

EFFECTO DEL CALCIO, MAGNESIO, POTASIO Y pH SOBRE LA INACTIVACION INICIAL DE LA ATRAZINA Y DEL METRIBUZIN EN UN SUELO USTIC HUMITROPEPT¹ *

Elemer Bornemisza, Primo L. Chavarría,
José L. Rangel y Arturo L. Castrillo**

ABSTRACT

Effect of calcium, magnesium, potassium and pH on the initial inactivation of atrazine and metribuzin. The effect of pH, soil K level and of different Ca/Mg ratios on the initial inactivation of atrazine or metribuzin in soil (Ustic Humitropept) was studied using oat as indicator plant. The studied pH-s were 4.9, 5.5 and 6.1 and the Ca/Mg ratios 1:1, 4:1 and 7:1. The K levels studied were 0.18, 0.36, 0.54 or 0.72 meq/100 g soil. In the first experiment using 1.5 ppm of atrazine or 0.5 ppm of metribuzin, a marked effect of K on oats growth was noted which masked the effect of the herbicides.

In the second experiment using 1.5 ppm of atrazine or 0.75 ppm of metribuzin special check-plots were incorporated with all the treatments except the herbicide. A high inactivation at low pH values was observed, which decreased as pH was raised. Only small differences which were not statistically significant, were observed between the different Ca/Mg ratios. However, inactivation decreased slightly as the Ca/Mg ratio increased from 1:1 to 1:7.

INTRODUCCION

Existen factores como el pH, la superficie del suelo y otros que afectan el comportamiento de los herbicidas en el suelo (3,13) y que determinan en gran parte el resultado de las aplicaciones de esos productos. Sin embargo, la atención a estos factores en condiciones de suelos tropicales ha sido poca, por lo que es necesario realizar estudios sobre su comportamiento a fin de usarlas en forma adecuada.

En el presente estudio se investigó el efecto del Ca, Mg y K, y del pH sobre la inactivación inicial de la atrazina (2 cloro-4-etilamino-6-isopropil amino-s-atrazina) y del metribuzin (4-amino-6 tert-butil-3- (metiltio)-as-triazin-s-(4H)-ona). El primero de estos es un herbicida usado en el control de las malezas en maíz, sorgo y caña de azúcar, mientras que el segundo es un producto reciente que se comienza a usar para el control de malas hierbas principalmente en soja, tomate y papa.

MATERIALES Y METODOS

Se usó la capa superior (0-30 cm) de un suelo clasificado como Ustic Humitropept (A. Alvarado, comunicación personal, 1977), cuyas propiedades se resumen en el Cuadro 1 y que provenía de San Isidro del General. El suelo se secó al aire, se pasó por una malla de 2 mm.

¹ Recibido para su publicación el 28 de febrero de 1978.

* Esta investigación recibió apoyo parcial del CONICIT para su realización.

** Los dos primeros son profesores y los dos siguientes estudiantes, de la Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica.

La composición textural del suelo se efectuó según el método del hidrómetro adaptado por Forsythe (2). El pH se determinó en agua, la materia orgánica por el método de Walkley-Black (8) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) según Peech *et al.* (9) extrayendo con acetato de amonio 1N a pH 7 en el cual se determinaron los cationes intercambiables. El Al intercambiable se determinó en un extracto con KCl 1N según Lin y Coleman (5). La necesidad de cal se determinó por el método de Abruña (1).

Cuadro 1. Algunas características físicas y químicas del suelo usado.

Característica	Valor
pH H ₂ O	4,9
pH KCl	4,2
M.O. (%)	3,5
CIC	4,7
Al (meq/100g)	1,0
Ca	1,5
Mg	0,5
K	0,2
Nombre textural	arcilloso

Tratamientos del suelo

Se hicieron dos experimentos, En el primero se aplicaron diferentes niveles de K en el suelo, partiendo del nivel nativo de 0,18 meq/100g y llegando a 0,36, 0,54 ó 0,72 meq de K/100 g de suelo, mediante la adición de una solución de KCl 1N. Estos niveles se aplicaron a suelos cuyo pH se ajustó a 4,9, 5,5 y 6,1.

En el segundo experimento, se estudió el efecto de las relaciones Ca/Mg; se agregó la cantidad de cationes calculados con carbonato de calcio y carbonato de magnesio con base a la necesidad de cal, para llevar el pH original de 4,9 hasta 5,5 ó 6,1. Se usaron las relaciones Ca/Mg de 1:1, 4:1 ó 7:1 para lograr las diferencias de pH.

