

TOLERANCIA DE CINCO LEGUMINOSAS AL ALUMINIO EN SOLUCIÓN NUTRITIVA

Juan Carlos Pérez N.¹; Nelson Walter Osorio V.²; y Jaime Lotero C.³

RESUMEN

Se realizó una investigación para determinar el grado de tolerancia a aluminio (Al) de cinco leguminosas tropicales: *guandul* (*Cajanus cajan* L. Mills), *canavalia* (*Canavalia ensiformis* L.), *frijol jacinto* (*Dolichos lablab* L.), *leucaena* (*Leucaena leucocephala* (C. Lam.) De Witt) y *frijol terciopelo* (*Stizolobium deeringianum* Bort.). Las plantas crecieron bajo cinco concentraciones de Al: 0, 2, 4, 8 y 16 mg L⁻¹ en solución nutritiva. La leguminosa más afectada por las concentraciones de Al fue *L. leucocephala*, la cual exhibió una disminución significativa en la producción de materia seca y en la traslocación de P hacia la parte aérea. En las otras leguminosas la materia seca y la distribución de P fueron poco afectados.

Palabras claves: *aluminio tolerancia, leguminosas tropicales, Cajanus cajan, Canavalia ensiformis, Dolichos lablab, Leucaena leucocephala, Stizolobium deeringianum, distribución de nutrientes.*

ABSTRACT

ALUMINUM TOLERANCE OF FIVE TROPICAL LEGUMES IN NUTRIENT SOLUTION.

A research was conducted to determine aluminum (Al) tolerance of five tropical legumes: *Cajanus cajan* (L) Mills, *Canavalia ensiformis* L., *Dolichos lablab* L., *Leucaena leucocephala* (C. Lam.) De Witt, and *Stizolobium deeringianum* Bort. Plants were grown in nutrient solution with five Al concentrations (0, 2, 4, 8 y 16 mg L⁻¹). Aluminum concentrations significantly affected *leucaena* shoot and root dry matter and phosphorus (P) distribution. Each legume was affected in different degree. *L. Leucocephala* was more susceptible to Al, it significantly decreased plant dry matter and

¹ Profesor Asistente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias. A.A. 3840, Medellín. e-mail: jcperez@perseus.unalmed.edu.co

² Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias. A.A. 3840, Medellín. e-mail: nwsorio@perseus.unalmed.edu.co

³ Ingeniero Agrónomo. A.A. 3840 Medellín.

P distribution when Al concentration increased. The other legumes were less affected by Al.

Key words: *aluminum tolerance, tropical legumes, nutrient distribution.*

INTRODUCCIÓN

La toxicidad por aluminio (Al) constituye uno de los factores limitantes para el desarrollo adecuado de un gran número de especies y variedades de plantas cultivadas en suelos fuertemente ácidos ($\text{pH} < 5.5$) (Sánchez, 1976). Estos suelos se encuentran ampliamente distribuidos en zonas tropicales y subtropicales del mundo, donde las condiciones climáticas han favorecido los procesos de meteorización (Sánchez y Logan, 1992). En Colombia, aproximadamente un 85% del territorio se encuentra cubierto por suelos con $\text{pH} < 5.5$ y el 98 % de estos son deficientes en fósforo (P) disponible (Ortega, 1988). Adicionalmente, en estos suelos se presentan deficiencias severas de elementos como Ca y Mg (Sánchez y Salinas, 1983). La condición más limitante parece ser la del P, dada la alta afinidad química del Al por el ión fosfato, que lleva a que el P aplicado sea precipitado en formas no disponibles para las plantas (Havlin *et al.*, 1999).

Tratar de solucionar este complejo de infertilidad natural con las prácticas comunes de encalamiento y fertilización

