

INTERACCION DE RESIDUOS EDAFICOS DE HERBICIDAS RESIDUALES ALS MEDIANTE LA REALIZACION DE BIOENSAYOS

Martín A. Principiano¹, Horacio Acciaresi²

Palabras clave: bioensayo, apilamiento, residualidad, fitotoxicidad

Las aplicaciones secuenciales en el tiempo de herbicidas residuales inhibidores de ALS pueden dar lugar a interacciones de los residuos existentes en el suelo. En este contexto, dada la escasa información sobre el efecto de la aplicación secuencial de herbicidas residuales ALS en el NO bonaerense, resulta importante determinar si la presencia de residuos de herbicidas residuales del grupo de los ALS genera interacciones aditivas, sinérgicas o antagónicas que pudieran potenciar la residualidad sobre cultivos sensibles que continúan en la rotación, de cara a racionalizar su uso y el impacto ambiental.

INTRODUCCION

Los herbicidas inhibidores de la síntesis de aminoácidos (inhibidores de la enzima sintetasa del ácido acetoláctico, ALS) son ampliamente utilizados en los sistemas productivos de nuestra región ya que poseen prolongada persistencia en el suelo y un amplio espectro de control de malezas gramíneas y latifoliadas (Vencil, 2002).

Un aspecto que cobra cada vez más importancia, es la acumulación o apilamiento ("stacking") de herbicidas en el suelo por el uso continuado y repetido de los mismos que paulatinamente van incrementando los problemas de persistencia que pueden resultar en fitotoxicidad aditiva o sinérgica sobre los cultivos de la rotación (Johnson y otros, 2005).

Estas interacciones pueden ser puestas de manifiesto mediante estudios en condiciones controladas con especies sensibles (bioensayo) o experimentos en campo con cultivos sensibles. Los bioensayos son una alternativa a los estudios en campo debido a que se pueden detectar bajas concentraciones del herbicida residual y sus resultados se encuentran disponibles en un período corto de tiempo respecto a los experimentos en campo (Riddle y otros, 2013). Así, los bioensayos han sido utilizados para detectar diferentes residuos de herbicidas en el suelo, especialmente del grupo de los ALS (Geisel y otros, 2008).

Existen estudios que dan cuenta de estos efectos interactivos de herbicidas residuales. Así, Mo-

yer y Hamman (2001), informaron que residuos de ingrediente activo de sulfosulfurón combinado con imazetapir o metsulfurón o triasulfurón resultaron en efectos aditivos en remolacha azucarrera. Estudios realizados por Geisel y otros (2008), sobre la base de análisis de bioensayos, encuentran interacciones aditivas en la longitud de raíz de mostaza para las combinaciones de residuos de herbicidas resultantes de la aplicación en forma secuencial de herbicidas ALS en tres tipos de suelos.

El objetivo de este trabajo, por lo tanto, fue determinar mediante la realización de bioensayos, si la presencia de residuos de herbicidas residuales ALS genera efectos fitotóxicos interactivos aditivos, sinérgicos o antagónicos que potencien la residualidad sobre los cultivos de la rotación.

MATERIALES Y METODOS

El suelo sobre el cual se realizó el experimento es un argiudol vértico, serie Ramallo, de textura franco limosa (arcilla 22,7%, limo 64,8%, arena 12,5%) con un contenido medio de materia orgánica de 2,93%, 6,2 de pH, CIC 21,1 (m.e. /100 g) y con una pendiente menor a 1%, ubicado en el partido de San Nicolás (33° 33'S; 60° 16'O).

El diseño del experimento fue en bloques completos al azar con ocho tratamientos (variantes de herbicidas) y tres repeticiones con parcelas de 70 m² en un lote cuyo antecesor fue soja.

1- CIC-UNNOBA. m.principiano@hotmail.com

2- Investigador EEA INTA Pergamino – Grupo Protección Vegetal-Malezas. CIC. acciaresi.horacio@inta.gob.ar

Tabla 1. Esquema de tratamientos de herbicidas residuales aplicados los días 27/8 y 16/9 de 2017 en un suelo Serie Ramallo del partido de San Nicolás. Met: metsulfurón; Imaz: imazetapir; Diclo: diclosulam; Clori: clorimurón. Conc.: concentración del activo en porcentaje.

