valor promedio de 5582 plantas  $m^{-2}$ , el cual difirió significativamente de los tratamientos 2, 3 y 4, sin embargo, no difirió con respecto al testigo (5964 plantas  $m^{-2}$ ) (Figura 1 y Cuadro 2), no presentando efecto sobre la mortalidad de las mismas. Este valor equivale a una reducción de tan solo un 6% en la densidad respecto al testigo.

## CONCLUSIONES

El herbicida pyroxasulfone presentó alta eficacia de control en *L. multiflorum*, presentando diferencias significativas respecto al testigo sin aplicar y al testigo comercial.

Respecto a la formulación de pyroxasulfone, la misma no afectó la eficacia de control de *L. multiflorum*.

El desarrollo de Yamato Top (pyroxasulfone 48 SC), una nueva formulación de pyroxasulfone, brindará a los productores nuevas herramientas y soluciones para el gran desafío de producir. «

## Bibliografía

- BABCZINSKI P, WATANABE Y, NAKATANI M, YOSHIMURA T, HANAI R, TANETANI Y & SHIMIZU T (2012) Herbicides disturbing the synthesis of very long-chain fatty acids. In: Modern crop protection compounds. Eds: Kramer W, Schirmer U, Jeschke P et al., 2nd ed. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany.
- BAJWA A.A., LATIF S., BORGER C, IQBAL N., ASADUZZAMAN M., WU H.B., WALSH M. (2021) The remarkable journey of a weed: biology and management of annual ryegrass (*Lolium rigidum*) in conservation cropping systems of Australia. *Plants* 10, 1505. <https://doi.org/10.3390/plants10081505>
- DIEZ DE ULZURRÚN P & LEADEN M. (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.
- GIGÓN R., VIGNA M. & YANNICARI M. (2017) Raigrás (*Lolium spp.*) Bases para su manejo y control en sistemas de producción (Ed. REIM, AAPRESID) Riem, Aapresid, Rosario, Argentina.
- KERLE E., JENKINS J. & VOJQUE P. (1996) Understanding pesticide persistence and mobility for groundwater and surface water protection. Oregon State University Extension Service. EM 8561. [http://weilwater.orst.edu/documents/Understanding\\_Pesticide\\_Persistence.pdf](http://weilwater.orst.edu/documents/Understanding_Pesticide_Persistence.pdf)
- KOVACH J., PEZZOLI J., DEGNI J. & TETTE J. (1992) A method to measure the environmental impact of pesticides. Cornell University. New York, United States
- LEWIS KA., TZILIVAKIS J., WARNER D. & GREEN A. (2016) An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22(6), 1050-1064. DOI: 10.1080/10807039.2015.1133242
- MASAO N., YOSHIIRO Y., HISASHI H. & YUKIO U. (2016) Development of the novel pre-emergence herbicide Pyroxasulfone. *J. Pestic. Sci.* 41(3), 107-112. doi:10.1584/jpestics.416-05
- PAPA JC., TUESCA D., FONSA JC. & PICAPIETRA G. (2012) Confirmación de la resistencia a glifosato en un biotipo de raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam.) del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. En: CD Actas XIV Jornadas Fitosanitarias Argentinas 227: 9, Potrero de los Funes, San Luis.
- PELTZER, S. (2011) Annual ryegrass. Disponible en <https://www.agric.wa.gov.au/grains-research-development/annual-ryegrass> (Último acceso: 2 de junio de 2022)
- POLOK K. (2007) Molecular evolution of the genus *Lolium* L. Olsztyn. Studio Poligrafii Komputerowej, 318pp
- 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. En: Actas XXV Congreso Brasileiro de Plantas Daninhas, XVIII Congresso de ALAM, Ouro Preto, Brasil.
- VIGNA MR., LÓPEZ RL. & GIGÓN R. (2011) Resistencia de *Lolium multiflorum* L. a diclofop-metil en el SO de Buenos Aires, Argentina. En: Actas XX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM), 9 pp. Actas del Congreso en CD Viña del Mar, Chile.
- YANNICARI M., ISTILART C. & GIMENEZ D. (2009) Evaluación de la resistencia a glifosato de una población de *Lolium perenne* L. del sur de la provincia de Buenos Aires. En: Actas XII Congreso de SEM-XX Congreso de ALAM, II Congreso Ibercom. Cs. Maleza. Tomo 2:521-524, Lisboa, Portugal.
- YANNICARI M., VILA-AIUB M., ISTILART C., ACCIARESI H. & CASTRO A. (2016) Glyphosate resistance in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) is associated with a fitness penalty. *Weed Science* 64, 71-79.
- WEEDSMART (2022) Harvest weed seed control. Disponible en: <https://www.weedsmart.org.au/big-6/harvest-weed-seed-control>. Último acceso 2 de junio de 2022.