no es económicamente razonable en las grandes extensiones de suelos ácidos (Sánchez y Salinas, 1983). Una alternativa para mejorar la productividad de estos suelos, parece ser la utilización de especies vegetales tolerantes a estas condiciones limitantes (Ayarza y Salinas, 1982). Muchas investigaciones han demostrado las diferencias existentes entre especies y variedades para tolerar tales condiciones y usar eficientemente niveles muy bajos de varios nutrimentos (Baligar, 1988). Spain (1975) ha llegado a afirmar que "no hay otro lugar en el mundo donde tales diferencias sean tan importantes como en el trópico húmedo americano". En el presente trabajo se han incluido cinco especies leguminosas (guandul (*Cajanus cajan* (L) Mills), canavalia (*Canavalia ensiformis* L.), frijol jacinto (*Dolichos lablab* L.), frijol terciopelo (*Stizolobium deeringianum* Bort.) y leucaena (*Leucaena leucocephala* (C. Lam.)). Estas pueden ser usadas en alimentación humana, como forraje para animales, como cultivo de cobertura para el control de la erosión o como abono verde cuando son incorporadas al suelo (Rachie, 1973; Cadavid, 1987; Vietmeyer y Cottom, 1997; Souza y De Polli, 1988; Cameron, 1988). El objetivo de este

trabajo fue determinar el grado de tolerancia de 5 especies leguminosas tropicales y observar la influencia del Al sobre la traslocación de algunos elementos

El trabajo se desarrolló en el invernadero de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín (6° 15' N, 75° 35' W y 1495 m de altitud). Cinco especies leguminosas tropicales: guandul, canavalia, frijol jacinto, frijol terciopelo y leucaena crecieron separadamente en solución nutritiva Hoagland. Cada leguminosa creció en las siguientes concentraciones de Al (0, 2, 4, 8 y 16 mg L⁻¹) para lo cual se aplicaron las cantidades requeridas de AlCl₃.6H₂O a la solución nutritiva según el tratamiento, cada tratamiento se repitió tres veces. Todas las especies crecieron durante 45 días, excepto leucaena que por su desarrollo más lento, se cosechó 60 días después de la siembra. Se realizaron cuatro ciclos de crecimiento de cada especie.

Para el análisis estadístico de los datos se consideraron como fuentes de variación los efectos de las concentraciones de Al (5), la cosecha (4) y la interacción entre ambos factores. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y pruebas de duncan (P<0.05).

En cada experimento se utilizaron 15 macetas plásticas de 2.5 L de capacidad, a los cuales se le agregaron 2 kg de cuarzo (1 mm de diámetro) lavado con HCl diluido y agua destilada. En cada maceta se sembraron cinco semillas y una semana después se removieron tres plántulas para dejar dos en cada maceta. A partir de ese momento, se aplicaron semanalmente 200

desde la raíz hacia la parte aérea.

MATERIALES Y METODOS

mL de la solución Hoagland con la correspondiente concentración de Al y el pH se ajustó a 4.5 con HCl. Cada vez que fue necesario se adicionó agua destilada con el mismo pH.

Una vez cosechadas las plantas se separaron la parte aérea y radical y se secaron en estufa a 70 °C durante 48 horas. Posteriormente se determinó la masa seca de cada parte y el contenido de P, Ca, Mg y K. Para los análisis químicos, las muestras vegetales se incineraron a 500° C durante 6 horas y luego recibieron una solución de HCl 6 M. El P se determinó con el método del complejo de azul fosfo-molibdato (Murphy y Riley, 1962) utilizando un espectrofotómetro (Perkin-Elmer, C632-001). Ca, Mg y K se determinaron por absorción atómica (Espectrofotómetro Perkin-Elmer, 2380). Se utilizó el índice de distribución (ID) de Ayarza y Salinas (1982) para determinar el efecto del Al sobre la traslocación de elementos desde la raíz hacia la parte aérea.

$$ID = CA_i / (CA_i + CR_i)$$

Donde,

CA_i= contenido del elemento *i* en la parte aérea (mg).

CR_i= contenido del elemento *i* en la raíz (mg).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la producción de masa seca aérea y radical por efecto del incremento en la concentración de Al, la magnitud de tal efecto dependió de la leguminosa (Tablas 1 y 2). Concentraciones de Al mayores que 4 y 8 mg L⁻¹ redujeron el crecimiento aéreo y radical de *L. leucocephala*, respectivamente. En contraste, las otras leguminosas fueron menos afectadas por el incremento en las concentraciones de Al. Por ejemplo, *C. cajan* presentó un incremento significativo ($P \leq 0.05$) en el crecimiento relativo de la parte aérea al pasar de 0 a 2 mg L⁻¹ de Al en la solución nutritiva. Otras leguminosas no presentaron diferencias significativas entre el control (0 mg L⁻¹) y las concentraciones de Al (Tabla 1). No se presentaron interacciones entre los factores tratamiento y cosecha, esto quiere decir que el efecto de los tratamientos no varió entre las cuatro cosechas. Por tal razón, para el análisis estadístico se obtuvieron los promedios de todas las repeticiones y cosechas de un mismo tratamiento, y son los que

aparecen en las Tablas 1 y 2. Los resultados encontrados con las cuatro especies más tolerantes son consistentes con los registros de tolerancia a Al y/o buen crecimiento en suelos ácidos hechos por Rachie (1973), Souza y De Polli (1988), y con la susceptibilidad de leucaena a Al (Hutton, 1984).

