

# INVESTIGACIONES

## RESISTENCIA DE BALLICA ANUAL (*Lolium rigidum* L.) Y AVENILLA (*Avena fatua* L.) A HERBICIDAS GRAMINICIDAS EN LAS ZONAS CENTRO-SUR Y SUR DE CHILE<sup>1</sup>

Annual ryegrass (*Lolium rigidum* L.) and wild oat (*Avena fatua* L.) resistance to graminicide herbicides in the Southern and South Central zones of Chile

Nelson Espinoza N.<sup>2</sup> y Marcelo Zapata R.<sup>3</sup>

### ABSTRACT

Several experiments were carried out in Southern Chile to evaluate resistance of two grasses to herbicides. A *Lolium rigidum* population from the VIII Region and two *Avena fatua* populations from the IX Region, suspected to be resistant to some herbicides that inhibit the biosynthesis of lipids, were sprayed with commercial herbicides at two application doses, the recommended dose and the smaller dose commonly used by farmers. When recommended herbicides for lupin (*Lupinus albus* L.) and oilseed rape (*Brassica napus* L.) were applied, the three populations showed resistance to aryloxyphenoxy propionate, quizalofop-p-terfuryl, haloxyfop methyl, quizalofop-p-ethyl and fluazifop-p-butyl herbicides. Nevertheless, there was no resistance to cyclohexanedione, clethodim and sethoxydim herbicides. When recommended herbicides for wheat (*Triticum aestivum* L.) were applied, the three populations showed resistance to aryloxyphenoxy propionate, diclofop methyl, clodinafop propargyl, cyclohexanedione herbicide, and tralkoxydim herbicides. There is concern over the level of resistance reported, since applications of herbicides at normal doses did not reduce fresh weight values compared to the control with no herbicide applications, except for wild oat populations, which presented less resistance to tralkoxydim than diclofop methyl and clodinafop propargyl. Wild oat and annual ryegrass populations lacking resistance used as controls were susceptible to all the herbicides applied.

**Key words:** resistance to herbicides, annual ryegrass, wild oats.

### INTRODUCCIÓN

Desde fines de la década de los setenta se han introducido periódicamente al país nuevos herbicidas postemergentes para controlar selectivamente las malezas gramíneas en diferentes cultivos. El primero fue diclofop metil, un ariloxi-

fenoxi propionato, introducido en 1978, y el último fue clethodim, un ciclohexanodiona, en 1998 (Cuadro 1). Actualmente, además de diclofop metil, están registrados para ser utilizados en cultivos como trigo (*Triticum aestivum* L.) los herbicidas fenoxaprop etil, diclofop metil+fenoxaprop etil, clodinafop propargil y tralkoxidim, y en cultivos de dicotiledóneas como raps (*Brassica napus* L.) y lupino (*Lupinus albus* y *L. angustifolius*), además de clethodim, fluazifop-p-butyl,

<sup>1</sup>Recepción de originales: 01 de abril de 1999.

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Carillanca, Casilla 58-D, Temuco, Chile. E-mail: nespinoz @ carillanca.inia.cl

**Cuadro 1. Herbicidas graminicidas del grupo de los inhibidores de la síntesis de lípidos que se comercializan en Chile**

**Table 1. Grass herbicides of the lipid biosynthesis inhibitor group distributed in Chile**

Grupo químico	Ingrediente activo	Nombre comercial
Arioxi-fenoxy propionatos	clodinafop propargil	TOPIK 240 EC
	diclofop metil	CASCABEL 28 EC ILOXAN 28 EC
	diclofop metil + fenoxaprop etil	ILOXAN PLUS
	fenoxaprop etil	PUMA SUPER
	fluazifop-p-butil	HACHE UNO 2000 175 EC
	haloxifop metil	GALANT PLUS (R)
	propaquizafop	AGIL 100 EC
	quizalofop-p-etil	ASSURE PLUS FLECHA 9.5 EC
	quizalofop-p-tefuril	PANTERA PLUS
Ciclohexanodionas	Clethodim	CENTURION 240 EC
	Tralkoxidim	GRASP 80 WG
	Sethoxidim	POAST

haloxifop metil, quizalofop-p-etil, quizalofop-p-tefuril, propaquizafop, y sethoxidim (AFIPA, 1998). Aunque los arioxi-fenoxy propionatos y ciclohexanodionas son químicamente muy diferentes, tienen un modo de acción similar en las plantas susceptibles (Secor y Cséke, 1988), ya que todos inhiben la enzima acetil coenzima A, involucrada en la síntesis de ácidos grasos (Rendina y Felts, 1988; Secor y Cséke, 1988). Una característica sobresaliente de estos herbicidas es que controlan numerosas especies de malezas gramíneas (Díaz *et al.*, 1992; Espinoza *et al.*, 1993) lo que ha significado para los productores de trigo, raps y lupino en las zonas centro-sur y sur, poder controlarlas eficazmente, e impedir que interfieran negativamente en la productividad de estos cultivos. Sin embargo, estas ventajas han influido para que desde su introducción se hayan aplicado año tras año.

