

3 C.17 - DINAMICA AMBIENTAL DE PENOXSUMAM Y MOLINATE UTILIZADOS EN ARROZ PADDY EN CHILE

M. Kogan, P. Gómez, M. Araya, C. Alister,
Centro de Investigación Agrícola y Ambiental (CIAA), Universidad de Viña del Mar, Chile.
mkogan@uvm.cl

Resumen: Durante dos años consecutivos se estudió la dinámica de penoxsulam y molinate en agua y sedimento. Doce días después de la siembra del arroz ambos herbicidas fueron aplicados sobre el agua en dosis de 50,4 y 4.482 g ha⁻¹, respectivamente. La salida del agua desde los cuadros experimentales fue cerrada posterior a la aplicación, manteniendo una altura de agua de 12 cm. Al momento de la aplicación se tomaron muestras de agua, 1, 2, 4 y 6 horas después de aplicación, y a los 2, 4, 8, 16, 32 y 72 días después de aplicación (DDA) en el agua y sedimentos. Las muestras fueron analizadas utilizando HPLC-DAD. Durante las dos temporadas la disipación en el agua de ambos herbicidas fue rápida, así entre 25 y 40 % de la concentración inicial se disipó durante las 6 horas post aplicación, presentando vidas medias de 1,8 y 3,3 días para penoxsulam, y de 1,2 y 1,7 días para molinate, durante el 2007 y 2008, respectivamente. Ambos herbicidas fueron detectados en el sedimento entre los 2 y 32 DDA, y en niveles máximos de 4 y 340 µg kg⁻¹ para penoxsulam y molinate, respectivamente. Penoxsulam y molinate fueron detectados en el agua hasta 8 DDA en concentraciones de 5,9 y 30 µg kg⁻¹, respectivamente, durante el 2007, y 16 DDA en una concentración de 0,49 µg kg⁻¹ y 32 DDA en niveles de 18 µg kg⁻¹, durante el 2008.

Palabras clave: Disipación, herbicidas, agua, sedimento, residuos

INTRODUCCION

En Chile el cultivo del arroz se realiza bajo el sistema de inundación artificial permanente. Desafortunadamente, la mayor parte de los campos no se encuentran nivelados por cuanto el manejo del agua es inadecuado, facilitando el establecimiento de las malezas. Bajo estas condiciones las malezas acuáticas encuentran condiciones favorables, siendo las más problemáticas las pertenecientes a la familias Alismataceae (*Alisma plantago-aquatica*), Cyperaceae (*Cyperus difformis* and *Schoenoplectus mucronatus*) y Poaceae (*Echinochloa spp*).

El desarrollo de las malezas resistentes a los herbicidas inhibidores de actividad acetolactato sintasa (Figueroa *et al.*, 2008) ha incrementado la carga ambiental de herbicidas. Por esto el riesgo de contaminación de aguas superficiales es alto, sin embargo, en Chile este aspecto no ha sido aún abordado, siendo un tema de discusión en otros países (CALIFORNIA RICE COMISIÓN, 2005; VARCA, 2002; KARPOUZAS and CAPRI, 2004; SCARPONI *et al.*, 2005). Son muchos los herbicidas recomendados para el control de malezas en arroz inundado (KOGAN and ALISTER, 2008), que difieren en sus características físico-químicas, y por ende en sus interacciones (sedimento-agua). Es por esto que se establecieron trabajos experimentales con la finalidad de estudiar la dinámica de dos de los principales herbicidas utilizados en arroz.

MATERIALES Y METODOS



Los estudios de campo fueron establecidos en Parral, VII Región Chile (71° 58' latitud Sur y 35° 45' longitud Oeste). En el área de estudio (Tabla 1) se construyeron cuatro cuadros experimentales (5 m-largo y 4 m-ancho) para cada herbicida. Una vez preparados los cuadros experimentales fueron inundados con una lámina de agua de 12 cm de profundidad. El arroz (variedad Diamante), fue pregerminado por 48 h y luego sembrado en una dosis de 140 kg ha⁻¹.

Los herbicidas penoxsulam (Ricer) y Molinate (Molirox)(Tabla 2), fueron aplicados en sus dosis comerciales equivalente a 50,4 y 4480 g ia ha⁻¹, respectivamente, 30 días después de siembra, mediante una bomba de espalda, equipada con cuatro boquillas antidreiva a una presión de 300 kPa calibrada a 144 L ha⁻¹. Durante todo el estudio el agua de los cuadros experimentales no fue drenada, y se mantuvo al nivel inicial (12 cm de profundidad), siendo monitoreada permanentemente con la finalidad de determinar la posible presencia de los herbicidas en estudio en el agua que ingresaba a los cuadros.