Tabla 1. Efecto de la concentración de Al sobre el crecimiento relativo (%) aéreo de cinco leguminosas.

Concentración de Al (mg L ⁻¹)	<i>L. leucocephala</i>	<i>C. ensiformis</i>	<i>D. lablab</i>	<i>C. cajan</i>	<i>S. deeringianum</i>
0	100 a*	100 a	100 a	100 bc	100 a
2	100 a	105 a	102 a	121 a	100 a
4	90 b	106 a	105 a	107 ab	87 b
8	81 b	98 a	95 a	100 bc	92 b
16	57c	104 a	98 a	86 c	98 a

* Los valores son relativos a cada tratamiento control. Las comparaciones son verticales. Valores seguidos de letras diferentes son significativamente diferentes con la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

Tabla 2. Efecto de la concentración de Al sobre el crecimiento relativo (%) radical de cinco leguminosas.

Concentración de Al (mg L ⁻¹)	<i>L. leucocephala</i>	<i>C. ensiformis</i>	<i>D. lablab</i>	<i>C. cajan</i>	<i>S. deeringianum</i>
0	100 a	100 a	100 a	100 a	100 ab
2	86 ab	107 a	94 a	114 a	106 a
4	86 ab	111 a	100 a	100 a	88 b
8	79 b	104 a	94 a	100 a	91 b
16	50 c	100 a	94 a	86 a	88 b

* Los valores son relativos a cada tratamiento control. Las comparaciones son verticales. Valores seguidos de letras diferentes son significativamente diferentes con la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

Leucaena, la leguminosa más afectada por concentraciones altas de Al, mostró una reducción notoria en los índices de distribución de P (ID_P) y K (ID_K) cuando las concentraciones de Al fueron mayores o iguales a 8 mg L⁻¹ (Tablas 3 y 4). Esto sugiere que en esta especie hay una menor habilidad para traslocar P y K desde la raíz hacia la parte aérea en presencia de un alto nivel de Al.

Salinas (1981) y Baligar (1988) afirman que especies sensibles a Al son menos eficientes para absorber y traslocar P desde la raíz hacia la parte aérea. Existe evidencia de que especies sensibles a Al, presentan precipitados de fosfato de Al en las raíces (McCormick y Borden, 1974). Los ID_P e ID_K en las otras leguminosas no parecen ser tan afectados por los incrementos en la concentración de Al.

En la Tabla 4 se presentan los ID para Ca, Mg y K de *L. leucocephala* y *C. ensiformis*. Valores para las otras especies son similares a aquellos de *C. ensiformis* y no se presentan aquí. Los índices de distribución de Ca y Mg para *L. leucocephala* y *C. ensiformis* no parecen

variar con el incremento de las concentraciones de Al en la solución nutritiva. Existe la posibilidad de que las concentraciones de Ca y Mg en la solución Hoagland son muy altas y esto podría enmascarar el efecto del Al sobre los ID_{Ca} e ID_{Mg} .

Tabla 3. Índice de distribución de fósforo (ID_P) para cada leguminosa establecida en diferentes concentraciones de Al.

Concentración de Al (mg L)	<i>L. leucocephala</i>	<i>C. ensiformis</i>	<i>D. lablab</i>	<i>C. cajan</i>	<i>S. deeringianum</i>
0	0.62	0.79	0.68	0.58	0.68
2	0.60	0.78	0.74	0.62	0.64
4	0.63	0.77	0.71	0.60	0.64
8	0.44	0.76	0.61	0.52	0.63
16	0.48	0.80	0.58	0.69	0.66

Tabla 4. Índice de distribución (ID) para Ca, Mg y K en dos leguminosas contrastantes en su tolerancia a Al.