Tratamiento	27/8			16/9		
	Herbicida	Conc. (%)	Dosis (cc o g.ha ⁻¹)	Herbicida	Conc. (%)	Dosis (cc o g.ha ⁻¹)
1	Control sin herbicidas residuales					
2	Met	60	10	-	-	-
3	Met	60	10	Imaz	10	1000
4	Met	60	10	Diclo	84	30
5	Met	60	10	Clori	25	80
6	-	-	-	Imaz	10	1000
7	-	-	-	Diclo	84	30
8	-	-	-	Clori	25	80

La primera aplicación de herbicidas se realizó el 27 de agosto. Veinte días después de la primera aplicación, se procedió a una segunda el 16 de septiembre. El detalle de los tratamientos figura en la tabla 1.

Para la realización de los bioensayos se tomaron muestras de cada una de las parcelas de campo que tenían los tratamientos previamente descritos. Los muestreos fueron realizados a los 10, 40, 80 y 120 días desde la aplicación (DDA) de los herbicidas en el momento 2.

La recolección del suelo se realizó mediante un calador de suelo hasta 20 cm de profundidad realizando 10 muestras al azar por parcela, en el momento que correspondió (de acuerdo a los DDA planificados). Las muestras fueron colocadas en freezer (-18 °C) hasta su procesamiento. El suelo se tamizó, homogeneizó y se colocó en contenedores plásticos de 0,2 litros de capacidad. En cada contenedor se colocaron tres semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) que luego se ralearon a una planta por contenedor. En el estado de dos hojas desplegadas (en el control) se tomaron determinaciones de la longitud de raíz principal (LRP) (cm), materia seca aérea (MSA) (g) y materia seca radical (MSR) (g).

Los bioensayos fueron conducidos en cámara de crecimiento bajo condiciones controladas: 12 horas de luz y una alternancia de temperatura nocturna de 18 °C y diurna de 25 °C. La humedad se mantuvo cercana a capacidad de campo.

A los efectos de determinar si los residuos de herbicidas interactúan entre sí cuando son aplicados en forma secuencial en el campo, se tuvo en cuenta el crecimiento relativo causado por la combinación de dos herbicidas residuales secuencia-

les ALS de acuerdo a la metodología propuesta por Colby (1967).

$$E(\%) = (X \cdot Y) / 100$$

Donde

E: crecimiento esperado (porcentaje respecto del control sin herbicidas) causado por dos herbicidas combinados;

X: crecimiento relativo (porcentaje respecto del control sin herbicidas), causado por el herbicida A;

Y: crecimiento relativo (porcentaje respecto del control sin herbicidas), causado por el herbicida B.

Se determinaron interacciones de tipo aditivas, sinérgicas o antagónicas de dos herbicidas entre los valores de longitud de raíz (cm), MSR (g) y MSA (g) de girasol observados en los bioensayos y los valores calculados con la metodología propuesta por Colby (1967). Si el porcentaje observado de longitud de raíz (cm), MSR (g) y MSA (g) respecto al control sin herbicida fue menor que el relativo, la interacción fue considerada sinérgica. Si el porcentaje observado de longitud de raíz (cm), MSR (g) y MSA (g) fue equivalente al relativo, la interacción fue considerada aditiva. Finalmente, si el porcentaje de longitud de raíz (cm), MSR (g) y MSA (g) observado fue mayor al relativo, la interacción fue considerada antagónica.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados a través de un análisis de la varianza (ANOVA), mediante el programa *Infostat*. Las medias de los tratamientos fueron separadas usando una prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos indican que no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ninguno

Tabla 2. Proporción de longitud de raíz principal relativa observada y esperada por Colby (calculada) para cada combinación de herbicidas residuales ALS aplicados en un suelo Serie Ramallo del partido de San Nicolás. DDA: días desde la aplicación. Valor p: valor estadístico de prueba.

	Fechas de muestreo	DDA	Observado	Esperado por Colby	p (<0,05)
Metsulfurón / Imazetapir	6/9	10	0,74	0,82	0,3667
	6/10	40	0,93	1,07	0,1634
	15/11	80	0,94	0,89	0,6250
	26/12	120	0,98	0,90	0,2235
Metsulfurón / Clorimurón	6/9	10	0,52	0,61	0,1808
	6/10	40	0,83	0,89	0,4506
	15/11	80	0,80	0,92	0,6082
	26/12	120	0,95	0,89	0,2425
Metsulfurón / Diclosulam	6/9	10	0,57	0,65	0,2265
	6/10	40	0,92	0,81	0,2009
	15/11	80	1,04	0,87	0,0550
	26/12	120	0,95	0,90	0,2321

