

RESPUESTA DE ECOTIPOS DE *Stylosanthes capitata* A DOSIS DE COBRE EN SOLUCION NUTRITIVA

Carlos G. Melendez R.*

José G. Salinas**

Esteban A. Pizarro **

COMPENDIO

La solución nutritiva de Arnon y Hoagland se modificó a 1/10 para simular las condiciones de acidez y fertilidad del suelo de las sabanas bien drenadas isohipertérmicas de los Llanos Orientales de Colombia. Se usaron seis concentraciones de cobre (0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 y 0.8 ppm), la solución nutritiva se renovó cada 15 días y se aplicaron nitrógeno (14 ppm/semana) e hierro (1 ppm, 3/semana). La cantidad de materia seca producida por los ecotipos y el cultivar Capica en los tratamientos de 0.2, 0.4 y 0.8 ppm Cu, fue relativamente nula. La producción de materia seca de la parte aérea, raíz y total de la planta fue diferente en los ecotipos de *S. capitata*. Así mismo hubo diferencias significativas en la concentración, absorción y translocación del cobre por los ecotipos y el cultivar Capica. El requerimiento diferencial de cobre, manifestado en la producción de materia seca en la parte aérea en el nivel 0.05 ppm por los ecotipos CIAT 1693 y 1728 por el cultivar Capica (CIAT 10280), se define como el resultado de las relaciones evolutivas de cada ecotipo con el nivel de cobre disponible en la solución del suelo.

ABSTRACT

In the greenhouse ecotypes of *Stylosanthes capitata* were cultivated to observe their behavior under different copper concentrations. A nutrient solution based on Arnon and Hoagland's (1/10) was used to simulate the acidity and the fertility of well drained savannas of the Eastern Planes of Colombia. Six concentrations of copper were used (0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 and 0.8 ppm) with renewal of the nutrient solution every 15 days, and applications of nitrogen (14 ppm/week) and iron (1 ppm, three times/week). The dry matter quantity produced by the ecotypes and the Capica cultivar under treatments of 0.2, 0.4 and 0.8 ppm Cu, relatively null. A differential behavior of *Stylosanthes capitata* ecotypes responses to applied copper was observed in relation to dry matter production in aerial, part, root and total plant. So, there were significant differences on the concentration, absorption and translocation of this element by these ecotypes and the Capica cultivar. The differential copper requirements, manifest by the dry matter produced in the aerial part by CIAT 1693, CIAT 1728, and cv. Capica (CIAT 10280) in the 0.05 ppm treatment, seems to be the product of specific evolutionary relations of each ecotype with the available copper level in the soil.

* Estudiante de pre-grado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

** Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT. A.A. 6713, Cali, Colombia.

1. INTRODUCCION

Evaluaciones multilocales en los Llanos de Colombia y Venezuela han mostrado a *Stylosanthes capitata* como una leguminosa forrajera ampliamente adaptada a ecosistemas de sabana isohipertérmica, bien drenada, con suelos ácidos y de baja fertilidad natural (Oxisoles y Ultisoles). Estas áreas abarcan cerca de 1 043 millones de hectáreas en América Tropical, 310 millones (30 o/o) de las cuales presentan deficiencia de cobre. Lo anterior sugiere la necesidad de conocer la respuesta de especies forrajeras a las aplicaciones de cobre con el fin de establecer pasturas en regiones con suelos ácidos donde el nivel disponible del elemento constituye factor limitante. Consecuencia de la alta variabilidad genética existente, que a su vez es producto de las relaciones evolutivas particulares, es necesario determinar una fertilización considerando los requerimientos nutricionales de la especie y de los ecotipos, la disponibilidad de nutrimentos en el suelo y el grado de adaptación de los forrajes a un ecosistema dado.

Resultados preliminares de ensayos multilocales con especies forrajeras en los Llanos Orientales de Colombia, han mostrado correlación entre el contenido de cobre en el suelo y la tasa de crecimiento de *S. capitata*. De ahí surgió la necesidad de investigar si el nivel del elemento en el suelo determina dicha correlación y, por tanto, considerar la existencia de un nivel crítico del elemento en el suelo que permita maximizar la producción de forraje. En el caso específico, se consideró la necesidad de determinar la respuesta diferencial a varios niveles de cobre de cinco ecotipos y del cultivar Capica de *Stylosanthes capitata*.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El ensayo se realizó en el Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, durante 12 semanas con cinco ecotipos de *S. capitata* (CIAT 1315, 1318, 1342, 1693 y 1728) y el cultivar Capica (CIAT 10280), compuesto por la mezcla de los ecotipos y liberado por el Instituto Colombiano Agropecuario-ICA en agosto de 1982.

