

ESTRATEGIAS DE MANEJO DE MALEZAS GRAMÍNEAS RESISTENTES A HERBICIDAS EN TRIGO Y OTROS CULTIVOS EXTENSIVOS EN EL SUR DE CHILE

N. Espinoza¹, J. Díaz¹, R. Galdames¹ y C. Rodríguez¹
¹ INIA Carillanca, Temuco, Chile, email: nespinoz@inia.cl

Resumen: En el sur de Chile, principal zona productora de trigo (*Triticum aestivum*), avena (*Avena sativa*), cebada (*Hordeum vulgare*), raps canola (*Brassica napus*) y lupino (*Lupinus angustifolius*), el desarrollo de resistencia en malezas gramíneas como ballica (*Lolium multiflorum* y *L. rigidum*), avenilla (*Avena fatua*) y cola de zorro (*Cynosurus echinatus*) hacia los herbicidas ACCasa y ALS ha sido creciente a partir de la década del 90. La resistencia a glifosato en *L. multiflorum* es más reciente, sin embargo está aumentando rápidamente. Es muy probable que la resistencia continúe incrementándose, de no existir cambios que signifiquen uso de rotaciones adecuadas de cultivos, rotaciones o mezclas de herbicidas con diferentes mecanismos de acción, pero principalmente una menor dependencia de los herbicidas antes y después de la siembra. Para esto es fundamental que los agricultores no sigan considerando la labranza cero como algo absoluto, que nunca puede modificarse, crean más en las bondades de los herbicidas pre-emergentes para controlar malezas gramíneas como ballica y cola de zorro, incluyendo los biotipos resistentes, y que los agricultores estén realmente dispuestos a implementar programas de prevención y control integrado de malezas en sus campos.

Palabras claves: avenilla, ballica, cola zorro, herbicidas, resistencia.

Summary: management strategies of weeds grasses resistant to herbicides in wheat and others extensive crops in south of Chile. In the south of Chile, the main area for wheat (*Triticum aestivum*), oat (*Avena sativa*), barley (*Hordeum vulgare*), canola (*Brassica napus*) and lupine (*Lupinus angustifolius*), the resistance development of grass weed like ryegrass (*Lolium multiflorum* y *L. rigidum*), wild oat (*Avena fatua*) and hedgehog dogtai (*Cynosurus echinatus*) toward the herbicides ACCasa and ALS has been frequent since the nineties. In recent years, the development of *L. multiflorum* resistant to glifosato is acquiring a growing importance. It is very likely that the resistance continue to rise in the absence changes mean that use of appropriate rotations crop rotations, or mixtures of herbicides with different mechanisms of action, but mainly less dependence on the herbicides before and after seeding. It is also essential that farmers do not continue considering the zero tillage as something absolute, which can never be amended, create more in the virtues of herbicides pre-emerging to control weeds grasses and ryegrass and hedgehog, including biotypes resistant and farmers are really willing to implement prevention programs and integrated control of weeds in their fields.

Keywords: wild oat, ryegrass, hedgehog dogtail, herbicides, resistance.

Introducción

En los sistemas de cultivos de altos insumos alrededor del mundo, generalmente los agricultores no adoptan medidas preventivas para evitar o retrasar el desarrollo de resistencia a herbicidas. Comúnmente, éstas son adoptadas sólo después que la resistencia se ha desarrollado (BECKIE y GILL, 2006). Lo anterior es debido a que los costos y esfuerzos para prevenir o retrasar el desarrollo de la resistencia a herbicidas son percibidos como similares a los relacionados con el manejo de una resistencia ya confirmada. También puede deberse al interés por parte de los agricultores de optimizar en el corto plazo el retorno económico o simplemente por la incapacidad para evaluar los riesgos asociados con las malezas resistentes (ROTTEVEEL *et al.*, 1997). La baja adopción de prácticas de manejo también puede deberse a la ausencia de herbicidas alternativos o con diferente mecanismo de acción o de diferentes grupos químicos, para controlar las malezas problemas o por expectativas poco realistas en el sentido de que nuevas tecnologías de herbicidas podrían estar disponibles en el futuro (LLEWELLYN *et al.*, 2002). El costo de prevenir la resistencia es significativamente menor al costo de manejarla una vez que se ha desarrollado totalmente, principalmente cuando la resistencia se presenta a diferentes grupos de herbicidas o cuando quedan pocos herbicidas disponibles para controlar las malezas resistentes (ORSON, 1999). El principal costo directo de la resistencia puede ocurrir durante el primer año de detección, debido al deficiente control de la maleza resistente y la consecuente pérdida de rendimiento del cultivo (PETERSON, 1999). Malezas con alto potencial para producir semillas como ballica (*L. rigidum*, *L. multiflorum*) (BOSQUE *et al.*, 2002), pueden incrementarse rápidamente en el campo como consecuencia de un deficiente control debido a la resistencia y, por lo tanto, ocasionar pérdidas importantes en el rendimiento de trigo. La resistencia dificulta el manejo adecuado de las malezas y además de incrementar los costos de producción, aumenta la carga ambiental de herbicidas cuando el deficiente control de la maleza resistente obliga a usar dosis más altas o repetir la aplicación.