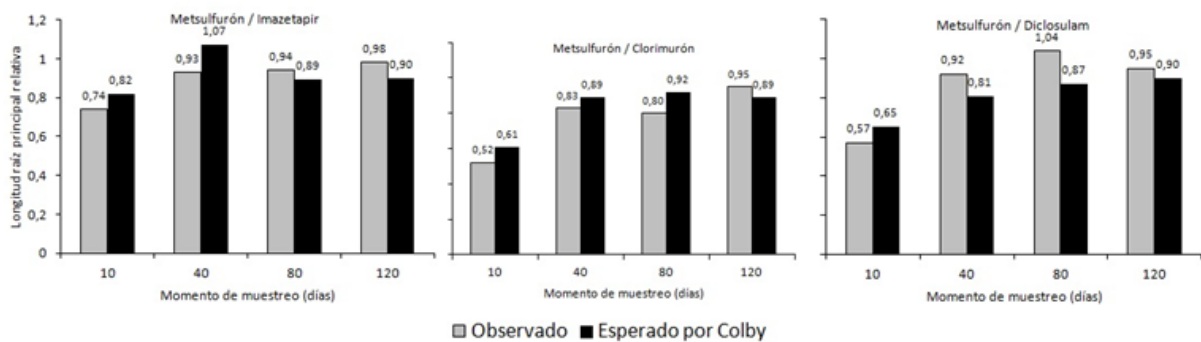


Figura 1. Longitud de raíz principal relativa observada y esperada por Colby para cada combinación de herbicidas residuales ALS y para cada momento de muestreo aplicados en un suelo Serie Ramallo del partido de San Nicolás.

Tabla 3. Proporción de materia seca aérea relativa observada y esperada por Colby (calculada) para cada combinación de herbicidas residuales ALS aplicados en un suelo Serie Ramallo del partido de San Nicolás. DDA: días desde la aplicación. Valor p: valor estadístico de prueba.

	Fechas de muestreo	DDA	Observado	Esperado por Colby	p (<0,05)
Metsulfurón / Imazetapir	6/9	10	0,95	1,07	0,8010
	6/10	40	0,90	0,82	0,4209
	15/11	80	0,76	0,62	0,0898
	26/12	120	0,98	0,90	0,3596
Metsulfurón / Clorimurón	6/9	10	0,91	1,01	0,1148
	6/10	40	0,83	0,88	0,9697
	15/11	80	0,95	0,71	>0,0009
	26/12	120	0,95	1,05	0,2126
Metsulfurón / Diclosulam	6/9	10	1,00	0,95	0,7443
	6/10	40	0,89	0,75	0,2125
	15/11	80	0,89	0,67	>0,0093
	26/12	120	0,95	1,08	0,2524



Tabla 4. Proporción de materia seca radical relativa observada y esperada por Colby (calculada) para cada combinación de herbicidas residuales ALS aplicados en un suelo Serie Ramallo del partido de San Nicolás. DDA: días desde la aplicación. Valor p: valor estadístico de prueba.

	Fechas de muestreo	DDA	Observado	Esperado por Colby	p (<0,05)
Metsulfurón / Imazetapir	6/9	10	0,62	0,48	0,2866
	6/10	40	0,84	0,90	0,7559
	15/11	80	0,96	0,82	0,3678
	26/12	120	0,97	0,91	0,2532
Metsulfurón / Clorimurón	6/9	10	0,58	0,45	0,3261
	6/10	40	0,97	0,87	0,5204
	15/11	80	0,99	0,96	0,8516
	26/12	120	0,93	1,07	0,2864
Metsulfurón / Diclosulam	6/9	10	0,58	0,48	0,4630
	6/10	40	0,80	0,69	0,3069
	15/11	80	0,97	0,78	0,1497
	26/12	120	0,95	1,08	0,3132

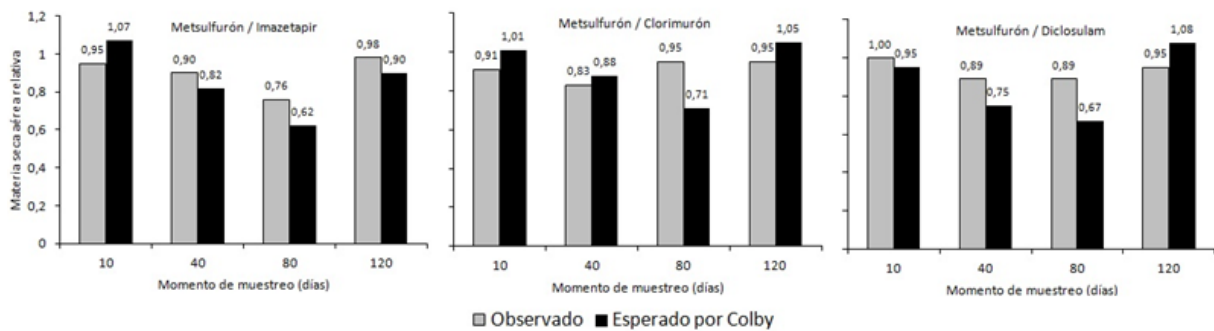


Figura 2. Materia seca aérea relativa observada y esperada por Colby para cada combinación de herbicidas residuales ALS y para cada momento de muestreo aplicados en un suelo Serie Ramallo del partido de San Nicolás.