El sustrato utilizado para el cultivo correspondió a una solución nutritiva de Arnon y Hoagland diluida a 1/10 (Cuadro 1), para aproximarse a la condición de suelo ácido con valores de pH 4.2 a 4.5. La solución se aireó permanentemente, se renovó cada 15 días; se fertilizó con hierro ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) a razón de 1 ppm tres veces por semana y con nitrógeno (KNO_3) a razón de 14 ppm cada ocho días luego de renovar la solución.

Se utilizó un diseño completamente al azar, siendo el factor estudiado la dosis de cobre en la solución nutritiva; el número de tratamientos fue de

Cuadro 1

Solución nutritiva de Arnon y Hoagland modificada a 1/10*

Solución A: Macronutrientes		
Solución Madre		Volumen utilizado de la solución Madre por litro de agua (cc)
Compuesto Químico	Concentración	
KH ₂ PO ₄	1 M	0.1
KNO ₃	1 M	0.5
Ca(NO ₃) ₂	1 M	0.5
MgSO ₄	1 M	0.2
Solución B: Micronutrientes		
Solución Madre		Volumen utilizado de la solución Madre por litro de agua (cc)
Compuesto Químico	Cantidad disuelta por litro de agua (g)	
H ₃ BO ₃	2.86	
MnCl ₂ · 4H ₂ O	1.81	
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.22	0.1
NaMoO ₄ · 2H ₂ O	0.02	
CuSO ₄ · 5H ₂ O		Tratamientos

* R. García. Comunicación personal. Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas, Programa de Pastos Tropicales. CIAT, Palmira, Colombia.

36 (seis dosis de cobre x seis materiales vegetales).

Semillas pre-germinadas de los ecotipos se transplantaron en grava ácida lavada, se regaron con agua doblemente deionizada, y se les suministró la solución nutritiva modificada de Arnon y Hoagland sin cobre. Transcurridos 12 días, se trasplantaron plántulas de cada ecotipo y del cultivar Capica a potes plásticos de seis litros de capacidad (cinco plántulas por pote). Los potes se cubrieron externamente con pintura de aluminio para reflejar la luz e impedir la concentración de calor en la solución. Previa la aplicación de los niveles de cobre, las plántulas permanecieron por cinco días en período de adaptación en la solución nutritiva.

Durante 12 semanas, las unidades experimentales (potes) se sometieron a los tratamientos de 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 y 0.8 ppm de Cu y un control.

Determinada la cantidad de materia seca y el contenido de cobre (espectrofotometría de absorción atómica) en el tejido vegetal de la parte aérea y la raíz, se procedió a determinar la absorción de cobre y la translocación del elemento de la raíz a la parte aérea.

3. RESULTADOS

3.1. Producción de materia seca.

La cantidad de materia seca producida por los ecotipos y el cultivar en los tratamientos de 0.2, 0.4 y 0.8 ppm Cu, fue relativamente nula. Aparentemente estas concentraciones de cobre en la solución nutritiva resultaron tóxicas para las plantas, inhibiendo el desarrollo de los individuos. Por esta causa, el análisis estadístico se realizó sólo para los niveles de tratamiento bajos (Cuadro 2).

En el nivel 0.05 ppm de Cu, los ecotipos 1342, 1693 y 1728 y el cultivar Capica maximizaron sus producciones de materia seca tanto en la parte aérea (20.86 o/o, 104.87, 110.70, 85.34 o/o) como en la raíz (11.09, 70.83, 110.67, 95.45 o/o), excepto los ecotipos CIAT 1318 en la parte aérea (-12.28 o/o) y CIAT 1315 en la raíz (-13.68 o/o).