Herbicidas

Para suplir la atrazina se usó un producto de uso experimental formulado por la compañía ciba-geigy como suspensión acuosa de 500 g/l. Como fuente de metribuzin se usó el producto llamado Sencor en polvo mojable al 70% ya producido por la Chemagro Corporation.

Método bioanalítico para determinar los herbicidas

Como planta indicadora se usó avena (*Avena sativa* L.), que es susceptible a ambos herbicidas, según los procedimientos descritos por Santelman (10) y Weber (14). Se usaron recipientes plásticos con fondo perforado en los cuales se colocó 450 g de arena para las curvas de calibración o 300 g de suelo con los diferentes tratamientos. Se sembraron 18 semillas de avena y se mantuvo la humedad cerca del nivel de capacidad de campo. A los 5, 10 y 15 días después de la siembra se aplicaron en cada recipiente, 50 ml de la solución nutritiva Hoagland modificada por Weber (14). A los 18 días se pesó la parte aérea de la avena y por comparación con los patrones se calculó la cantidad de herbicida presente en cada tratamiento.

Experimentos de inactivación

Para determinar la inactivación de los herbicidas se aplicaron 1,5 ppm de atrazina y 0,50 ppm de metribuzin para el experimento 1, y la misma cantidad de atrazina pero 0,75 de metribuzin para el experimento 2, y se comparó el peso de la avena que creció en los suelos tratados, con el peso de la avena que creció en los patrones, según el método bioanalítico antes descrito. Para conocer la respuesta de la avena a dosis activas de los herbicidas, se usó arena de cuarzo como sustrato y se aplicaron dosis de 0,0 a 0,24 ppm de atrazina y de 0,0 a 0,18 ppm de metribuzin. Se asumió que la capacidad de la arena para inactivar herbicidas es despreciable, por lo que las curvas de crecimiento que se obtuvieron se usaron para estimar, por comparación de los pesos de la avena, la cantidad de herbicida que permanecía activo en el suelo cuando se aplicaron los distintos tratamientos.

Diseño experimental

En ambos experimentos se usó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. En el experimento 1 se compararon dos herbicidas, cuatro niveles de K y tres niveles de pH, mientras que en el experimento 2 se probaron dos herbicidas, tres niveles de pH y tres relaciones Ca/Mg, usando un análisis de regresión lineal por no tener tratamientos igualmente espaciados. Por esto, en segundo experimento se empleó un diseño de regresión polinomial.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2 se presenta el análisis de variación de los datos de peso fresco de la avena en el experimento 1. Se observa el efecto diferente de los dos herbicidas, además del efecto significativo del pH y el efecto altamente significativo del potasio. Resultaron también significativas las interacciones pH potasio, herbicidas, potasio y herbicidas pH potasio.

La diferencia entre herbicidas sobre la avena se debe a que la toxicidad del metribuzín es mayor que la de la atrazina ya que en el experimento se usaron dosis distintas de cada uno.

El efecto significativo del pH también coincide con el comportamiento de las triazinas, en diversas condiciones (7,8,11).

En la Fig. 1, donde se observa el efecto para los dos herbicidas a diferentes valores de pH se nota como a medida que aumenta el contenido de K en el suelo disminuye la inactivación, y que este efecto se acentúa especialmente a valores de pH elevados. La menor inactivación a pH alto no coincide con las observaciones en suelos de regiones templadas (7,11) pero confirma los datos de Ochoa con suelos locales (8). Como se ve en la Fig. 2, parte del mejor crecimiento se debe a la adición de K.

Al analizar el efecto del pH en la Fig. 1 se nota una menor inactivación a pH alto. Queda la duda de si en un suelo tan bajo en Ca como éste y en general en los ultisoles, el efecto del calcio es nutricional en vez de actuar sobre el herbicida, lo que explicaría la contradicción con la literatura.