A principios de la década de los noventa, algunos productores comerciales de la provincia de Bío-

Bío, VIII Región, informaron el control deficiente de ballica en sementeras de raps que habían sido tratadas con haloxifop metil, y en 1997 dos agricultores de la provincia de Cautín, IX Región, informaron el control deficiente de avenilla en trigos tratados con clodinafop propargil. La identificación de las plantas de ballica avenilla permitió concluir que correspondían a *Lolium rigidum* y *Avena fatua*, respectivamente. En ninguno de estos casos fue posible atribuir el control deficiente de estas malezas al uso de estos herbicidas en dosis subletales, fallas durante la aplicación u otros factores, tal como estrés por déficit de humedad en el suelo, los que podrían haber influido negativamente en la acción de control. Sin embargo, los antecedentes obtenidos respecto a los cultivos incluidos en la rotación y herbicidas utilizados, hicieron sospechar que se trataría de poblaciones de ballica y avenilla que habrían desarrollado resistencia (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Historia de los cultivos y herbicidas graminicidas utilizados en el campo de la localidad de Lautaro, IX Región, en que se colectaron semillas de avenilla (*A. fatua*) con antecedentes de resistencia**

**Table 2. History of crops and grass herbicides applied on the field (Lautaro, IX Región) where the resistant wild oat seeds (*A. fatua*) were collected**

Año	Cultivo	Herbicida aplicado
1990	Trigo	Diclofop metil
1991	Avena	No se aplicó herbicida
1992	Trigo	Clodinafop propargil
1993	Trigo	Clodinafop propargil
1994	Lupino	Haloxifop metil
1995	Trigo	Clodinafop propargil <sup>1</sup>
1996	Lupino	Propaquizafop <sup>2</sup>
1997	Trigo	Clodinafop propargil <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Indica cultivo y año en que se detectó por primera vez que "algunas plantas aisladas" de avenilla no fueron controladas con el herbicida aplicado.

<sup>2</sup>Indica cultivo y año en que "grupos de plantas" de avenilla no fueron controladas.

<sup>3</sup>Indica cultivo y año en que una "infestación generalizada" de avenilla no fue controlada.

En el país no existen trabajos publicados sobre resistencia de malezas a nivel de campo a éstos u otros herbicidas. Sin embargo, desde que se confirmó el primer caso en el mundo, específicamente el de *Senecio vulgaris* a simazina y atrazina (Ryan, 1970), se ha informado a menudo de nuevos casos en diferentes países (Yaacoby *et al.*, 1986; Boutsalis and Powles, 1995; Heap and Morrison, 1996; Taylor and Coats, 1996; Adkins *et al.*, 1997), incluyendo el de poblaciones de *L. rigidum* y *A. fatua* resistentes a herbicidas del grupo de los ariloxi-fenoxi pro-pionatos, ciclohexanodionas o, a ambos (Glu-funmilayo *et al.*, 1990; Heap and Knight, 1990; Powles and Howat, 1990; Christopher *et al.*, 1991; Heap *et al.*, 1993).

El objetivo de este trabajo fue determinar a nivel de campo la existencia de resistencia de una población de *L. rigidum* y dos poblaciones de *A. fatua* a diferentes herbicidas graminicidas recomendados en cultivos como trigo, raps y lupino en el país.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos fueron realizados en condiciones ambientales naturales en el Centro Regional de Investigación Carillanca, dependiente del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), ubicado en la comuna de Vilcún, IX Región, 38° 41' Lat. S. y 72° 25' Long. W. La semilla de la población de *L. rigidum* con antecedentes de resistencia a haloxifop metil fue colectada en 1996 en la localidad de Mulchén, VIII Región, y comparada con una población sin antecedentes de resistencia proveniente de semilla certificada de *L. rigidum* cultivar Wimmera. La semilla de las poblaciones de *A. fatua* con antecedentes de resistencia a clodinafop propargil fueron colectadas en las localidades de Lautaro y Quino, IX Región, en 1997, y comparadas con una población de *A. fatua* sin antecedentes de resistencia proveniente de semilla colectada en la localidad de Carahue, en esta misma región.