La respuesta promedio a la aplicación de cobre, en términos de producción de materia seca en la parte aérea, fue inferior para los ecotipos CIAT 1315 y 1342 (7.5 y 20.9 o/o, respectivamente), en relación con la de los ecotipos CIAT 1693 y 1728 (104.9 y 110.7 o/o, respectivamente). Además, la producción promedio (\bar{Y}) de materia seca en la parte aérea de los ecotipos CIAT 1315 y 1342 (15.22 y 10.39 g/pote) fue ampliamente superior a la de los ecotipos CIAT 1693 y 1728 (7.43 y 9.36 g/pote). Resulta-

Cuadro 2

Efecto de la aplicación de cobre sobre la producción de materia seca de la parte aérea, raíz y total de cinco ecotipos y del cultivar Capica de *Stylosanthes capitata*

Ecotipo	Nivel Cu en solución nutritiva (ppm)											
	0	0.05	0.1	\bar{Y}	0	0.05	0.1	\bar{Y}	0	\bar{Y}		
	Materia seca (g/pote)											
Parte aérea					Raíz					Total planta		
1315	19.03	20.45	6.19	15.22 A	10.74	9.27	3.46	7.82 A	29.77	29.73	9.66	23.05 A
1318	13.76	12.07	4.89	10.24 B	3.76	7.81	2.17	4.58 B	17.53	15.86	7.25	13.54 B
1342	12.46	15.06	3.67	10.39 B	6.67	7.41	2.19	5.42 B	21.80	22.50	5.93	16.74 B
1693	6.56	13.44	2.29	7.43 B	3.36	5.74	1.44	3.51 B	9.92	19.25	3.74	10.97 B
1728	8.41	17.72	1.97	9.36 B	3.28	6.91	0.38	3.52 B	11.70	24.63	2.35	12.89 B
Capica	6.89	12.77	6.05	8.57 B	3.08	6.02	3.38	4.16 B	9.98	18.80	9.44	12.74 B
\bar{Y}	11.18 B	15.25 A	4.17 C		5.14 B	7.19 A	2.17 C		16.78 B	21.79 A	6.39 C	

Valores seguidos con las mismas letras no difieren estadísticamente ($P > 0.05$).

tados que indican un amplio potencial de productividad y adaptación de los dos primeros a suelos donde el bajo nivel de disponibilidad de cobre es limitante para otros ecotipos.

La producción promedio de materia seca en la parte aérea del ecotipo CIAT 1318 en el nivel 0.05 ppm Cu fue inferior (12.07 g) que la del control (13.76 g/pote); lo cual podría explicarse por el hecho de que debido a su bajo requerimiento relativo de cobre, mostrado por sus respuesta negativa a la aplicación del elemento en el nivel de 0.05 ppm y por su producción relativa de materia seca en la parte aérea (Cuadro 3), el nivel crítico de deficiencia de cobre en la solución del suelo sería menor que el de los otros materiales.

El efecto de la disponibilidad de cobre en la solución nutritiva sobre la producción de materia seca en la parte aérea y la raíz, es considerable. La producción relativa (Cuadro 3) refleja las respuestas diferenciales de estas accesiones en el rango de disponibilidad de cobre experimentado, en producción de materia seca en la parte aérea y raíz.

3.2. Absorción y concentración de cobre.

La absorción y la concentración diferencial de cobre en el tejido vegetal, principalmente en la parte aérea de los ecotipos de *Stylosanthes capitata* y el cultivar Capica, dan idea de sus requerimientos por el elemento (Cuadros 4, 5 y 6).

Las accesiones CIAT 1728 y 1693 presentaron absorciones promedio de cobre (316.2 y 244.17 microgramos/potes) significativamente superiores a las de los ecotipos CIAT 1315, 1318 y 1342 (144.25, 81.1 y 94.05 microgramos/pote). Igualmente la concentración promedio del elemento en el tejido vegetal de la parte aérea en los ecotipos CIAT 1728 y 1693 (36.02 y 32.29 ppm) fueron significativamente superiores a las concentraciones promedio en los ecotipos CIAT 1315, 1318, 1342 y el cultivar Capica (15.18, 12.91, 15.77 y 7.72 ppm, respectivamente). Lo anterior, junto con los rendimientos relativos superiores promedio de los ecotipos CIAT 1728 y 1693 en respuesta a la aplicación de cobre, se traduce en que sus requerimientos por cobre serían superiores en el rango de 0.05 a 0.1 ppm, a la demanda de las demás accesiones evaluadas, para maximizar sus producciones de materia seca.