Cuadro 2. Análisis de variación para el peso total de las plantas de avena, en el experimento de inactivación inicial de atrazina y metribuzin con diferentes contenidos de K y valores de pH en el suelo.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados Medios
TOTAL	95	
Repeticiones	3	0,190
Herbicidas	1	9,194**
Error (a)	3	0,172
C. V.	17,71	
pH	2	3,630*
Lineal	1	5,557**
Cuadrático	1	1,713
Herb x pH	2	2,156
Error (b)	12	0,575
C. V.	32,38	
Potasio	3	7,203**
Lineal	1	19,881**
Cuadrático	1	1,682**
Cúbico	1	0,046
pH x Potasio	3	0,733**
Herb. x Potasio	6	0,368*
Herb. x pH x Potasio	6	0,378*
Error (c)	54	0,117
C. V.	14,61	

** = Diferencia significativa al 1%

* = Diferencia significativa al 5%

En el Cuadro 3 se presentan los resultados del análisis de varianza para el experimento sobre el efecto de las relaciones Ca/Mg. Se nota, al igual que en el primer experimento, una diferencia significativa entre herbicidas y el pH. No se detectó diferencias significativas para las relaciones Ca/Mg, pero sí entre los valores de pH. En este experimento se dejó un testigo (sin herbicida) para cada tratamiento lo que permitió expresar los resultados en porcentaje del rendimiento del testigo. De esta manera se separó el efecto de los nutrientes añadidos sobre el crecimiento de la avena y de su influencia sobre la capacidad de los suelos para inactivar los herbicidas. En la Fig. 3, se detecta una

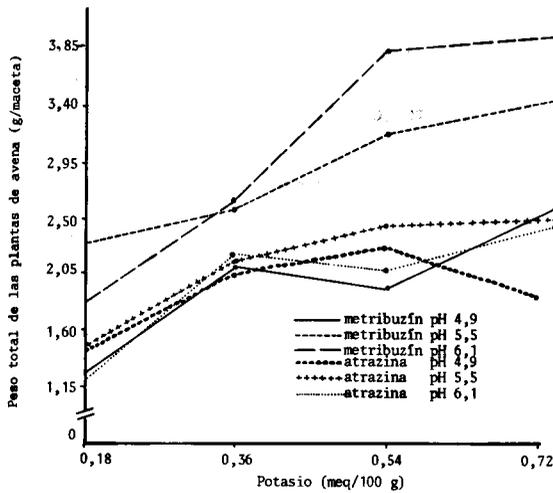


Fig. 1. Efecto de la interacción triple, herbicida, pH y cantidad de K sobre el peso de las plantas de avena.

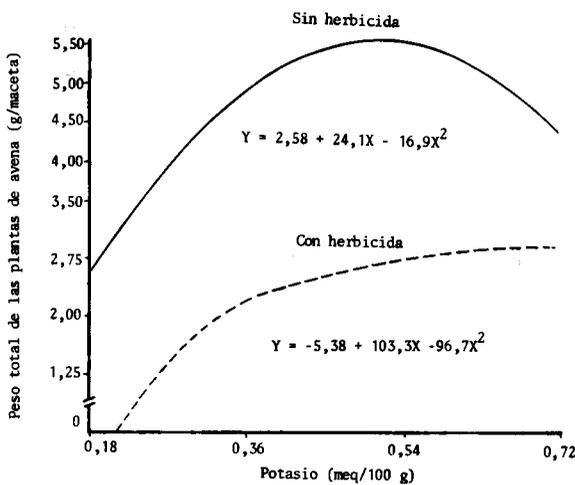


Fig. 2. Efecto cuadrático de las dosis de K sobre el peso total de las plantas de avena con y sin herbicida.

inactivación mayor de los herbicidas a pH bajo, lo que concuerda con la literatura (7,11,13) aunque contradice los resultados del primer experimento, donde no se tomó la precaución de incluir testigos sin herbicida para cada tratamiento. Se estima que esto confirma que en los bioensayos es importante considerar y separar los efectos que tienen los tratamientos sobre el crecimiento de la planta indicadora, de los que ocasionan sobre los herbicidas que afectan el crecimiento de las plantas, tal como se señaló para el primer experimento.

En el Cuadro 4 se presenta el grado de inactivación de los dos herbicidas en el experimento 2. En

Cuadro 3. Análisis de variación para el porcentaje de peso fresco (en relación al testigo) de las plantas de avena, en el experimento de inactivación inicial de atrazina y metribuzin con distintos valores de pH y de la relación Ca/Mg en el suelo.

Fuente de variación	G.L.	C.M.
Total	89	518,86
Herbicida	2	12988,80**
Relación Ca/Mg-Herbicida	6	1163,48ns
pH-herbicida	6	623,76**
Error	75	112,85
Coeficiente de variación		13,44%

** Significativo al 1%

ns No significativo

Cuadro 4. Inactivación de los herbicidas a diferentes valores de pH y relaciones de Ca/Mg en el suelo.