Se efectuaron dos estudios. En ambos se incluyeron todas las especies de malezas gramíneas antes señaladas, sin embargo, en uno fueron asperjadas con los herbicidas graminicidas recomendados en cultivos de hoja ancha como raps y lupino, y en el otro con los recomendados en trigo. Cada población representó un ensayo. En los ensayos que se aplicaron herbicidas recomendados en raps y lupino la siembra de las ballicas y avenillas se realizó con una sembradora para ensayos Planet Jr., el 14 de mayo de 1998, y en aquellos que se aplicaron herbicidas recomendados en trigo, el 20 de mayo del mismo año. La parcela estuvo constituida por 5 hileras de cada población, el largo de la hilera fue 2 m y la distancia entre hileras 0,2 m. La fertilización consistió en 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 70 kg ha<sup>-1</sup> de N, y 70 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

En el grupo de ensayos en que se evaluaron herbicidas gramínicos recomendados en raps y lupino, éstos y las dosis aplicadas correspondieron a quizalofop-p-tefuril (45 y 90 g ha<sup>-1</sup>), halo xifop metil (47 y 78 g ha<sup>-1</sup>), quizalofop-p-etil (62 y 124 g ha<sup>-1</sup>), clethodim (72 y 144 g ha<sup>-1</sup>), fluazifop-p-butil (263 y 525 g ha<sup>-1</sup>) y sethoxidim (276 y 460 g ha<sup>-1</sup>). Cada herbicida fue aplicado en dos dosis, correspondiendo la menor a la utilizada comúnmente por los agricultores. Además, se incluyó un tratamiento testigo sin herbicida. Del total de herbicidas evaluados, clethodim, fluazifop-p-butil y sethoxidim fueron aplicados con un adyuvante para cumplir las instrucciones del fabricante, que en el presente caso correspondió al producto comercial Citroliv Miscible en la dosis de 1,5 L ha<sup>-1</sup>. En todos los ensayos la aplicación de los herbicidas se efectuó el 7 de agosto de 1998, cuando las plantas de cada población presentaban el desarrollo indicado en el Cuadro 3, utilizando un aspersor tipo

bicicleta MAT-OSU con barra de aplicación y boquillas de abanico plano Tee-Jeet 8002, en un volumen de agua de 200 L ha<sup>-1</sup> y presión de 30 lb pulg<sup>-2</sup>. A los 72 días después de la aplicación, en un área de 0,3 m<sup>2</sup> por parcela, se cortaron con tijera y a ras del suelo los tallos y hojas de las plantas de ballicas y avenillas sobrevivientes, y se pesaron bajo condiciones similares. Los datos de peso fresco de cada población fueron sometidos al análisis de varianza y las medias de los tratamientos al test de Duncan al 0,05 de probabilidad. El diseño experimental correspondió a bloques al azar con cuatro repeticiones.

En los ensayos en que se evaluaron herbicidas gramínicos recomendados en trigo, éstos y las dosis aplicadas correspondieron a tralkoxidim (250 y 300 g ha<sup>-1</sup>), diclofop metil (560 y 740 g ha<sup>-1</sup>) y clodinafop propargil (72 y 120 g ha<sup>-1</sup>). Siguiendo el mismo criterio que en el otro

**Cuadro 3. Estados de desarrollo de las plantas de ballicas y avenillas en la fecha de aplicación de los herbicidas gramínicos recomendados en raps y lupino. INIA Carillanca, 1998**

**Table 3. Annual ryegrass and wild oat growth stages at the time of spraying grass herbicides recommended for lupin and oilseed rape. INIA Carillanca, 1998**

Desarrollo <sup>1</sup>	Ballicas y Avenillas				
	LOLRI-S	LOLRI-MU-R	AVEFA-CA-S	AVEFA-QU-R	AVEFA-LA-R
	-----%				
4 hojas	0	0	14	30	0
1 macolla	0	0	20	33	3
2 macollas	0	0	26	23	37
3 macollas	17	7	30	7	47
4 macollas	37	13	10	7	10
5 macollas	23	27	0	0	3
6 macollas	17	23	0	0	0
7 macollas	6	17	0	0	0
8 macollas	0	13	0	0	0

<sup>1</sup>Corresponde al porcentaje de la población con el desarrollo indicado.

LOLRI-S : Ballica (*L. rigidum*) sin antecedentes de resistencia.

LOLRI-MU-R : Ballica (*L. rigidum*) colectada en Mulchén con antecedentes de resistencia.

AVEFA-CA-S : Avenilla (*A. fatua*) colectada en Carahue sin antecedentes de resistencia.

AVEFA-QU-R : Avenilla (*A. fatua*) colectada en Quino con antecedentes de resistencia.