En el sur de Chile, principal zona productora de trigo, avena, cebada, raps canola y lupino, el desarrollo de resistencia en malezas gramíneas como ballica (*Lolium multiflorum* y *L. rigidum*), avenilla (*Avena fatua*) y cola de zorro (*Cynosurus echinatus*) hacia los herbicidas ACCasa y ALS ha sido creciente a partir de la década del 90. Por otra parte, en los últimos años también se ha confirmado la resistencia en *L. multiflorum* al herbicida glifosato (Espinoza *et al* 2005; Espinoza *et al* 2008). En el presente trabajo se analizan los factores de riesgo para el desarrollo de resistencia a herbicidas y las estrategias para prevenirla o atrasarla, con énfasis en el manejo de herbicidas para la agricultura con cultivos extensivos del sur del país.

Factores que determinan un rápido desarrollo de la resistencia a los herbicidas

El factor más importante en la evolución de resistencia de las malezas a los herbicidas es un sistema de manejo en el cual el uso repetido de un solo herbicida o de varios herbicidas con el mismo sitio de acción, proporcionan una continua presión de selección (JASIENIUK *et al.*, 1996). Por lo tanto, para evitar o retrasar la evolución de resistencia, es necesario limitar la presión de selección, controlar las plantas resistentes antes que ellos se dispersen y disminuir la proporción de individuos resistentes del banco de semillas del suelo. Otros factores, tales como las características de los

herbicidas y la biología de las malezas también juegan un importante rol en determinar la rapidez de la resistencia.

Características de los herbicidas

Herbicidas con un solo sitio de acción. Los herbicidas que tienen un solo sitio de acción tienen más probabilidades de que se genere resistencia a ellos en relación a aquellos que afectan a varios procesos. Por ejemplo, en muchos casos las malezas han evolucionado resistencia a los herbicidas inhibidores de ACCasa e inhibidores de ALS después de cinco e incluso menos años de uso (MALLORY-SMITH *et al.*, 1990). Esto contrasta con los antiguos herbicidas reguladores del crecimiento tipo auxinas con sitios de acción menos específicos, lo que se ha traducido en poca resistencia a ellos, después de un uso prolongado (HEAP, 2009).

Herbicidas muy eficaces para controlar las malezas. Cuando el nivel de control de las malezas susceptibles es alto, la presión de selección también aumenta y, por lo tanto, la probabilidad de que escapen individuos resistentes. Por ejemplo, al aplicar un herbicida que controla un 95% de las plantas susceptible mantendrá pocas de ellas para la siguiente generación, en comparación con un herbicida que controla un 70%. Esto mismo ocurre con herbicidas que tienen un largo efecto residual (POWLES *et al.*, 1997).

Aplicación frecuente. El riesgo de resistencia es mayor cuando se emplea el mismo herbicida repetidamente en el mismo cultivo, mismo potrero y las mismas malezas por un largo tiempo (GRESSEL y SEGEL, 1990). La pérdida de los beneficios normales de la labranza del suelo favorece el desarrollo de malezas resistentes, debido a que la labranza elimina a las malezas resistentes que escapan a las aplicaciones de herbicidas y proporciona un mecanismo para mezclar y diluir semillas resistentes con la población original de malezas (susceptibles) (VILA-AIUB *et al.*, 2005).

Biología de la maleza

Ciclo de vida. La resistencia de los herbicidas aparece más frecuentemente en malezas anuales. Debido a que las malezas anuales sólo se reproducen por semillas el potencial para transferir la resistencia a la próxima generación es relativamente alta (OWEN, 2001). Las malezas anuales se caracterizan también por producir un elevado número de semillas por planta, lo que aumenta el material genético que está presente en el banco de semillas y, por lo tanto, la probabilidad a que aparezca un gen mutado).