Una vez aplicados los herbicidas se tomaron muestras de agua a los tiempos 0, 1, 2, 4 y 6 horas después de aplicación, con la finalidad de estudiar la volatilización, y 2, 4, 8, 16, 32 y 72 días después de aplicación, al agua y sedimento. Las muestras fueron mantenidas en frío en el campo (4 °C), y luego congeladas (-19 °C), hasta su análisis mediante HPLC con detector de DAD (para penoxsulam) y Fluorescencia (para molinate). Con los datos obtenidos se construyeron curvas de disipación en el agua y sedimento para determinar los valores de TD₅₀ y TD₉₀, tiempo (días) necesarios para alcanzar el 50% y 90% de la disipación del compuesto. Además se determinó para cada herbicida el coeficiente de adsorción y la desorción mediante un estudio de "batch". Todos estos coeficientes ambientales fueron analizados con el programa SAS.

Tabla 1. Análisis de suelo del área experimental Parral, VII región.

Profundidad cm	pH	CIC meq 100 g ⁻¹	MO	Arena	Limo	Arcilla
			%			
0-15	5,73	22,9	2,41	21,2	36,6	42,2
15-30	6,22	19,1	1,28	29,2	34,6	36,2
30-45	7,52	43,1	0,95	13,9	19,9	66,2
45-60	8,12	41,7	0,80	21,9	17,9	60,2

Tabla 2. Propiedades físico-químicas de los herbicidas en estudio.

Compuesto	Solubilidad en agua (mg L ⁻¹)	K _{ow}	Presión de Vapor (mPa)	Constante de Henry (Pa m ³ mol ⁻¹)	Koc (mL g ⁻¹)
Penoxsulam	408	-0,354	2,49x10 ⁻¹¹	2,44	300-100
Molinate	1100	2,86	500	6,87x10 ⁻¹	50-90

* Fuente: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/>

RESULTADOS Y DISCUSION

Durante la temporada 2008/2009, la disipación de penoxsulam y molinate, desde el agua, fue más rápida en comparación al 2007/2008, y el porcentaje remanente a las 6 horas, fue similar durante las dos temporadas, siendo de aproximadamente un 70% durante el 2007 y un 60% el 2008 (Figura 1). Aunque penoxsulam es menos volátil que molinate, presentaron tasas de pérdida en las primeras 6 horas similares, siendo molinate más volátil que penoxsulam (Tabla 2). Sin embargo esta contradicción estaría, en cierto grado explicada por la mayor solubilidad de molinate, lo que hace que la transferencia desde el líquido a la fase gaseosa sea menor, reflejado en el valor de la constante de Henry. Por otra parte, se estaría observando que en el proceso de volatilización observado en campo estarían actuando otros factores aún no determinados.

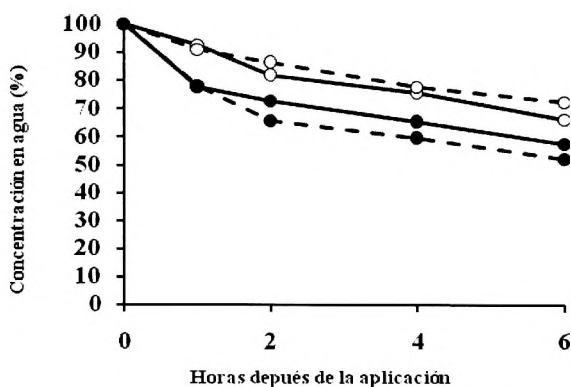


Figura 1. Concentración de penoxsulam (línea continua) y molinate (línea segmentada) (expresado como porcentaje de la cantidad aplicada a tiempo 0) en la lámina de agua en las temporadas 2007-08 (símbolos blancos) y 2008-09 (símbolos negros)".

Con relación a la detección de estos dos herbicidas en el sedimento, se pudo observar que el punto de máxima concentración ocurrió a los 4 días después de aplicación, la cual se realizó sobre el agua. A partir de ese momento comienza una disipación de los herbicidas, desde el sedimento, la cual en comparación a la que ocurrió en el agua, sería mucho más lenta, como se puede ver en la Tabla 3. Los valores de TD_{90} en sedimento fueron aproximadamente 3 a 10 veces mayores que los observados en el agua, lo cual no se relacionó significativamente con los valores de adsorción (K_d) determinados para estos compuestos (Daniels *et al.*, 1998). El K_d determinado para penoxsulam fue de $11,87 \text{ mL g}^{-1}$ con una desorción de un 41%, y para molinate se determinó un K_d de 2,4 y una desorción de un 75%.

El período de tiempo en el cuál se detectaron ambos herbicidas osciló entre los 2 y 32 días después de aplicación, con una concentración máxima de 4 y $340 \mu\text{g kg}^{-1}$ para penoxsulam y molinate, respectivamente, y fueron detectados en el agua hasta los 8 DDA en concentraciones de 5,9 y $30 \mu\text{g kg}^{-1}$, respectivamente, durante la temporada 2007/2008. Durante el 2008/2009 ambos herbicidas fueron detectados por mayor tiempo, llegando hasta los 16 y 32 DDA, con concentraciones de $0,49 \mu\text{g kg}^{-1}$ y $18 \mu\text{g kg}^{-1}$ para penoxsulam y molinate, respectivamente.