AVEFA-LA-R : Avenilla (*A. fatua*) colectada en Lautaro con antecedentes de resistencia.

estudio, cada herbicida fue aplicado en dos dosis, correspondiendo la menor a la utilizada comunmente por los agricultores. Estos fueron aplicados con el mismo aspersor y volumen de agua empleados en los otros ensayos, el 29 de julio de 1998, y cuando las plantas de ballicas y avenillas presentaban el desarrollo indicado en el Cuadro 4. Transcurridos 82 días desde la aplicación de los herbicidas, siguiendo la misma metodología de los otros ensayos, se cortaron los tallos y hojas de las plantas sobrevivientes y se pesaron. Los datos de peso fresco fueron sometidos al análisis de varianza y las medias de los tratamientos al test de Duncan al 0,05 de probabilidad. El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con cuatro repeticiones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Control de ballicas y avenillas con los herbicidas gramínicos recomendados en raps y lupino

La población de *L. rigidum* sin antecedentes de resistencia presentó una alta susceptibilidad a

todos los herbicidas en las diferentes dosis aplicadas, obteniéndose entre 99 y 100% de reducción del peso fresco por efecto de todos los tratamientos, excepto con quizalofop-p-etil en la dosis inferior, en que el nivel de reducción fue 91% (Cuadro 5). Por el contrario, la población de *L. rigidum* con antecedentes de resistencia a haloxifop metil, exhibió resistencia a este herbicida y a los otros ariloxi-fenoxi propionatos evaluados. Por otra parte, no se observó resistencia a los ciclohexanodionas como clethodim y sethoxidim (Cuadro 5). El grado de resistencia de esta ballica a quizalofop-p-tefuril, haloxifop metil, quizalofop-p-etil y fluazifop-p-butil, fue alto, ya que no hubo efecto reductivo en el peso fresco de las plantas o cuando ocurrió, fue insignificante. En contraste, clethodim y sethoxidim en las dos dosis aplicadas redujeron significativamente el peso fresco de las plantas respecto al testigo, aunque altos niveles de reducción del peso como 99 y 89%, respectivamente, se obtuvieron sólo cuando se aplicaron en la dosis superior. En Australia, de los 6 casos confirmados de especies de malezas que han desarrollado resistencia, el que concita el mayor

Cuadro 4. Estados de desarrollo de las plantas de ballica y avenilla en la fecha de aplicación de los herbicidas recomendados en trigo. INIA Carillanca, 1998

Table 4. Annual ryegrass and wild oat growth stages at the time of spraying grass herbicides recommended for wheat. INIA Carillanca, 1998

Desarrollo <sup>1</sup>	Ballicas y Avenillas				
	LOLRI-S	LOLRI-MU-R	AVEFA-CA-S	AVEFA-QU-R	AVEFA-LA-R
	-----%-----				
3 hojas	0	0	0	20	70
1 macolla	30	45	30	35	30
2 macollas	65	50	50	45	0
3 macollas	5	5	20	0	0
4 macollas	0	0	0	0	0

<sup>1</sup>Corresponde al porcentaje de la población con el desarrollo indicado.

LOLRI-S : Ballica (*L. rigidum*) sin antecedentes de resistencia.

LOLRI-MU-R : Ballica (*L. rigidum*) colectada en Mulchén con antecedentes de resistencia.

AVEFA-CA-S : Avenilla (*A. fatua*) colectada en Carahue sin antecedentes de resistencia.

AVEFA-QU-R : Avenilla (*A. fatua*) colectada en Quino con antecedentes de resistencia.

AVEFA-LA-R : Avenilla (*A. fatua*) colectada en Lautaro con antecedentes de resistencia.

**Cuadro 5. Peso fresco y reducción porcentual del peso en relación al testigo de dos poblaciones de ballica transcurridos 72 días desde la aplicación de los herbicidas actualmente recomendados en raps y lupino. INIA Carillanca, 1998**

**Table 5. Effect of grass herbicides recommended for lupin and oilseed rape on fresh weight and the percentage reduction of growth on two populations of annual ryegrass at 72 days after spraying. INIA Carillanca, 1998**

Herbicida	Dosis g ha <sup>-1</sup>	LOLRI-S		LOLRI-MU-R	
		Peso fresco g m <sup>-2</sup>	Reducción %	Peso fresco g m <sup>-2</sup>	Reducción %
Quizalofop-p-tefuril	45	11 b	99	3.729 ab	0
Quizalofop-p-tefuril	90	0 b	100	4.326 a	0
Haloxifop metil	47	0 b	100	3.663 ab	9
Haloxifop metil	78	0 b	100	3.949 ab	0
Quizalofop-p-etil	62	296 b	91	3.514 ab	5
Quizalofop-p-etil	124	6 b	99	3.042 b	14
Clethodim	72	9 b	99	808 cd	76
Clethodim	144	0 b	100	30 d	99
Fluazifop-p-butil	263	11 b	99	3.719 ab	2
Fluazifop-p-butil	525	0 b	100	3.779 ab	0
Sethoxidim	276	0 b	100	1.570 c	53
Sethoxidim	460	0 b	100	372 d	89
Testigo sin herbicida	-	3.318 a		3.428 ab	

En cada columna, medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí (Duncan  $P \leq 0,05$ ).