Tratamiento	Atrazina (1,5 ppm)		Metribuzin (0,75 ppm)			
	pH	Ca/Mg	Rendimiento* %	Inactivación** %	Rendimiento* %	Inactivación** %
4,9	1:1		95	99	77	93
5,5	1:1		90	98	71	91
5,5	4:1		82	96	66	89
6,1	1:1		71	94	54	85
6,1	4:1		67	93	43	82
6,1	7:1		57	91	38	80

* % de peso fresco de la avena con respecto al testigo sin herbicida.

** % Inactivación = $100 - \frac{\text{Dosis activas} \times 100}{\text{Dosis aplicadas}}$

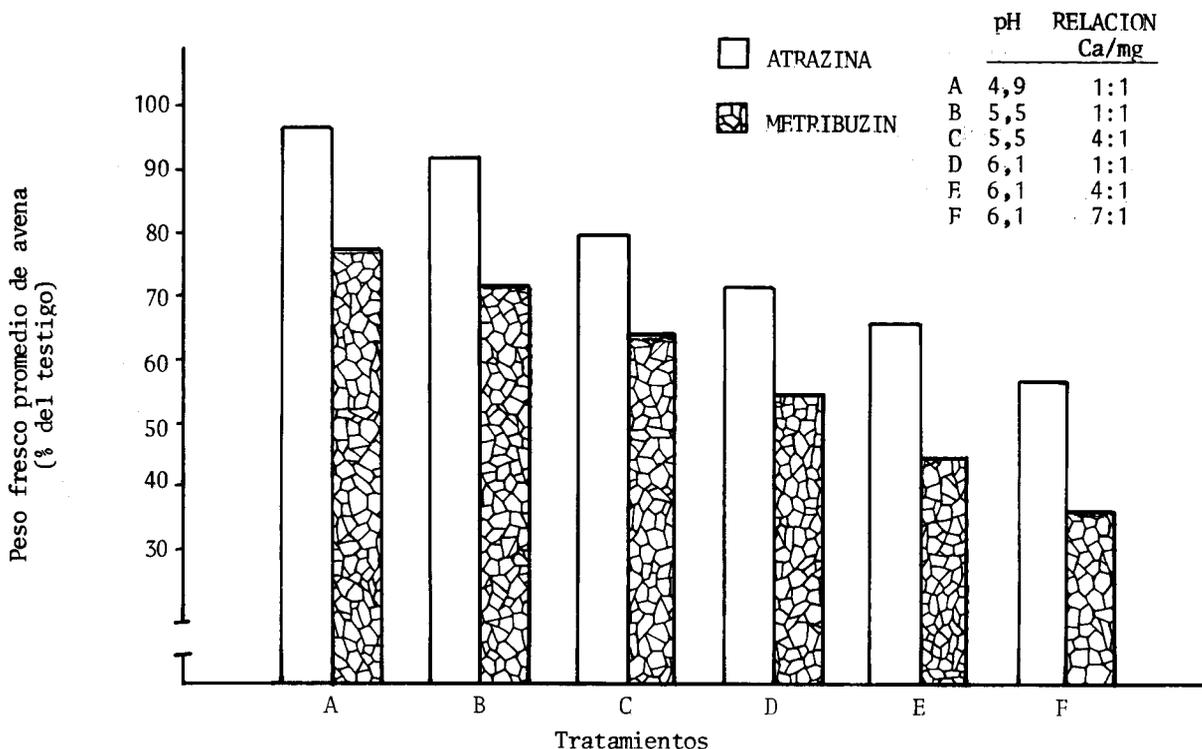


Fig. 3. Peso fresco promedio de las plantas de avena obtenido en el ensayo de inactivación inicial de atrazina y metribuzin.

la Fig. 3, se observa que la inactivación es alta a pH bajo y disminuye a medida que aumenta el pH. Esto sugiere que en suelos del tipo estudiado el encajado reduce también la cantidad de herbicida necesaria para obtener buen efecto. Por tal razón, si se quiere usar la cantidad óptima de herbicida, es recomendable conocer el pH de los suelos (4,6,11). En lo que se refiere al efecto de las relaciones Ca/Mg, se notó que éstas no tienen mucha importancia aunque las relaciones más amplias determinan una menor inactivación de los herbicidas.