Longevidad de la semilla. Si el suelo es cultivado, las semillas de vida larga de poblaciones susceptibles que estaban enterradas diluirán la población de semillas resistentes y la resistencia podrá ser atrasada. Por otra parte, las semillas que permanecen en la superficie del suelo y tienen una vida corta (con o sin dormancia) morirán o germinarán dentro de unos pocos años. Por esta razón, en los sistemas con cero labranza que dejan semillas de malezas en la superficie del suelo, estas corresponden principalmente a semillas resistentes, ya que las susceptibles germinan y son controladas con el herbicida.

Prácticas de manejo para prevenir o minimizar la selección de malezas resistentes a herbicidas

Las prácticas de manejo siguientes ayudaran a reducir la presión de selección ejercida por la aplicación de un solo herbicida o de herbicidas con el mismo mecanismo de acción:

Alternando métodos no químicos de control de malezas con herbicidas. Ayuda a reducir la presión de selección de los herbicidas. Sin embargo, las prácticas de control no químicas de malezas pueden ser limitadas en número y/o traducirse en resultados poco eficaces de control de malezas.

Mezclando herbicidas con diferentes mecanismo de acción. Las mezclas de herbicidas en el estanque del aspersor o el tratamiento secuencial (el mismo año) de herbicidas con diferentes mecanismo de acción retarda el desarrollo de resistencia (DIGGLE *et al.*, 2003). Las plantas que escapan a un herbicida será controlado por el otro herbicida. Para implementar esta práctica se asume que ambos herbicidas tienen acción de control sobre la maleza objetivo.

Rotando herbicidas con diferentes mecanismos de acción. La rotación de herbicidas con diferente mecanismo de acción año a año puede retrasar la resistencia. Sin embargo, esta técnica puede ser menos eficaz que el uso de mezclas en el estanque y/o las aplicaciones secuenciales en el mismo año, ya que parte la población sobrevivirá el año en la que se usa el otro herbicida con diferente mecanismo de acción (DIGGLE *et al.*, 2003; POWLES *et al.*, 1997).

Rotando cultivos. Puede retrasar la resistencia siempre y cuando los herbicidas usados tengan diferentes mecanismos de acción y los otros métodos de control difieran para cada cultivo (POWLES *et al.*, 1997).

Conteniendo la infestación resistente en cuanto aparezca. Una maleza resistente presenta la misma amenaza que una maleza nueva e invasora y al no ser controlada se favorece su diseminación. Las prácticas de control diferentes a la aplicación estándar del herbicida, como por ejemplo arrancar a mano y aplicar en manchas (forma localizada) con otros herbicidas ayudarán a eliminar las plantas que escaparon.

Otras prácticas. Las siguientes prácticas culturales también pueden hacer muy útiles para prevenir o atrasar la resistencia. Incluye el: uso de semilla certificada; limpieza de todo tipo de maquinaria agrícola, tanto de preparación del suelo como de cosecha, para evitar el transporte y dispersión de las semillas de malezas de un campo a otro; retraso en la siembra para que puedan emerger las malezas y poder controlarlas en una o más oportunidades, ya sea con herbicidas y/o mecánicamente; quema de rastrojo, donde sea recomendable y permitido, para reducir la viabilidad de las semillas de malezas existentes en el suelo.

Un resumen de los principales factores que afectan la evolución de resistencia de las malezas a los herbicidas, se incluyen en la Tabla 1.

Tabla 1. Prácticas agrícolas y su relación con los riesgos de desarrollo de resistencia a los herbicidas. Espinoza, N. Adaptado y traducido de HRAC. (Comité Acción de Resistencia a Herbicidas. 2002.

Prácticas Agrícolas	Riesgo de resistencia		
	Bajo	Moderado	Alto
Rotación de herbicidas o mezclas de herbicidas empleadas	Con más de 2 mecanismos de acción	Con 2 mecanismos de acción	Con 1 mecanismo de acción
Métodos de control de malezas utilizados	Cultural*, mecánico y químico	Cultural y químico	Solamente químico
Frecuencia de uso de herbicidas con el mismo mecanismo de acción por temporada	Una vez	Más de una vez	Varias veces
Rotación de cultivos utilizada	Rotación amplia	Rotación limitada	Monocultivo
Referencia sobre la resistencia a ese mecanismo de acción	Desconocida	Limitada	Frecuente
Nivel de infestación de malezas en los potreros o cultivos	Bajo	Moderado	Alto
Control en los últimos 3 años	Bueno	Disminuyendo	Deficiente

* El control cultural puede implicar labranza del suelo, quema de restos, cultivos competitivos, semilla certificada, etc.