LOLRI-S : Ballica (*L. rigidum*) sin antecedentes de resistencia.

LOLRI-MU-R: Ballica (*L. rigidum*) colectada en la localidad de Mulchén con antecedentes de resistencia.

interés de los investigadores es *L. rigidum*, ya que se ha observado resistencia a herbicidas ariloxi-fenoxi propionatos, ciclohexanodionas, como también a otros con un distinto modo de acción (Powles and Howat, 1990). En este estudio, se encontró que la población de *L. rigidum* fue resistente a todos los ariloxi-fenoxi propionatos evaluados y que se recomiendan en cultivos de dicotiledóneas como raps y lupino, no así a los ciclohexanodionas.

La *A. fatua* sin antecedentes de resistencia fue controlada en un 100% con todos los tratamientos herbicidas (Cuadro 6). En contraste, las dos poblaciones de avenilla con antecedentes de resistencia a clodinafop propargil presentaron alta resistencia a la mayoría de los herbicidas en las diversas dosis aplicadas, exceptuando a los

ciclohexanodionas como clethodim y sethoxidim, que ejercieron niveles de reducción del peso fresco de las plantas mayores a 90% (Cuadro 6). El grado de resistencia a los otros herbicidas no fue el mismo. En la dosis inferior las dos poblaciones exhibieron alta resistencia a todos ellos, sin embargo, en la proveniente de Quino, haloxyfop metil ejerció un 92% de reducción del peso en la dosis superior, lo que no ocurrió en la proveniente de Lautaro. Un alto efecto reductivo del peso fresco también fue obtenido con quizalofop-p-tefuril en la dosis superior, aunque solamente en la avenilla proveniente de Lautaro (Cuadro 6). Estos resultados concuerdan con lo señalado por varios autores (Heap and Knight, 1990; Powles and Howat, 1990; Mansooji *et al.*, 1992) respecto a que el grado de resistencia a un herbicida puede diferir entre poblaciones de una misma especie,

como también en una misma población a distintos herbicidas, que pueden o no estar químicamente relacionados. Esta variación en la resistencia indica que se desarrolla *in situ* e independientemente, según la exposición de la población a los herbicidas y, por lo tanto, puede diferir de un campo a otro (Mansooji *et al.*, 1992; Heap *et al.*, 1993).

#### Control de ballicas y avenillas con los herbicidas gramínicos recomendados en trigo

La población de *L. rigidum* sin antecedentes de resistencia exhibió una alta susceptibilidad a tralkoxidim, diclofop metil y clodinafop propargil en las diferentes dosis aplicadas, obteniéndose niveles de reducción del peso fresco res-

pecto al tratamiento testigo en que no se aplicó herbicida mayores a 90% (Cuadro 7). Por el contrario, la población de *L. rigidum* con antecedentes de resistencia a haloxifop metil demostró ser resistente a los tres herbicidas, esto es, a los dos ariloxi-fenoxi propionatos y al ciclohexanodiona (Cuadro 7). El peso fresco de esta población de ballica fue reducido solamente un 4% cuando diclofop metil fue aplicado en la dosis inferior y solamente un 9% cuando se incrementó la dosis del herbicida en 50%. Resultados similares se obtuvieron con clodinafop propargil en las dos dosis aplicadas (Cuadro 7). Con tralkoxidim en ambas dosis, el efecto reductivo en el peso fresco fue más alto, aunque sólo levemente, ya que en las dosis de 250 y 300 g ha<sup>-1</sup> alcanzó a 19 y 33%, respectivamente (Cua-

**Cuadro 6. Peso fresco y reducción porcentual del peso en relación al testigo de tres poblaciones de avenilla transcurridos 72 días desde la aplicación de los herbicidas actualmente recomendados en raps y lupino. INIA Carillanca, 1998**

**Table 6. Effect of grass herbicides recommended for lupin and oilseed rape on fresh weight and the percentage reduction of growth on three populations of wild oats at 72 days after spraying. INIA Carillanca, 1998**

