

GRAMINICIDAS

Ing. Agr. M.Sc. E. C. M. Puricelli. 2006.

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Plagas y malezas](#)

INTRODUCCIÓN

Las prácticas actuales de manejo tendientes a una reducción del laboreo y el creciente uso de herbicidas latifolicidas ha llevado a un incremento importante en la dispersión de las malezas gramíneas. La creciente importancia de malezas gramíneas anuales de verano (*Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa* spp., *Eleusine indica*, *Brachiaria platyphila*) de invierno (*Avena* spp. y *Lolium multiflorum*), así como de gramíneas perennes (*Sorghum halepense* y *Cynodon dactylon*) atestiguan sobre este proceso. Además, un problema cada vez más común es la presencia de trigo guacho en cultivos de verano. Consecuentemente, se han realizado muchos esfuerzos para desarrollar graminicidas selectivos para los cultivos más difundidos mundialmente.

Los graminicidas se dividen en dos grandes subgrupos: ariloxifenoxis y ciclohexidimas. Los ariloxifenoxis ha sido llamados también ácidos arilpropanoicos, fenoxipropiónicos, entre otros nombres. Comúnmente se los denomina “fop” para diferenciarlos de las ciclohexidimas “dim”. Todos estos nombres se refieren a las estructuras generales de la mayoría de los herbicidas en este grupo, pero no comprenden todos sus aspectos estructurales. El término usado aquí, ariloxifenoxis, es una solución de compromiso.

Los graminicidas poseen actividad herbicida bajo la forma de ácidos libres. Además, todos los herbicidas ariloxifenoxis contienen un átomo ópticamente activo cerca del grupo carboxilo. De los dos posibles estereoisómeros, sólo el enantiómero R (dextrógiro) es inhibitorio, mientras que el isómero S (levógiro) tiene poca o ninguna actividad herbicida. Los dos isómeros constituyen una mezcla racémica. En muchos productos comerciales de este grupo se ha eliminado el isómero S con el fin de incrementar al actividad del herbicida.

FORMULACIÓN Y PROPIEDADES

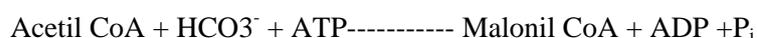
Los herbicidas comerciales son diferentes ésteres de estos ácidos (ej. metil, etil, isopropil, etoxietil ésteres) formulación que facilita la absorción dentro de la planta. La absorción foliar de los ariloxifenoxis es muy rápida y estudios con herbicidas con C radiactivo muestran que gran parte de la dosis aplicada permanece en el sitio de aplicación y en consecuencia se observa daño de contacto en la hoja tratada. En los tejidos foliares ocurre desterificación y el ácido fitotóxico se acumula en el meristema apical que se vuelve necrótico. Sólo una pequeña proporción del producto aplicado se trasloca, aunque resulta suficiente para controlar los órganos subterráneos de gramíneas perennes.

MODO DE ACCIÓN

Los graminicidas selectivos ariloxifenoxi y ciclohexidimas actúan sobre la síntesis y elongación de los ácidos grasos. Esta vía ha sido estudiada principalmente en tejidos verdes y en cloroplastos. Cuantitativamente, la localización más importante de la síntesis de ácidos grasos se encuentra en el cloroplasto en desarrollo activo. Sin embargo, hay otras estructuras subcelulares y enzimáticas menos importantes cuantitativamente y no bien caracterizadas. La composición de los lípidos y los ácidos grasos son diferentes en el cloroplasto que en la membrana plasmática. En el cloroplasto, el principal lípido (26-46%) es el monogalactosildiacilglicérido (MGDG). Los lípidos le confieren al cloroplasto la fluidez para permitir el movimiento de electrones, protones y sus transportadores.

Inhibición de la Acetil CoA Carboxilasa (ACCasa)

La ACCasa es el sitio de inhibición de los ariloxifenoxis y de las ciclohexidimas. La ACCasa es una enzima compleja que contiene tres sitios funcionales. La reacción enzimática es la siguiente:



En las plantas, la ACCasa se forma a partir de una cadena polipeptídica multifuncional. La enzima está localizada principalmente en los cloroplastos y su actividad es fuertemente incrementada por la luz.