Detección de malezas resistentes en el campo

Para verificar la presencia de malezas resistentes en campo, debe ponerse especial atención a las posibles fallas ocurridas durante la aplicación del herbicida, ya que normalmente tienen un patrón definido. Es lo que ocurre cuando no hay un cubrimiento completo del objetivo entre una pasada y la siguiente del equipo aspersor (Figura 1) o por la ausencia de traslape entre los abanicos de aspersión entre boquillas como consecuencia del atascamiento de las boquillas, barra porta boquillas demasiado baja o boquillas con un ángulo muy pequeño. Por otra parte, debe conocerse el espectro de control y la eficacia del herbicida, ya que el deficiente control podría deberse a que la maleza es tolerante. Si hay escapes, es importante observar si algunas plantas de la misma especie están afectadas y otras que están alrededor no. Cuando la resistencia esta comenzando es común encontrar entre plantas vecinas de la misma especie algunas severamente afectadas por el herbicida y otras no (Figura 2). La resistencia también puede manifestarse como la capacidad de rebrote de las plantas moderadamente

afectadas, por lo tanto, es importante que la visita al campo se haga en el momento oportuno.



Figura 1. Franja de avenilla en trigo debido a la falta de traslape durante la aplicación del herbicida



Figura 2. Plantas de ballicas sensible (color café) y resistente (color verde).

Herbicidas selectivos disponibles para controlar malezas gramíneas en trigo y otros cultivos clasificados según su mecanismo de acción

La rotación de herbicidas como estrategia para manejar la resistencia, se basa en que no deben usarse todos los años en el mismo campo o potrero, herbicidas con igual mecanismo de acción para controlar las mismas malezas. Por lo tanto, esta estrategia es altamente dependiente de que exista disponibilidad y diversidad de herbicidas para los agricultores. En Chile los herbicidas recomendados para controlar malezas gramíneas en trigo, cebada, avena, triticale, lupino y raps canola, agrupados según su mecanismo de acción, se indican en el Tabla 2. Esta clasificación es la propuesta por el HRAC (Herbicide Resistance Action Committee). Algunos herbicidas como los del grupo A (herbicidas ACCasa) controlan solamente malezas gramíneas, mientras que los herbicidas del grupo B (herbicidas ALS), grupo N (inhibidores de la síntesis de ácidos grasos, no ACCasa), grupo C₁ (inhibidores de la fotosíntesis en el fotosistema II), grupo C₂ (inhibidores de la fotosíntesis en el fotosistema II), grupo K₁ (inhibidores de la unión de los microtúbulos en la mitosis) y grupo K₃ (inhibidores de la división celular) controlan malezas gramíneas y de hoja ancha.

De acuerdo a la información contenida en la Tabla 2, en trigo hay más posibilidades de rotar herbicidas con diferentes mecanismos de acción para controlar malezas gramíneas que en el resto de los cereales, ya que en trigo hay seis grupos de herbicidas de los cuales elegir, mientras que en cebada y triticale hay cuatro grupos de herbicidas, y en avena sólo un grupo. Es importante señalar que, exceptuando los grupos A (ACCasa) y B (ALS) que corresponde a herbicidas pos-emergentes, el resto de los grupos (N, C₁, C₂, K₁ y K₃) corresponde a herbicidas pre-emergentes. Otro aspecto importante es que los grupos A y B están representados por numerosos herbicidas, por el contrario el grupo N por sólo prosulfocarb, el grupo C₁ por simazina, el grupo C₂ por diuron e isoproturon, el grupo K₁ por trifluralina y pendimetalina y el grupo K₃ por flufenacet. En avena, al contrario del resto de los cereales, no se recomiendan herbicidas del grupo

A y B o pos-emergentes, y el único herbicida recomendado con acción en malezas gramíneas es diuron del grupo C₂.

En cultivos de hoja ancha o dicotiledóneas como raps canola y lupino, hay dos y tres grupos de herbicidas disponibles, respectivamente (Tabla 2). Específicamente en raps canola pueden utilizarse herbicidas de los grupos A, K₁ y K₃. El grupo K₁ está representado por trifluralina, empleado de presembrado e incorporado en el suelo y de pre-emergencia, mientras que el grupo K₃ está representado por metazachlor, recomendado en pre y pos-emergencia temprano. En lupino pueden utilizarse herbicidas del grupo A y C₁. El grupo C₁ está representado por simazina recomendado en pre-emergencia.