Herbicida	Dosis g ha <sup>-1</sup>	AVEFA-CA-S		AVEFA-QU-R		AVEFA-LA-R	
		Peso fresco g m <sup>-2</sup>	Reducción %	Peso fresco g m <sup>-2</sup>	Reducción %	Peso fresco g m <sup>-2</sup>	Reducción %
Quizalofop-p-tefuriil	45	0 b	100	746 a	27	1.132 abc	15
Quizalofop-p-tefuriil	90	0 b	100	363 ab	34	228 d	83
Haloxifop metil	47	0 b	100	524 a	8	1.380 ab	1
Haloxifop metil	78	0 b	100	42 b	92	929 c	29
Quizalofop-p-etil	62	0 b	100	587 a	3	1.040 bc	31
Quizalofop-p-etil	124	0 b	100	770 a	0	879 c	32
Clethodim	72	0 b	100	27 b	95	35 d	97
Clethodim	144	0 b	100	0 b	100	9 d	99
Fluazifop-p-butil	263	0 b	100	492 a	10	1.427 a	2
Fluazifop-p-butil	525	0 b	100	410 ab	26	1.370 ab	1
Sethoxidim	276	0 b	100	31 b	94	70 d	94
Sethoxidim	460	0 b	100	0 b	100	9 d	99
Testigo sin herbicida	-	751 a		533 a		1.295 ab	

En cada columna, medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí (Duncan  $P \leq 0,05$ ).

AVEFA-CA-S : Avenilla (*A. fatua*) colectada en la localidad de Carahue sin antecedentes de resistencia.

AVEFA-QU-R : Avenilla (*A. fatua*) colectada en la localidad de Quino con antecedentes de resistencia.

AVEFA-LA-R : Avenilla (*A. fatua*) colectada en la localidad de Lautaro con antecedentes de resistencia.

dro 7). No obstante, en términos de peso fresco, el obtenido con este herbicida en la dosis de 300 g ha<sup>-1</sup>, fue estadísticamente diferente a los obtenidos con los otros herbicidas.

La *A. fatua* sin antecedentes de resistencia demostró una alta susceptibilidad a todos los herbicidas en las diferentes dosis aplicadas, ya que el peso fresco de las plantas fue reducido significativamente respecto al obtenido en el tratamiento testigo sin herbicida (Cuadro 8). Por el contrario, la respuesta a estos herbicidas de las poblaciones de avenilla provenientes de las localidades de Quino y Lautaro confirma la existencia de resistencia en ellas. Las dos poblaciones presentaron alta resistencia a diclofop metil y clodinafop propargil en las diferentes dosis aplicadas, ya que el peso fresco fue reducido sólo levemente respecto al obtenido en el testigo (Cuadro 8). Con tralkoxidim, el grado de resistencia de ambas poblaciones fue menor, ya que el peso fresco en la dosis inferior y superior, respectivamente, alcanzó a 51 y 88% en la

proveniente de Quino, y a 70 y 72% en la proveniente de Lautaro (Cuadro 8). El mayor grado de resistencia a diclofop metil y clodinafop propargil, probablemente sea consecuencia de que ambos herbicidas están químicamente relacionados y porque desde su introducción al país han sido utilizados ampliamente por los agricultores, lo que no ha sucedido con tralkoxidim. Por ejemplo, en el potrero del predio de la localidad de Lautaro en que se colectaron semillas de avenilla con antecedentes de resistencia a clodinafop propargil, este herbicida fue aplicado en cuatro oportunidades y diclofop metil en una oportunidad, en el período 1990-1997 (Cuadro 2).

Los resultados obtenidos en la población de *L. rigidum* y las dos de *A. fatua* en que se sospechaba el desarrollo de resistencia a algunos herbicidas de la familia de los inhibidores de la síntesis de lípidos confirma la existencia de este fenómeno en ellas. Las tres poblaciones exhibieron resistencia a todos los herbicidas del grupo de los ariloxi-fenoxi propionatos eva-

**Cuadro 7. Peso fresco y reducción porcentual del peso en relación al testigo de dos poblaciones de ballica transcurridos 82 días desde la aplicación de los herbicidas actualmente recomendados en trigo. INIA Carillanca, 1998**

**Table 7. Effect of grass herbicides recommended for wheat on fresh weight and the percentage reduction of growth on two populations of annual ryegrass at 82 days after spraying. INIA Carillanca, 1998**

Herbicida	Dosis g ha <sup>-1</sup>	LOLRI-S		LOLRI-MU-R	
		Peso fresco g m <sup>-2</sup>	Reducción %	Peso fresco g m <sup>-2</sup>	Reducción %
Tralkoxidim	250	262 b	93	3.519 ab	19
Tralkoxidim	300	227 b	94	2.946 b	33
Diclofop metil	560	42 b	99	4.275 a	4
Diclofop metil	740	38 b	99	4.035 a	9
Clodinafop propargil	72	201 b	95	4.365 a	0
Clodinafop propargil	120	163 b	95	3.995 a	8
Testigo sin herbicida	-	3.809 a		4.342 a	

En cada columna, medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí (Duncan  $P \leq 0,05$ ).

LOLRI-S : Ballica (*L. rigidum*) sin antecedentes de resistencia.