Concentración de Al (mg L)	<i>L. leucocephala</i>			<i>C. ensiformis</i>		
	ID_{Ca}	ID_{Mg}	ID_K	ID_{Ca}	ID_{Mg}	ID_K
0	0.78	0.52	0.66	0.93	0.70	0.91
2	0.74	0.52	0.49	0.91	0.69	0.87
4	0.74	0.45	0.63	0.91	0.69	0.84
8	0.75	0.49	0.44	0.92	0.57	0.84
16	0.75	0.51	0.45	0.96	0.78	0.93

CONCLUSIONES

Leucaena mostró susceptibilidad a altas concentraciones de Al en solución nutritiva. Las otras leguminosas: guandul, canavalia, frijol jacinto y fríjol terciopelo

exhibieron un alto grado de tolerancia a Al. Se sugiere que, al menos en parte, la tolerancia a Al esta asociada con la habilidad de la planta para traslocar eficientemente P, desde la raíz a la parte

aérea, aún en presencia de altas concentraciones de Al.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con ayuda financiera de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo y el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

BIBLIOGRAFÍA

AYARZA, M. y SALINAS, J. Estudio comparativo de la tolerancia al aluminio en tres leguminosas forrajeras. *Err.* Suelos Ecuatoriales. Vol.12 (1982); p.110-124.

BALIGAR, V. C. Differential responses of legumes to aluminum. *Err.* Journal of Plant Nutrition. Vol. 11, No.5 (1988); p.549-561.

CADAVID, L.F. Abonos verdes en suelos agotados dedicados a la siembra de yuca. *Err.* Suelos Ecuatoriales, Vol. 17, No.2 (1987); p.178-183.

CAMERON, D.G. Tropical and subtropical pasture legumes. Lablab bean, the major leguminous forage crops. *Err.* Queensland Agriculture Journal. Vol. 14, No.2 (1988); p. 110-143.

HAVLIN, T. *et al.* Soil fertility and Fertilizers. New Jersey: Prentice Hall, 1999.

HUTTON, E.M. Breeding and selecting leucaena for tropical soils. *Err.* Pesquisa

SÁNCHEZ, Pedro A. and LOGAN, Terry J. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. *Err.* LAL, R. and SANCHEZ, P.A., ed. Myths and

Agropecuaria Brasileira. Vol. 19 (1984); p.263-274.

McCORMICK, L. H. and BORDEN, F.Y. The occurrence of phosphate precipitate in plant roots. *Err.* Soil Society of America Proceedings. Vol. 38 (1974); p. 931-934.

MURPHY, J. and RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Err.* Analytica Chimica Acta. Vol. 27 (1962); p.31-35.

ORTEGA, D. Distribución del pH y los contenidos de aluminio y fósforo en los suelos de Colombia. *Err.* INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Suelos y bosques de Colombia. Bogotá: IGAC, 1988. p. 65-69.

RACHIE, K.O. Relative agronomic merits of various food legumes for the lowland tropics. *Err.* CENTRO INTER-NACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Potential of field feans and other food legumes in Latin America. Cali: CIAT, 1973. p. 123-143. (Serie Seminar; no. 2E)

SALINAS, J. Tolerancia diferencial de plantas a la acidez y bajo contenido de fósforo aprovechable en suelos ácidos. *Err.* SOCIEDAD COLOMBIANA DE LA CIENCIA DEL SUELO. Curso sobre manejo de suelos ácidos. Popayán: La Sociedad, 1981. 34 p.

SÁNCHEZ, Pedro A. Properties and management of soils in the tropics. New York: John Wiley, 1976. 618 p.

science of soils of the tropics. Madison, Wi.: Soil Science Society of America, 1992. p.35-46. (SSSA Special Publicatoion; no. 29).

_____ y SALINAS, J.I. Suelos ácidos: estrategias para su manejo con bajos insumos en América Tropical. Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1983.

SOUZA, S. E H. e DE POLLI. Nodulacao de leguminosas tropicais promissoras para

adubacao verde em suelo deficiente em P. *En: Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. Vol. 23 No.11(1988); p. 1197-1202.

SPAIN, J. Tolerancia diferencial de especies y variedades hacia la acidez del suelo en cultivos y pastos tropicales. Cali: CIAT, 1975. 17 p.

VIETMEYER, N. and COTTOM, B. *Leucaena* promising forage and tree crop for the tropics. Washington, D.C. National Academy of Sciences, 1997. 115 p.

Recibido: 05-02-2003

Aceptado: 07-05-2003