En la zona sur, la resistencia de malezas gramíneas a los ACCasa es más generalizada a los herbicidas del grupo químico FOP que a los DIM y DEN. Por esta razón, la alternancia de herbicidas de grupos químicos distintos también podría ser una estrategia útil para prevenir o atrasar la resistencia. En la Tabla 3, se incluye la clasificación de los herbicidas ACCasa y ALS según su grupo químico.

Tabla 2. Herbicidas disponibles para controlar malezas gramíneas en trigo y otros cultivos extensivos agrupados según mecanismo de acción.

TRIGO	CEBADA	AVENA	TRITICALE	LUPINO	RAPS CANOLA
GRUPO A (ACCasa). Pos-emergentes					
diclofop metil clodinafop propargil pinoxaden	diclofop metil pinoxaden		diclofop metil	Clethodim fluazifop-p-butil haloxyfop metil propaquizafop quizalofop-p-etil trepaloxydim	clethodim fluazifop-p-butil haloxyfop metil propaquizafop quizalofop-p-etil trepaloxydim
GRUPO B (ALS). Pos-emergentes					
idosulfuron metil-Na idosulfuron metil-Na+ mesosulfuron metil flucarbazono sódico imazamox + imazapyr pyroxulam	idosulfuron metil-Na		idosulfuron metil-Na idosulfuron metil-Na+ mesosulfuron metil		
GRUPO N (Pre-emergentes)					
prosulfocarb prosulfocarb+(metribuzina, C ₁)	prosulfocarb				
GRUPO C₁ (Pre-emergentes)					
				simazina	
GRUPO C₂ (Pre-emergentes)					
diuron isoproturon	diuron	diuron			
GRUPO K₁ (Pre-emergentes)					
trifluralina (pre) pendimetalina			trifluralina (pre) pendimetalina		trifluralina (pre y psi)
GRUPO K₃ (Pre-emergentes)					
flufenacet+(metribuzina, C ₁)			flufenacet+(metribuzina, C ₁)		metazachlor (pos)

pre: recomendado en pre-emergencia; pos: recomendado en pos-emergencia; psi: recomendado en pre-siembra e incorporado en el suelo.

Tabla 3. Clasificación de los herbicidas ACCasa y ALS según grupo químico.

Mecanismo de Acción	Grupo químico	Nombre común	Nombre comercial	Cultivo	
ACCasa	FOP	Clodinafop-propargil	Topik 240 EC	Trigo	
		Clodinafop-propargil	Hummer 240 EC	Trigso, cebada	
		Diclofop-metil	Cascabel 28 EC	Trigo, cebada	
		Diclofop-metil	Iloxan 28 EC	Trigo, cebada	
		Fluazifop -p-butil	Hache Uno 2000 175 EC	Canola, lupino	
		Haloxifop-metil	Galant Plus	Canol, lupino	
		Propaquizafop	Agil 100 EC	Canola, lupino	
	DIM		Clethodim	Centurión 240 EC	Canola, lupino
			Clethodim	Centurión Super	Canola, lupino
			Tepraloxymid	Aramo	Canola, lupino
DEN		Pinoxaden	Axial 050 EC	Trigo	
ALS	SU	Iodosulfuron metil-Na	Hussar 20 WG	Trigo, cebada, triticale	
		Iodosulfuron metil-Na	Ovassion 5.26 WP	Trigo, cebada, triticale	
		Iodosulfuron metil-Na+ mesosulfuron metil	Cossack 150 WG	Trigo, triticale	
	SCT	Flucarbazone	Vulcano 70% WG	Trigo	
		Flucarbazone	Everest	Trigo	
	IMI		Imazamox + Imazapyr	Eurolightning	Trigo, raps clearfield
	TP		Pyroxulam	Admitt	Trigo, cebada

FOP: ariloxifenoxipropionatos; DIM: ciclohexanodionas; DEN: fenilpirazolines; SU: sulfonilureas; SCT: sulfonil-aminocarbonil-triazolinona; IMI: imidazolinonas; TP: triazolopirimidinas.