La variación observada en la disipación de ambos compuestos desde el sedimento, podría estar afectada por la temperatura de este (Starner *et al.*, 1999). Así, durante la temporada 2008/2009, en la cuál los valores de TD_{50} y TD_{90} en el sedimento fueron menores, coincide con mayores temperaturas en el sedimento desde un comienzo. Sin embargo, esta relación no se observa en el caso de la disipación de los herbicidas desde el agua.

Tabla 3. Valores de TD_{50} y TD_{90} (días) para los dos herbicidas durante las dos temporadas de estudio bajo las condiciones climáticas del área experimental en Parral, VII Región.

Temporada	Penoxsulam				Molinate			
	Agua		Sedimento		Agua		Sedimento	
	TD_{50}	TD_{90}	TD_{50}	TD_{90}	TD_{50}	TD_{90}	TD_{50}	TD_{90}
2007-2008	1,80	5,69	18,62	59,02	1,27	4,02	12,49	39,61
2008-2009	3,35	10,61	10,76	34,10	1,77	5,61	9,87	31,23

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados durante las dos temporadas es importante indicar que el manejo actual que se está haciendo del agua no estaría asegurando un manejo ambientalmente seguro. Normalmente, el manejo del agua en el arroz inundado en Chile permite que el agua de los cuadros fluya libremente desde un cuadro a otro, para luego salir del campo, aproximadamente 48 a 72 horas

después de aplicación de los herbicidas. Así, de acuerdo a los resultados, es claro que los herbicidas, al ser liberados en forma anticipada estaría provocando dos problemas. En primer término, en el caso de herbicidas que son absorbidos por raíces (molinate y penoxsulam) existiría el riesgo de perder eficacia por no mantener la lámina de agua por mayor tiempo cambiando de un cuadro a otro. En segundo término, al liberar anticipadamente el agua de los cuadros resultará en que el transporte de herbicidas fuera del arrozal producirá un potencial de contaminación de los recursos hídricos del área.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto es financiado por el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología del gobierno de Chile, proyecto FONDECYT N° 1070069.

BIBLIOGRAFIA

- CALIFORNIA RICE COMISIÓN, (2005), URL: <http://www.calrice.org>.
- DANIELS, W.; HOUSE, W.; ZHMUD, B.; RAE, J.; PARKER, A. (1998). Diffusive movement of simazine and lindane in river-bed sediments. *Pest Manag Sci.* 54: 211-222.
- FIGUEROA, R.; GBAHUER, M.; FISCHER, A.; KOGAN, M. (2008). Resistance to bensulfuron-methyl in waterplantain (*Alisma Plantago-aquatica*) populations from Chilean paddy fields. *Weed Tech.* 22: 600-606.
- KARPOUZAS, D.; CAPRI, E. (2004). Higher tier risk assessment for pesticides applied in rice paddies: filling the gap at european level. *Outlooks on Pest Management* 13: 36-41.
- KOGAN, M.; ALISTER, C. (2008). Manejo de malezas y dinámica ambiental de los herbicidas utilizados en el arroz. *Agroeconómico* 109: 26-31.
- SCARPONI, L.; DEL BUONO, D.; VISCHETTI, C. (2005). Effect of pretilachlor and fenclorim on carbohydrate and protein formation in relation to their persistence in rice. *Pest Manag Sci.* 61: 371-376.
- STARNER, K.; KUIVILA, K.; JENNINGS, B.; MOON, E. (1999). Degradation Rates of Six Pesticides in Water from the Sacramento River, California. U.S. Geological Survey Toxic Substances Hydrology Program--*Proceedings of the Technical Meeting*, Charleston, South Carolina, March 8-12. Vol 2.
- VARCA, L. (2002). Impact of agrochemicals on soil and water quality. Pesticide Toxicology and Chemistry Laboratory National Crop Protection Center, University of the Philippines. URL: <http://www.ffc.org>

Summary: Penoxsulam and molinate environmental dynamic under paddy rice conditions in Chile. During two consecutive years' penoxsulam and molinate water and sediment dynamics was studied. Twelve days after rice water seeding, both herbicides were applied into the water at 50.4 and 4,482 g ha⁻¹, respectively. After herbicide applications water was hold in the plots without draining (12 cm depth). Water samples were taken from the experimental levis just after application, 1, 2, 4 and 6 h after application, and water and sediment at 2, 4, 8, 16, 32 and 72 days after application (DAA). All samples were analyzed by HPLC-DAD. Water dissipation of herbicides was 25 to 40% of the applied amount 6 h after application, showing half lives values of 1.8 and 3.3 ds for penoxsulam and 1.2 and 1.7 ds for molinate, during 2007 and 2008, respectively. Both herbicides were detected in sediment from 2 to 32 DAA, at maximum of 4 and 340 µg kg⁻¹ for penoxsulam and molinate, respectively. During 2007, penoxsulam and molinate were detected in the water up to 8 DAA at concentrations of 5.9 and 30 µg kg⁻¹, respectively. During 2008, penoxsulam was detected up to 16 DAA at 0.49 µg kg⁻¹ and molinate up to 32 DAA at 18 µg kg⁻¹. (Supported by FONDECYT 1070069)

Keywords: Dissipation, herbicides, water, sediment, residues.