LOLRI-MU-R : Ballica (*L. rigidum*) colectada en la localidad de Mulchén con antecedentes de resistencia.

**Cuadro 8. Peso fresco y reducción porcentual del peso en relación al testigo de tres poblaciones de avenilla transcurridos 82 días desde la aplicación de los herbicidas actualmente recomendados en trigo. INIA Carillanca, 1998**

**Table 8. Effect of grass herbicides recommended for wheat on fresh weight and the percentage reduction of growth on three populations of wild oats at 82 days after spraying. INIA Carillanca, 1998**

Herbicida	Dosis g ha <sup>-1</sup>	AVEFA-CA-S		AVEFA-QU-R		AVEFA-LA-R	
		Peso fresco g m <sup>-2</sup>	Reducción %	Peso fresco g m <sup>-2</sup>	Reducción %	Peso fresco g m <sup>-2</sup>	Reducción %
Tralkoxidim	250	204 b	84	260 ab	51	269 bc	70
Tralkoxidim	300	81 b	92	82 b	88	200 c	72
Diclofop metil	560	210 b	84	546 a	35	796 ab	20
Diclofop metil	740	49 b	96	456 ab	38	717 abc	22
Clodinafop propargil	72	41 b	97	454 ab	29	875 a	18
Clodinafop propargil	120	32 b	97	406 ab	36	618 abc	26
Testigo sin herbicida	-	1.498 a		649 a		957 a	

En cada columna, medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí (Duncan  $P \leq 0,05$ ).

AVEFA-CA-S : Avenilla (*A. fatua*) colectada en la localidad de Carahue sin antecedentes de resistencia.

AVEFA-QU-R : Avenilla (*A. fatua*) colectada en la localidad de Quino con antecedentes de resistencia.

AVEFA-LA-R : Avenilla (*A. fatua*) colectada en la localidad de Lautaro con antecedentes de resistencia.

luados y que se recomiendan en cultivos de dicotiledóneas como raps y lupino, y también a los recomendados en trigo, no ocurriendo lo mismo con los herbicidas del grupo de los ciclohexanodionas. En este grupo, no se observó resistencia de la población de *L. rigidum* y de las dos poblaciones de *A. fatua* a clethodim y sethoxidim, pero se observó resistencia de todas ellas a tralkoxidim. Probablemente, la resistencia se desarrolló primero a diclofop metil, uno de los primeros herbicidas ariloxi-fenoxi propionatos introducidos al país y como consecuencia a los otros herbicidas de este mismo grupo por estar químicamente relacionados. Sin embargo, por los resultados obtenidos con tralkoxydim este mismo fenómeno parece estar desarrollándose en los ciclohexanodionas.

## CONCLUSIONES

La población de *L. rigidum* con antecedentes de resistencia a haloxifop metil, demostró resistencia a este herbicida y a todos los otros ariloxi-fenoxi propionatos evaluados, tales como quizalofop-p-tefuril, quizalofop-p-etil, fluazifop-p-butil, diclofop metil y clodinafop propargil, y al ciclohexanodiona, tralkoxidim. Por el contrario, esta población no demostró resistencia a los ciclohexanodionas clethodim y sethoxidim.

Las dos poblaciones de *A. fatua* con antecedentes de resistencia a clodinafop propargil, demostraron resistencia a este ariloxi-fenoxi propionato, pero también a diclofop metil, haloxifop metil, quizalofop-p-tefuril, quizalofop-p-etil y fluazifop-p-butil, y al ciclohexanodiona, tralkoxidim. En contraste, las dos poblaciones no demostraron resistencia a los ciclohexanodionas clethodim y sethoxidim.

## RESUMEN

Una población de *Lolium rigidum* colectada en la VIII Región y dos poblaciones de *Avena fatua* colectadas en la IX Región, en que se sospechaba el desarrollo de resistencia a algunos herbicidas de la familia de los inhibidores de la síntesis de lípidos, fueron asperjadas con diferentes productos comerciales, cada uno en dos dosis, correspondiendo la menor a la utilizada comúnmente por los agricultores. En los ensayos en que se aplicaron herbicidas recomendados en cultivos de hoja ancha como raps y lupino, la población de *L. rigidum* y las dos poblaciones de *A. fatua* exhibieron resistencia a todos los herbicidas del grupo de los ariloxi-fenoxi propionatos evaluados, tales como quizalofop-p-tefuril, haloxifop metil, quizalofop-p-etil, y fluazifop-p-butil. Sin embargo, no hubo resistencia a los ciclohexanodionas, clethodim y sethoxidim. En los ensayos que se aplicaron herbicidas recomendados en trigo, las dos poblaciones