Eficacia y espectro de control de malezas gramíneas de los herbicidas disponibles

Un aspecto que conviene destacar es que en un mismo grupo de herbicidas, por ejemplo ACCasa (igual mecanismo de acción) o entre grupos de herbicidas, por ejemplo ACCasa y ALS (diferente mecanismo de acción), pueden existir diferencias importantes en el número de especies de malezas gramíneas que controlan (espectro de control) y en el nivel de control de cada una (eficacia). Por otra parte, estas diferencias también pueden darse entre los herbicidas pre-emergentes o aplicados al suelo antes de la emergencia de las malezas y los cultivos.

Herbicidas ACCasa y ALS. Se observa que todos los herbicidas ACCasa controlan eficazmente la avenilla y ballica, y la mayoría controla eficazmente cola de zorro y tembladerilla (Tabla 4). Por otra parte, la mayoría de los herbicidas ACCasa no controlan vulpia. Respecto a los ALS (Tabla 5), todos controlan eficazmente avenilla y ballica, sin embargo, sólo algunos herbicidas controlan eficazmente cola de zorro y vulpia.

Tabla 4. Eficacia de algunos herbicidas ACCasa en distintas malezas gramíneas.

Maleza gramínea	Herbicidas ACCasa							
	FOP					DIM		DEN
	clod	dicl	flua	halo	prop	clet	tepr	pino
Avenilla	S	S	S	S	S	S	S	S
Ballica	MS-S	S	S	S	S	S	S	S
Cola zorro	S	T	S	S	S	S	S	T
Vulpia	T	T	T	T	T	MSS	MS-S	T
Tembladerilla	T	MS	S	S	S	S	S	MS-S

clod: clodinafop; dicl: diclofop; flua: fluazifop; halo: haloxyfop; prop: propaquizafop; clet: clethodim; depr: tepraloxymid; pino: pinoxaden; FOP: ariloxifenoxipropionatos; DIM: ciclohexanodionas; DEN: fenilpirazolines.

S = susceptible, 91 a 100% control.

MS = moderadamente susceptible, 71 a 90% de control.

MT = moderadamente tolerante, 50 a 70% de control.

T = tolerante, control inferior a 50% o sin control.

Tabla 5. Eficacia de algunos herbicidas ALS en distintas malezas gramíneas.

Maleza gramínea	Herbicidas ALS				
	SU		ST	IMI	TP
	iodo	iodo+meso	flua	imaz+imar	pyro
Avenilla	MS-S	S	S	S	S
Ballica	S	S	MS-S	S	S
Cola zorro	T	T-MT	MS-S	MS-S	MS-S
Vulpia	T-MT	MS-S	MT	S	MT-MS
Tembladerilla	MS	S	MT-MS	S	MS

iodo: iodosulfuron; iodo+meso: iodosulfuron+mesosulfuron; flua: flucarbazone; imaz+imar: imazamox+imazapyr; pyr: pyroxulam; SU: sulfonilureas; ST: sulfonil-aminocarbonil-triazolinona IMI: imidazolinonas; TP: triazolopirimidinas.

S = susceptible, 91 a 100% control.

MS = moderadamente susceptible, 71 a 90% de control.

MT = moderadamente tolerante, 50 a 70% de control.

T = tolerante, control inferior a 50% o sin control.

Herbicidas pre-emergentes. Ninguno de los herbicidas pre-emergentes controla satisfactoriamente avenilla, excepto matazachlor, el cual es recomendado en raps canola. Por el contrario, la mayoría de los herbicidas pre-emergentes se destacan por su alta eficacia en ballica, cola de zorro y vulpia (Tabla 6). Es una excepción el herbicida diuron, cuya eficacia en ballica y cola de zorro es baja.

Tabla 6. Eficacia de algunos herbicidas pre-emergentes en distintas malezas gramíneas.

Maleza gramínea	Herbicidas pre-emergentes								
	diur	isop	fluf+metr	meta	pend	pros	pros+meto	sima	trif
Avenilla	T	T	T	MT-MS	T	T	T	T	T
Ballica	T-MT	S	MS	S	MT-MS	MS	MS-S	MT-MS	MS-S
Cola zorro	T-MT	S	MS	S	MT-MS	S	S	MT-T	MT-MS
Vulpia	MT-MS	S	S	S	MS-S	S	S	MS-S	MS-S

diur: diuron; isop: isoproturon; fluf+metr: flufenacet+metribuzina; meta: metazaclor; pend: pendimetalina; pros: prosulfocarb; pros+meto: prosulfocarb+metolacloro; sima: simazina; trif: trifluralina.