A pesar que la ACCasa de las dicotiledóneas es insensible a estos compuestos y la de las gramíneas es usualmente sensible, no todas las gramíneas lo son en el mismo grado. La ACCasa de maíz es más sensible que la de trigo o cebada. La ACCasa de plantas de *Festuca rubra*, especie resistente a setoxidim, es insensible a este herbicida, mientras que la ACCasa de *Festuca arundinacea* es sensible.

La enzima de ambas especies de *Festuca* es sensible a haloxifop, aunque no en el mismo grado. La diferencia en la sensibilidad de la enzima es un mecanismo de selectividad a herbicidas, fundamentalmente diferente de los mecanismos más comunes de detoxificación. El setoxidim es rápidamente transformado en 9 metabolitos por transformaciones lumínicas y térmicas. En 24 horas el 98% de este herbicida es degradado, tanto en especies tolerantes como resistentes. Sin embargo, está claro que suficientes moléculas de herbicida no transformado alcanzan a llegar al citoplasma de las especies sensibles.

Además, no todos los tejidos de una especie de planta son igualmente sensibles a las cicloheximidias. El setoxidim inhibe rápidamente la incorporación de acetato a los lípidos en los extremos terminales de raíces de maíz (0-2 mm) pero no lo hace en regiones entre 10-15 mm. Puede concluirse que la enzima blanco ACCasa está presente en células en estado de rápida división y en cloroplastos activos. De acuerdo a esto, los síntomas visibles de la actividad herbicida se observan fuertemente en la región meristemática y en un nivel ultraestructural en los cloroplastos.

El rápido cambio estructural en el cloroplasto es seguido por una perturbación en la membrana debido a la falta de elementos estructurales. La pérdida de la función de la membrana, y de la semipermeabilidad en particular, lleva a una "mezcla intracelular" donde las enzimas catabólicas y sus sustratos, que normalmente están separados en distintos compartimientos en la célula, ahora se ponen en contacto. En particular, el ácido gama aminobutírico, producto de decarboxilación del ácido glutámico se acumula en el tejido dañado y puede ser tomado como indicador bioquímico del nivel de daño. Los efectos secundarios de la acción herbicida a nivel bioquímico incluyen clorosis (inhibición de la biosíntesis de la clorofila y carotenoides), inhibición de síntesis de ADN y mitosis y alteración en la distribución de ácidos grasos de largo de cadena en el cloroplasto (cambio en la relación C-16:C-18).

El crecimiento activo de la planta en condiciones de humedad y temperatura adecuadas favorece el transporte dentro de floema y xilema, de modo que el ácido se alcanza todas las zonas meristemáticas. La inhibición de la síntesis de lípidos causa una disrupción irreversible de la síntesis de la membrana, de manera que se impide el desarrollo normal de los plástidos. El crecimiento se detiene en aproximadamente dos días ya que el meristema deja de funcionar. La disrupción de los plástidos es más marcada en las hojas jóvenes que se vuelven cloróticas.

Al afectarse el meristema por acción del herbicida la hoja de las gramíneas tratadas puede desprenderse con facilidad del tallo. La muerte de las gramíneas se produce dentro de dos a tres semanas luego de la aplicación. Las gramíneas tratadas con cicloheximidias muestran síntomas similares aunque estos herbicidas tienen una menor tasa de penetración dentro de la hoja tratada.

Interacción con otros herbicidas

I) Herbicidas "Auxinas"

Los ariloxifenoxis se conocen por otro aspecto de sus efectos fisiológicos sobre los tejidos vegetales no relacionados con su inhibición de la ACCasa. Estos efectos no han sido observados en las cicloheximidias y consiste en efectos antiauxínicos, por lo cual se han descrito como inhibidores de las auxinas. Los efectos incluyen:

- a) Antagonismo del diclofop-metil con muchos herbicidas hormonales. El resultado es que la actividad herbicida del ariloxifenoxi es reducida en presencia del hormonal. El antagonismo entre estas dos clases de herbicidas se debe probablemente a un aumento en la tasa de detoxificación del ariloxifenoxi por reacciones de conjugación. Las moléculas de ambos grupos de herbicidas son similares y el sistema de conjugación natural de las auxinas podría detoxificar a los ariloxifenoxi rápidamente.
- b) Antagonismo del diclofop-metil reduciendo el efecto del 2,4-D. El 2,4-D puede ser irreversiblemente detoxificado por arildehidroxilación y posterior conjugación con la ariloxifenoxis, o reversiblemente detoxificado por conjugación del grupo carboxilo del herbicida como ácido libre.