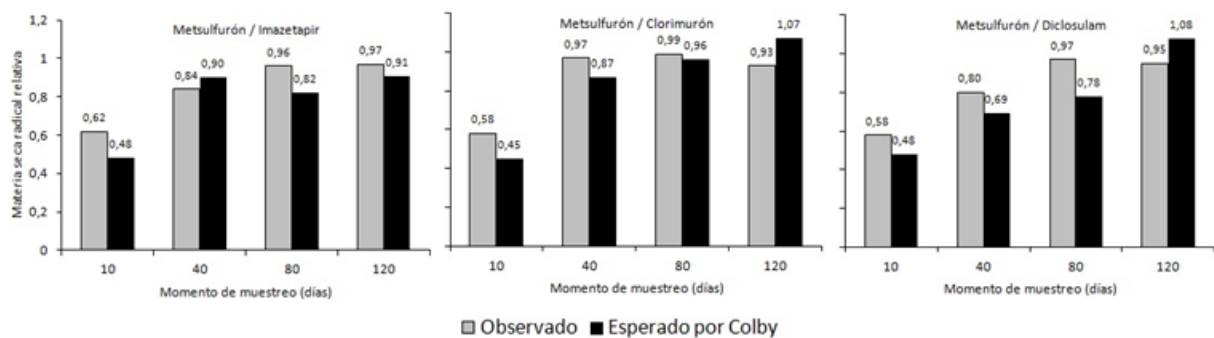


Figura 3. Materia seca radical relativa observada y esperada por Colby para cada combinación de herbicidas residuales ALS y para cada momento de muestreo aplicados en un suelo Serie Ramallo del partido de San Nicolás.

de los valores observados y esperados por Colby (calculados). Esto indica que hubo interacciones de tipo aditiva para las tres variables analizadas (longitud de raíz principal, materia seca aérea y materia seca radical) (Tablas 2, 3 y 4) (Figuras 1, 2 y 3). Esto significa que cada residuo de herbicida contribuyó a la reducción de las variables

analizadas, independientemente de la presencia del otro residuo herbicida. Estos resultados coinciden con el tipo de interacción documentada en otros trabajos (Moyer y Hamman, 2001; Geisel y otros, 2008) para distintos activos herbicidas residuales ALS.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo brindan información acerca de la presencia de una interacción aditiva de residuos edáficos de herbicidas residuales ALS en el NO de la provincia de Buenos Aires.

El conocimiento de la persistencia de herbicidas residuales en el suelo y el comportamiento de los residuos de herbicidas residuales en esquemas de control químico de malezas son importantes de cara a racionalizar su uso e impacto ambiental ya que se observa un efecto de potenciación de la residualidad.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Geisel, B. G. L.; J.J. Schoenau; F. A. Holm y E. N. Johnson. 2008. Interactions of ALS-inhibiting herbicide residues in three prairie soils. *Weed Science*.56:624-627.

Johnson, E. N.; J.T. Moyer; A. G. Thomas; J. Y. Leeson; F. A. Holm; K. L. Sapsford; J. J. Schoenau; A.M Szmigielski; L. M. Hall; M. E. Kuchuran y R. G. Hornford, R.G.. 2005. Do repeated applications of residual herbicides result in herbicide stacking? In *Soil Residual Herbicides: Science and Management. Topics in Canadian Weed Science* 3:53-70. Sainte-Anne-de Bellevue, Québec: Canadian Weed Science Society – Société canadienne de malherbologie.

Moyer, J. R. y W. M. Hamman. 2001. Factors affecting the toxicity of MON 37500 residues to following crops. *Weed Technology*.15:42–47.

Riddle, R. N.; J. O’Sullivan; C. J. Swanton y R. Van Acker. 2013. Field and Greenhouse Bioassays to Determine Mesotrione Residues in Soil. *Weed Technology*. 27:565–572.

Vencill, W. K. 2002. *Herbicide Handbook*, 8th ed. Lawrence, KS: Weed Science Society of America. 493 pp. <<