de *A. fatua* y la población de *L. rigidum* exhibieron resistencia a todos los herbicidas, que incluyeron a los ariloxifenoxi propionatos, diclofop metil y clodinafop propargil, y al ciclohexanodiona, tralkoxidim. En general, el grado de resistencia a los herbicidas fue alto, ya que en la dosis comúnmente utilizada por los agricultores, no hubo reducción en el peso fresco de las plantas y cuando ocurrió, fue insignificante, excepto el exhibido por las dos poblaciones de *A. fatua* a tralkoxidim, en que el grado de resistencia fue menor que a diclofop metil y clodinafop propargil. Las poblaciones de *A. fatua* y de *L. rigidum* sin antecedentes de resistencia e incluidas como referencia, fueron susceptibles a todos los herbicidas en las dosis evaluadas.

**Palabras claves:** Resistencia a herbicidas, ballica anual, avenilla.

## LITERATURA CITADA

- AFIPA. 1998. Manual Fitosanitario 1998-1999. Santiago, Chile. Asociación Nacional de Fabricantes e Importadores de Productos Fitosanitarios Agrícolas A.G. 731 p.
- ADKINS, S. W.; WILLS, D.; BOERSMA, M.; WALKER, S. R.; ROBINSON, G.; MCLEOD, R. J. AND EINAM, J. P. 1997. Weeds resistant to chlorsulfuron and atrazine from the North-East grain region of Australia. *Weeds Research* 37: 343-349.
- BOUTSALIS, P. AND POWLES, S. B. 1995. Resistance of dicot weeds to acetolactate synthase (ALS)-inhibiting herbicides in Australia. *Weed Research* 35: 149-155.
- CHRISTOPHER, J. T.; POWLES, S. B.; LILJEGREN, D. R. AND HOLTUM, A. M. 1991. Cross-resistance to herbicides in annual ryegrass (*Lolium rigidum*). *Plant Physiol.* 95: 1036-1043.
- DÍAZ, J.; ESPINOZA, N.; ORMEÑO, J. Y ZAPATA, M. 1992. Graminicidas postemergentes en trigo. Selectividad y eficacia de control. *Investigación y Progreso Agropecuario Carillanca* 11(2): 38-46.
- ESPINOZA, N.; DÍAZ, J. Y ZAPATA, R. 1993. ¿Cómo controlar eficaz y selectivamente las malezas en raps con herbicidas? *Investigación y Progreso Agropecuario Carillanca* 12(2): 13-17.
- GLUFUNMILAYO, O. J.; SHAUN, L. A. AND SAKTI, J. 1990. Diclofop resistance in wild oat (*Avena fatua*). *Weed Science* 38: 475-479.
- HEAP, I. M. AND KNIGHT, R. 1990. Variation in herbicide cross-resistance among populations of annual ryegrass (*Lolium rigidum*) resistant to diclofop metil. *Aust. J. Agric. Res.* 41: 121-128.

- HEAP, I. M.; MURRAY, B. G.; LOEPPKY, H. A. AND MORRISON, I. N. 1993. Resistance to aryloxyphenoxypropionate and cyclohexanedione herbicides in wild oat (*Avena fatua*). *Weed Science* 41: 232-238.
- HEAP, I. M. AND MORRISON, I. N. 1996. Resistance to aryloxyphenoxypropionate and cyclohexanedione herbicides in green foxtail (*Setaria viridis*). *Weed Science* 44: 25-30.
- MANSOOJI, A. M.; HOLTUM, J. A.; BOUTSALIS, P.; MATTHEWS, J. M. AND POWLES, S. B. 1992. Resistance to aryloxyphenoxypropionate herbicides in two wild oat species (*Avena fatua* and *Avena sterilis* ssp. *ludoviciana*). *Weed Science* 40: 599-605.
- POWLES, S. B. AND HOWAT, P. D. 1990. Herbicide-resistant weeds in Australia. *Weed Technology* 4: 178-185.
- RENDINA, A. R. AND FELTS, J. M. 1988. Cyclohexanedione herbicides are selective and potent inhibitors of acetyl-CoA carboxylase from grasses. *Plant Physiol.* 86: 983-986.
- RYAN, G. F. 1970. Resistance of common groundsel to simazine and atrazine. *Weed Science* 18: 614-616.
- SECOR, J. AND CSÉKE, C. 1988. Inhibition of acetyl-CoA carboxylase activity by haloxyfop and tralkoxydim. *Plant Physiol.* 86: 10-12.
- TAYLOR, J. M. AND COATS, G. E. 1996. Identification of sulfometuron-resistant italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) selections. *Weed Technology* 10: 943-946.
- YAACOBY, T., SCHONFELD, M. AND RUBIN, B. 1986. Characteristics of atrazine-resistant biotypes of three grass weeds. *Weed Science* 34: 181-184.