La correlación entre la concentración de cobre en el tejido vegetal y la producción de materia seca en los ecotipos y el cultivar fue negativa, y determinada por los requerimientos específicos. En este punto debe considerarse un aspecto importante consistente en que indudablemente, dada la

Cuadro 3

Producción relativa de materia seca de la parte aérea y raíz de cinco ecotipos y del cultivar
Capica de *Stylosanthes capitata*

Ecotipo	Nivel Cu en solución nutritiva (ppm)					
	0	0.05	0.1	0	0.05	0.1
	Materia seca (o/o)					
	Parte aérea			Raíz		
1315	93	100	30	100	86	32
1318	100	88	36	48	100	28
1342	83	100	24	90	100	30
1693	49	100	17	59	100	25
1728	47	100	11	47	100	5
Capica	54	100	47	51	100	56

Cuadro 4

Efecto de la aplicación de cobre sobre la concentración del elemento en el tejido vegetal de la parte aérea y raíz de cinco ecotipos y del cultivar Capica de *Stylosanthes capitata*

Ecotipo	Nivel Cu en solución nutritiva (ppm)							
	0	0.05	0.1	\bar{Y}	0	0.05	0.1	\bar{Y}
	Concentración Cu en el tejido vegetal (ppm)							
	Parte aérea				Raíz			
1315	5.26	8.40	31.90	15.18 B	3.96	41.86	92.06	45.96 A
1318	2.36	6.56	29.83	12.91 B	14.56	44.66	101.30	53.50 A
1342	1.93	8.40	37.00	15.77 B	5.53	46.33	218.83	90.23 A
1693	8.00	42.56	46.63	32.39 A	21.03	64.03	98.90	61.32 A
1728	9.30	43.73	55.05	36.02 A	12.00	52.86	100.20	55.02 A
Capica	7.70	15.46	0	7.72 B	11.80	53.60	41.00	35.46 A
\bar{Y}	5.75 C	20.85 B	33.40 A		11.48 C	50.55 B	108.71 B	

Valores seguidos con la misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0.05$).

Cuadro 5

Efecto de la aplicación de cobre sobre la absorción del elemento por el tejido vegetal de la parte aérea, raíz y total de cinco ecotipos y del cultivar Capica de *Stylosanthes capita*

Ecotipo	Nivel Cu en solución nutritiva (ppm)						\bar{Y}	0	0.05	0.1	\bar{Y}	0	0.05	0.1	\bar{Y}		
	0	0.05	0.1	\bar{Y}	0	0.05										0.1	\bar{Y}
	Absorción Cu por el tejido vegetal (mg/pote)																
	Parte aérea						Raíz									Total planta	
1315	100.84	173.18	158.74	144.25 BC	40.99	388.29	309.56	246.28 A	141.83	511.47	468.30	390.53 B					
1318	28.22	75.38	139.72	81.10 C	51.97	314.18	221.55	195.90 A	80.19	317.68	361.27	253.04 C					
1342	23.77	123.45	134.94	94.05 C	36.04	332.94	441.88	236.95 A	59.82	456.39	576.83	364.34 B					
1693	52.71	574.20	105.62	244.17 B	66.66	364.09	174.06	201.60 A	119.37	938.29	297.87	451.81 B					
1728	76.98	780.54	91.08	316.20 A	40.20	363.63	29.05	144.29 A	117.19	144.17	630.68 A						
Capica	51.95	209.93			35.29	301.97	128.14	155.13 A	87.25	511.91	128.14	242.43 C					
\bar{Y}	55.74 C	322.78 A	126.02 B	130.94 C	45.19 C	344.18 A	217.37 B		100.94 C	654.98 A	366.48 B						

Valores seguidos con la misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0.05$).

Cuadro 6

Efecto de la aplicación de cobre sobre su translocación del tejido radicular hacia la parte aérea de cinco ecotipos y del cultivar Capica de *Stylosanthes capitata*

Ecotipo	Nivel Cu en solución nutritiva (ppm)			\bar{Y}
	0	0.05	0.1	
Translocación Cu (o/o)				
1315	67.60	30.58	36.00	44.72 B
1318	43.50	23.22	39.20	35.30 B
1342	39.90	27.00	31.07	32.65 B
1693	44.37	60.84	43.51	49.57 B
1728	66.27	67.68	60.46	64.80 A
Capica	59.17	38.28		48.72 B
\bar{Y}	53.46 A	41.26 B	42.04 C	

Valores seguidos con la misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0.05$).

condición de esenciabilidad del cobre para las plantas, y teniendo en cuenta el requerimiento diferencial de *Stylosanthes capitata*, que ocurre también para los ecotipos intraespecíficos, existe el nivel crítico de toxicidad del elemento en el tejido vegetal, que al ser rebasado evidencia la correlación negativa.