En general el metribuzin se inactiva menos que la atrazina, lo que explica en parte su mayor fitotoxicidad. Esto coincide con su mayor solubilidad en agua, probablemente como resultado de su composición química que contiene varios grupos polares e hidrofílicos, entre otras razones.

Se estima que las observaciones antes expuestas deben ser consideradas, tanto al iniciar experimentos que involucran el efecto de tratamientos qui-

micos del suelo sobre el comportamiento de herbicidas, como cuando se estudia el efecto de éstos en el campo.

RESUMEN

Se hicieron dos experimentos en invernadero para estudiar el efecto del pH, de las relaciones Ca/Mg y del nivel de K en el suelo, sobre la inactivación inicial de la atrazina y del metribuzin. Se usó avena como planta indicadora de la actividad de los herbicidas en el suelo (Ustic Humitropept).

Los valores de pH estudiados fueron 4,8, 5,5 y 6,1; las relaciones Ca/Mg de 1:1, 4:1 y 7:1 y los niveles de K de 0,18, 0,36, 0,54 y 0,72 meq/100g de suelo.

En el primer experimento con 1,5 ppm de atrazina y 0,5 ppm de metribuzin se notó un efecto fuerte del potasio aplicado sobre el crecimiento de

la avena, lo que enmascaró el efecto de los herbicidas.

En el segundo experimento con 1,5 ppm de atrazina y 0,75 ppm de metribuzin se tuvieron testigos sin herbicida para cada tratamiento, lo que permitió separar los efectos nutricionales de los efectos sobre la capacidad de los suelos para inactivar los herbicidas en el suelo estudiado. En estas condiciones se confirma que ocurre una inactivación alta de los herbicidas a pH bajo, la cual decrece a medida que aumenta el pH. Se observaron pequeñas diferencias, no significativas estadísticamente, para las diferentes relaciones Ca/Mg, aunque se notó una tendencia decreciente de inactivación, al aumentar el valor de la relación desde 1:1 hasta 1:7.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Dr. Ismael M. Pontigo su ayuda en los aspectos biométricos de este trabajo.

LITERATURA CITADA

1. ABRUÑA, F. y CHANDLER, J. V. Refinement on a quantitative method for determining the lime requirements in soils. *Journal Agriculture University Puerto Rico* 39 (1): 41-45. 1955.
2. FORSYTHE, W. Manual de laboratorio de física de suelos IICA, Turrialba, Costa Rica. 1975. 211 p.
3. HARRIS, C. I. y SHEETS, T. J. Influence of soil properties on adsorption and phytotoxicity of CIPC diuron and simazine. *Weeds* 13 (2): 215-219. 1965.
4. LADLIE, J. S., MEQQITT, W. F. y PENNER, D. Effect of pH on metribuzin activity in the soil. *Weed Science*. 24: 505-507. 1976.
5. LIN, C. y COLEMAN, N. T. The measurement of exchangeable aluminum in soils and clays. *Soil Science Society America Proceedings* 24 (6): 444-446. 1960.
6. NEARPASS, D. C. Effects of soil acidity on the adsorption, penetration and persistence of simazine. *Weeds* 13: 341-346. 1965.
7. NEARPASS, D. C. Effect of the predominating cation on the adsorption of simazine and atrazine by Bayboro clay soil. *Soil Science* . 103 (1): 177-182. 1967.
8. OCHOA, O. E. Actividad inicial y persistencia de atrazina en seis suelos de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1976. 50 p.
9. PEECH, M., ALEXANDER, L. T., DEAN, L. A. y REECK, J. F. Methods of soil analysis for soil fertility investigations. USDA Circular Nº. 737, 1947. 25 p.
10. SANTELMAN, P. W. Herbicide bioassay. *In* Wilkinson, R. E. *ed* Research Methods in Weed Science. POP Enterprises Inc. Georgia, 1972. 198 p.
11. TALBERT, R. E. y FLETCHALL, O. H. The adsorption of some s-triazines in soils. *Weeds* 13: 46-52. 1965.
12. WALKLEY, A. y BLACK, C. A. An examination of the Degtyareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38. 1938.
13. WEBER, J. B. Adsorption of s-triazines on montmorillonite as a function of pH and molecular structure. *Soil Science Society America Proceedings* 34 (3): 401-404.
14. WEBER, J. B. Model soil systems, herbicide leaching and sorption. *In* Wilkinson, R. E. *ed* Research Methods in Weed Science POP Enterprises Inc. Georgia, 1972. 198 p.