Ciertos hormonales como el picloram y el fluroxipir causan muy poca interacción con los ariloxifenoxis

II) Herbicidas latifolicidas

Se puede observar antagonismo entre los graminicidas y distintos latifolicidas, especialmente sulfonilureas o herbicidas de contacto del grupo de los difeniléteres, razón por la cual no deben aplicarse en conjunto.

Resistencia

Se han informado varios casos de resistencia a estos herbicidas. En Australia se comenzó a usar diclofop-metil para controlar *Lolium rigidum* en 1977 y se detectaron los primeros casos de resistencia en 1981. Este herbicida presentó resistencia cruzada a muchos otros herbicidas como fluazifop, haloxifop, quizalofop, setoxidim) y múltiple con varias sulfonilureas. Esto sugiere que la resistencia puede tener diferentes bases metabólicas, existiendo dos posibilidades:

- a) modificación del sitio de acción -alteración de la enzima que es menos sensible al herbicida-
 b) mayor degradación del herbicida en plantas resistentes, lo que ha sido observado en *Alopecurus myosuroides*.

PRODUCTOS COMERCIALES Y CONTROL DE MALEZAS

Nombre común (principio activo)	Nombre comercial	Dosis Gramíneas anuales	Dosis Sorgo de Alepo	Dosis Gramón (*)
Butroxidim + Coadyuvante	Falcon	0.2	0.2	0.2
Cicloxiidim 20% (C)	Focus	0.7-1	1.5-2	-
Cletodim 24% (C)	Select	0.4-0.6	-	-
Cletodim 24% (C) + Coady. 80%	Kosako-Centurion	0.35+2	0.35+2	0.7+2
Clodinafop 10% (A)	Conduct	0.6-0.8	0.8-1	1-1.4
Fenoxaprop-p-etil 11% (A)	Isómero	0.8-1.4	1-1.4	1.2-1.5
Fluazifop-p-butyl 15% (A)	H1 del 2000	0.7-1	0.7-1	1.2-1.5
Fluazifop-p-butyl 5% (A)	Listo	2.5-3	2.5-3	3.5-4
Haloxifop-R-metil 12% (A)	Galant R	0.3-0.5	0.5-0.6	1-1.2
Haloxifop-R-metil 3% (A)	Galant RLPU	1.5-2	1.5-2	2-2.5
Haloxifop-R-metil 24% (A)	Focus Ultra	0.17-0.2	0.2-0.3	0.5-0.3
Haloxifop-R-metil 10.4% (A)	Mirage	0.4-0.8	0.6-0.7	1.1-1.4
Propaquizafop 10% (A)	Agil	0.3-0.8	0.5-0.7	0.8-1
Quizalofop-etil 9.6% (A)	Assure	-	0.8-1	1.5
Quizalofop-p-etil 10.8% (A)	Omega	-	0.4-0.5	-
Quizalofop-p-etil 1.8% (A)	Sheriff	2-2.5	1.5-2	3-3.5
Quizalofop-p-tefural 12% (A)	Rango	0.5-1	0.6-1	0.8-1.2
Setoxidim (C)	Poast	1.5-2.5	3-3.5	4.5-5.5
(*) Las dosis se dan en l/ha. (A) Ariloxifenoxi, (C)Ciclohexidima.				

Las dosis varían según el producto y las condiciones ambientales. Con altas temperaturas y baja humedad edáfica puede ser necesario aumentar las dosis media usada. Si bien los productores suelen emplear subdosis de estos productos nunca es aconsejable hacerlo en condiciones de sequía. A continuación se muestran la dosis mínimas empleadas por los productores y las registradas por las empresas para el control de gramíneas en soja (Mitidieri, 1989). Estos herbicidas se usan en dosis similares en otros cultivos como alfalfa y girasol.

Todos estos herbicidas vienen formulados como concentrado emulsionable (CE), excepto Falcón que es un granulado.

Principio activo	Humectante o Tensioactivo	Aceite
Butroxidim	sí	no
Cicloxiidim	no	1% v/v
Cletodim	no	2 L/ha
Clodinafop	no	1% v/v
Fenoxaprop-etil	no	no
Fenoxaprop-p-etil	no	no
Fluazifop-p-butyl	si	1% v/v
Haloxifop-R-metil	no	1% v/v
Propaquizafop	no	no
Quizalofop-etil	no	1% v/v
Quizalofop-p-etil	no	no
Quizalofop-p-tefural	no	1-1,5
Omega	no	L/ha
Sheriff	no	no
Setoxidim (C)	no	2 L/ha

Las ciclohexidimas son en general menos eficientes para controlar gramíneas perennes que los ariloxifenoxis.