El análisis presenta correlación entre la absorción de cobre por el tejido vegetal y la producción de materia seca, explicable por el ascenso en la asequibilidad del elemento en el rango de los niveles críticos de deficiencia y toxicidad para la solución nutritiva.

4. DISCUSION

Para establecer una relación entre la fertilidad natural del suelo y la respuesta fenológica de los ecotipos a la aplicación de cobre, se revisaron las condiciones edáficas de la zona de Los Cerrados del Brasil, que ocupa cerca de 20 millones de hectáreas caracterizadas por la alta capacidad de fijación de fósforo de sus suelos (Couto y Sanzonowics, 1), donde se recolectaron los ecotipos evaluados.

Los materiales CIAT 1315, 1318 y 1342 se recolectaron en los Estados de Mahanhao (los dos primeros) y de Piauí, la mayor parte de sus sabanas están constituídas por Oxisoles del Subórden Ustox, comunes en los Llanos de Colombia y Venezuela (Salinas y Valencia, 3), y se caracterizan por su baja fertilidad natural (FAO, 2). Varios Oxisoles se distinguen por su fertilidad natural sumamente baja, que comprende deficiencia de elementos menores, secundarios y la ausencia casi total de calcio utilizable en el subsuelo; esto hace imposible el crecimiento radicular en esta capa.

De otro lado, los ecotipos CIAT 1693 y 1728 se recolectaron en Mato Grosso, cuyos suelos en gran proporción son Ultisoles del Subórden Ustul; son regiones de sabana (Salinas y Valencia, 3), pero presentan mayor fertilidad relativa que los Ustox.

De acuerdo con esta información, los ecotipos CIAT 1315, 1318 y 1342, han evolucionado en suelos relativamente pobres en fertilidad natural, con niveles bajos de disponibilidad de nutrimentos, incluido el cobre; es evidente, por tanto, una baja respuesta a la aplicación de este elemento. A su vez, los ecotipos CIAT 1693 y 1728 mostraron alta respuesta relativa a la aplicación de cobre, lo que revela sus mayores requerimientos relativos por este elemento.

Estos requerimientos diferenciales son el resultado de las interacciones genotipo-nivel de cobre disponible para las plantas en el suelo durante el

proceso evolutivo de establecimiento y mantenimiento en el medio natural.

5. CONCLUSIONES

- 5.1. El efecto de una variación en el nivel de cobre de la solución nutritiva determinó cambios en la producción de materia seca, tanto en la parte aérea como en la raíz de los ecotipos de *Stylosanthes capitata* CIAT 1315, 1318, 1342, 1693 y 1728 y del cultivar Capica (CIAT 10280).
- 5.2. La respuesta diferencial de estos ecotipos y del cultivar Capica a la aplicación de cobre, fue una función del cambio en el nivel disponible del elemento en la solución nutritiva; por esto, el nivel de asequibilidad de cobre para las plantas fue determinante de su producción de materia seca.
- 5.3. El menor requerimiento de cobre por los ecotipos CIAT 1315, 1318 y 1342, y sus mayores y significativas producciones de materia seca en el nivel de 0.05 ppm de Cu, permitiría inferir la probabilidad de poder establecer pasturas con menores insumos en cobre.

6. BIBLIOGRAFIA

1. COUTO, W.; SANZONOWICS, C. Soil nutrient constraints for legume-based pastures in the Brazilian Cerrados. In: Smith, J. A.; Hays, V. W. (eds.). International Grassland Congress, 14, Lexington, Kentucky, USA, June 15-24, 1981. Proceedings. Boulder, 1983.
2. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Mapa mundial de suelos: América del Sur. Paris, 1970.
3. SALINAS, J. G.; VALENCIA, C. Oxisoles y Ultisoles en América Tropical. I. Distribución, importancia y propiedades físicas. II. Mineralogía y características. Cali, CIAT, 1983.