S = susceptible, 91 a 100% control.

MS = moderadamente susceptible, 71 a 90% de control.

MT = moderadamente tolerante, 50 a 70% de control.

T = tolerante, control inferior a 50% o sin control.

Estrategias de manejo de los biotipos resistentes a glifosato

En el sur de Chile, la única especie de maleza en que se ha confirmado resistencia a glifosato es ballica (*L. multiflorum*). La resistencia de ballica a glifosato está significando el uso de otros herbicidas previo a la siembra para controlar las plantas resistentes, además de glifosato, lo que implica un aumento de los costos del control de malezas. En la zona sur, normalmente las plantas de ballica maduran antes que la de los cultivos de cereales, por lo que gran parte de las semillas provenientes de las plantas que no son controladas caen al suelo y permanecen en la superficie durante el verano y otoño (aproximadamente tres meses), para comenzar a germinar con las primeras lluvias de otoño. Por lo tanto, antes, durante o después de la germinación de las semillas de ballica sensibles y resistentes a glifosato, se pueden realizar diversas prácticas de control mecánico o químico, las que en su mayoría están siendo adoptadas por los agricultores.

Antes de la siembra

Uso de glifosato. Por las características de glifosato y el amplio uso de la labranza cero, aún existiendo resistencia de ballica a este herbicida, su aplicación antes de la siembra es una práctica obligada para poder controlar las plantas de ballica sensibles y otras especies de malezas.

Uso de clethodim y tepraloxymid. A la fecha, los biotipos de ballica resistentes a glifosato son sensibles a los herbicidas ACCasa clethodim y tepraloxymid. Esto ha significado que en campos con resistencia a glifosato clethodim y tepraloxymid sean usados en barbecho químico y principalmente en mezcla de estanque con glifosato. El uso de clethodim y tepraloxymid permite controlar las plantas resistentes a glifosato y decrecer la evolución de resistencia a él.

Uso de paraquat. Los biotipos de ballica resistentes a glifosato son sensibles a paraquat. Sin embargo, por tratarse de un producto de contacto las plantas de ballica deben quedar

bien mojadas con el producto y ser tratadas preferentemente antes del estado de macolla, de lo contrario el control de las plantas no es total.

El grupo de trabajo para la continuidad de glifosato de Australia (GSWG) recomienda la rotación de glifosato y paraquat antes de la siembra de los cultivos o el uso de la técnica del doble golpe, es decir, la aplicación en secuencia de glifosato primero y paraquat después, durante la misma temporada. Lo anterior ha permitido controlar eficazmente malezas resistentes a glifosato en Australia y a otros herbicidas comúnmente utilizados (WEERSINK *et al.*, 2005).

Retraso en la siembra. El retraso en la fecha de siembra hace posible que exista más tiempo para la emergencia de plantas de ballica resistentes y poder controlar más de una vez, ya sea con herbicidas y/o mecánicamente.

Cultivación el suelo. Permite una mayor y más rápida emergencia de las malezas y por lo tanto, aumenta la posibilidad de poder controlarlas antes de la siembra.

Después de la siembra

Herbicidas pre-emergentes. En los últimos años, este tipo de herbicidas ha tenido una amplia aceptación entre los agricultores. Los resultados de trabajos recientes indican que todos los herbicidas pre-emergentes recomendados en trigo y otros cultivos extensivos y, que naturalmente poseen acción de control de *Lolium*, pueden controlar los biotipos resistentes a glifosato (Tabla 7). En esta investigación, se utilizaron los biotipos de *L. multiflorum* resistentes a glifosato LM-30, LM-33 y LM-45 y diversos herbicidas pre-emergentes recomendados en trigo, tales como diuron, isoproturon, flufenacet+metribuzina y prosulfocarb, cada uno aplicado en la dosis técnica y en otra dosis un 50% más alta. Se encontró que todos los herbicidas disminuyeron significativamente el peso verde de la parte aérea de los diferentes biotipos de ballica en relación al tratamiento testigo sin herbicida, exceptuando diuron. El deficiente control de los biotipos con diuron, no debería atribuirse a resistencia, ya que también controló deficiientemente el biotipo sensible incluido como referencia.

Tabla 7. Disminución (%) del peso verde de los biotipos LM-30, LM-33 y LM-45 con herbicidas aplicados en pre-emergencia en la dosis técnica y otra dosis un 50% mayor.