El agregado de aceites, humectantes y tensioactivos aumenta considerablemente la actividad de los graminicidas. Se recomiendan dosis del orden del 0.5% y 1% del volumen de aplicación para humectantes y aceites, respectivamente. Existen diferentes opciones de aceites y humectantes provistos por distintas empresas.

Para el control de sorgo de Alepo existen distintos criterios para la aplicación de arilofenoxis entre los cuales se encuentra el modelo del calendario térmico (Satorre et al, 1985) y ajustado posteriormente por Leguizamón et al (descrito en la sección de sorgo de Alepo) : las aplicaciones deben realizarse con 200 Unidades Térmicas Acumuladas, un momento que coincide con la menor biomasa de rizomas.

El criterio recomendado en la actualidad se basa en la altura de la maleza : cuando esta tiene entre 20 y 25 cm de altura se debe pulverizar. Dado que existe evidencia sustancial que la altura de los macollos depende de la longitud de los rizomas (y estos se asocian con el tipo de labranza o manejo del potrero), se están realizando estudios que permitan ajustar ambas recomendaciones.

Como ya se ha comentado, la humedad al momento de la aplicación influye marcadamente en la eficiencia de la aplicación. Tanto el uso de subdosis como la baja humedad edáfica al momento de la aplicación determinan reducciones en el nivel de control. En estos caso suele observarse rebrote luego de los 20-25 días de la aplicación. Este rebrote puede originarse a partir de rizomas no controlados, de la corona y en casos de sequía muy intensa o aplicaciones muy retrasadas se observa rebrote desde las axilas de las hojas de los macollos. El control puede también variar según el biotipo de sorgo de Alepo.

Los tratamientos para gramón deben realizarse siempre antes de floración, siendo el óptimo cuando la maleza tiene estolones entre 10 y 15 cm de largo. El momento de aplicación también se está ajustando en base a un modelo térmico (Satorre et al, 1998) .Por otra parte, la dinámica de rizomas , estolones y parte aérea tiene desfases que generan una mayor proporción de biomasa aérea en relación a la subterránea hacia principios de otoño , lo cual favorece la acción del herbicida sistémico.

Las gramíneas anuales deben ser controladas cuando tienen entre 1 y 4 hojas.

En el cultivo de trigo existen distintos herbicidas de este grupo. El diclofop-metil (Iloxan, LEE 28,4%) se aplica a una dosis de 568-710 g. p.a./ha y se utiliza para controlar avena fatua y raigrás anual. El pirifenop (March LEE -líquido emulsionable- 10%) se recomienda para el control de avena fatua. El fenoxaprop-p-etil (Puma-S EA-emulsión acuosa-6,9%) y controla avena gigante y avena fatua.

BIBLIOGRAFÍA

- CASAFE (1995). Guía de Productos Fitosanitarios para la República Argentina.
- Cobb, A. (1992). Graminicides: inhibitors of lipid biosynthesis. In: Herbicides and Plant Physiology, Cap. 5, p. 107-125. Chapman & Hall.
- Devine, M., Duke, S.O. y Fedtke, C. (1993). Herbicide effects on lipid synthesis. In: Physiology of Herbicide Action. Cap. 11, p. 225-242. P.T.R. Prentice Hall Inc.
- Leguizamón, E.S.(1997).Refinamiento del modelo poblacional de Sorgo de Alepo. Efecto de la longitud de los rizomas y del herbicida. VI Reunión de la Sociedad Española de Malherbología. SEMh. España.Proceedings.
- Mitidieri, A. (1989). Boletín Técnico INTA San Pedro.
- Satorre EH, Ghersa CM y Pataro AM (1985). Prediction of *Sorghum halepense* (L.) Pers. rhizome sprout emergence in relation to air temperature. Weed Res., 25:103-109.
- Satorre, E.H.(1997).Bases fisiológicas y manejo de gramón. XII Congreso Latinoamericano de Malezas.Buenos Aires. Resúmenes.

[Volver a: Plagas y malezas](#)