Biotipo de ballica	Diuron		Isoproturon		Flufenacet + Metribuzina		Prosulfocarb	
	1.000 g ha ⁻¹	1.500 g ha ⁻¹	2.000 g ha ⁻¹	3.000 g ha ⁻¹	120+88 g ha ⁻¹	180+132 g ha ⁻¹	4.000 g ha ⁻¹	6.000 g ha ⁻¹
Sensible	29	28	100	96	72	85	79	76
LM-30	4	30	100	100	80	90	69	65
LM-33	15	33	96	100	64	96	74	76
LM-45	24	74	99	100	81	89	87	92

Agradecimientos

Parte de los trabajos realizados fueron financiados por el Proyecto FONDEF D04i1022.

Bibliografía

BECKIE, H.J.; GILL, G.S. (2006). Strategies for managing herbicide-resistant weeds. In H. P. Singh, D. R. Batish, and R. K. Kohli, eds. Handbook of Sustainable Weed Management. Binghamton, NY: The Haworth Press, Inc. In press.

BOSQUE, J.L.; RECASENS, J.; PLANES, J.; TABERNER, A. (2002). La resistencia a herbicidas en poblaciones de vallico (*Lolium rigidum*) I: tipología y distribución. Phytoma España (143):46-51.

DIGGLE, A.J.; NEVE, P.B.; SMITH, F.P. (2003). Herbicides used in combination can reduce the probability of herbicide resistance in finite weed populations. Weed Res. 43:371–382.

ESPINOZA, N. (2002). Avances en control de malezas en trigo. Boletín INIA N° 83.

ESPINOZA, N.; DÍAZ, J. (2005). Situación de la resistencia de malezas a herbicidas en cultivos anuales en Chile. Seminario-Taller Iberoamericano. Resistencia a Herbicidas y Cultivos Transgénicos. Colonia del Sacramento. Uruguay, 72-82.

ESPINOZA, N.; DÍAZ, J.; GALDAMES, R.; DE PRADO, R.; RODRÍGUEZ, C.; RUIZ, E. (2008). Resistencia múltiple a glifosato, ACCasa y ALS en biotipos de *Lolium* chilenos. En XVIII Congreso Latinoamericano de Malezas. XXVI Congreso Brasileiro da Ciencia das Plantas Daninhas. Ouro Preto, MG, Brasil.

GRESSEL, J.; SEGEL, LA. (1990). Modelling the effectiveness of herbicide rotations and mixtures as strategies to delay or preclude resistance. Weed Technology 4, 186–198.

HEAP I. (2009). The international survey of herbicide resistant weeds. URL <http://www.weedscience.org>. (accessed on October 10, 2009).

JASIENIUK, M.; BRÛLÉ-BABEL, AL.; MORRISON, IN.; (1996). The evolution and genetics of herbicide resistance in weeds. Weed Sci. 44:176-193.

LLEWELLYN, R.S.; LINDNER, R.K.; PANNELL, D.J.; POWLES. S.B. (2002). Resistance and the herbicide resource: perceptions of Western Australian grain growers. Crop Prot. 21:1067–1075.

MALLORY-SMITH C., THILL, D.; DIAL, M. (1990). Identification of sulfonylurea herbicide-resistant prickly lettuce (*Lactuca serriola*). Weed Technology 4:163

ORSON, J.H. (1999). The cost to the farmer of herbicide resistance. Weed Technol. 13:607–611.

OWEN, M.D.K. (2001). Importance of weed population shifts and herbicide resistance in the Midwest USA corn belt. Proc. Brighton Crop Prot. Conf.—Weeds. Farnham, UK: British Crop Protection Council. Pp. 407–412.

PETERSON, D.E. (1999). The impact of herbicide-resistant weeds on Kansas agriculture. *Weed Technol.* 13:632–635.

POWLES, S., PRESTON, I., BRYAN, A. JUTSUM, R. (1997). Herbicide resistance: Impact and management. *Adv. Agron* 58: 57-93.

ROTTEVEEL, T.J.W.; DE GOEIJ, J.W.F.M.; VAN GEMERDEN, A.F. (1997). Towards the construction of a resistance risk evaluation scheme. *Pestic. Sci.* 51: 407–411.

WEERSINK, A., LLEWELLYN, R.S.; PANNELL, D.J. (2005). Economics of preemptive management to avoid weed resistance to glyphosate in Australia. *Crop Prot.* 24:659–665.