

Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras en siembras simultáneas con arroz de secano

R. Schultze-Kraft y E. A. Cárdenas*

Introducción

El desarrollo reciente de variedades de arroz de secano adaptadas a suelos ácidos y de baja fertilidad son una opción viable como cultivo anual en la altillanura de los Llanos Orientales de Colombia. Las investigaciones en campos experimentales y su revalidación en fincas han demostrado la factibilidad de establecer pasturas mejoradas, mediante la siembra asociada de especies forrajeras con las nuevas variedades de arroz (CIAT, 1991a). Con esta práctica se pueden reducir los costos de establecimiento, ya que tanto las gramíneas como las leguminosas forrajeras pueden aprovechar la fertilización aplicada al arroz. Como resultado, la nueva tecnología está siendo adoptada en forma creciente por los productores de la región.

En la fase inicial, los estudios sobre cultivos asociados arroz-pasturas se hicieron con pocas variedades comerciales de estas últimas, especialmente con las gramíneas: *Andropogon gayanus* cv. Carimagua-1, *Brachiaria decumbens* y *B. dictyoneura* cv. Llanero; y las leguminosas: *Centrosema acutifolium* cv. Vichada y *Stylosanthes capitata* cv. Capica.

Posteriormente se consideró necesario extender la investigación a un rango más amplio de especies forrajeras, con los objetivos específicos siguientes: (1) Determinar el efecto de la siembra simultánea de las pasturas en el

rendimiento del arroz asociado; (2) evaluar la producción de forraje de las pasturas durante el establecimiento; y (3) determinar su capacidad de responder al efecto residual de la fertilización aplicada al arroz asociado.

Materiales y métodos

Area experimental. El ensayo se realizó en un Oxisol franco, ácido y de baja fertilidad del Centro de Investigaciones (CI) ICA-CIAT Carimagua, localizado a 4° 30' de latitud norte y 71° 19' de longitud oeste; a 150 m.s.n.m.; con 2000 mm de precipitación, promedio anual, distribuidos entre abril y noviembre. La temperatura media es de 26 °C.

Tratamientos y diseño experimental. El ensayo comprendió dos fases. En la primera se determinó el efecto de la siembra asociada y simultánea de siete gramíneas e igual número de leguminosas (Cuadro 1) con arroz (asociación arroz-pastos) en el rendimiento de este último cultivo. Este tratamiento se fertilizó de acuerdo con las dosis de nutrimentos que se aplican en la región para el cultivo de arroz: 50 kg/ha de P (25 kg/ha como roca fosfórica e igual cantidad como superfosfato triple) y 20, 100, 80, 5 y 300 kg/ha de S, K, N, Zn y cal dolomítica, respectivamente. Se utilizó la línea 23 de arroz de secano, liberada en septiembre de 1991 como "Oryzica Sabana 6" (Leal et al., 1991).

En la segunda fase se determinó, después de la cosecha del arroz, la producción de MS de las especies forrajeras, comparando el tratamiento de la primera fase —asociación arroz-pastos—

* Respectivamente: Agrónomo, Programa de Pastos Tropicales, CIAT (dirección actual: Universidad de Hohenheim (380), D-70593 Stuttgart, Alemania), y Zootecnista, Programa de Forrajes Tropicales, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

Cuadro 1. Gramíneas y leguminosas evaluadas en siembras asociadas con arroz y como pasturas solas. Cl. Carimagua.

No.*	Gramíneas	No.*	Leguminosas
1	<i>Andropogon gayanus</i> cv. Carimagua-1	8	<i>Stylosanthes capitata</i> cv. Capica
2	<i>Brachiaria dictyoneura</i> cv. Llanero	9	<i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (cv. Amarillo)**
3	<i>B. decumbens</i> CIAT 606 (cv. Baslisk)	10	<i>Centrosema acutifolium</i> cv. Vichada
4	<i>B. brizantha</i> CIAT 6780 (cv. Marandú)	11	<i>C. acutifolium</i> CIAT 15086
5	<i>B. brizantha</i> cv. La Libertad	12	<i>C. macrocarpum</i> CIAT 5713
6	<i>Panicum maximum</i> CIAT 673	13	<i>Desmodium ovalifolium</i> CIAT 13089
7	<i>P. maximum</i> CIAT 6799/6944	14	<i>Pueraria phaseoloides</i> CIAT 18031

* Los números representan los códigos de las especies en la Figura 1.

** Liberado recientemente en Colombia como cv. Maní Forrajero Perenne.

con el pasto solo (especies forrajeras sin arroz) el cual recibió una fertilización de 20 kg/ha de P (como superfosfato triple) y 20, 12, 12 kg/ha de K, Mg y S, respectivamente, más 40 kg/ha de N para las gramíneas; las leguminosas no se inocularon.

El diseño experimental fue de parcelas divididas con cuatro repeticiones, siendo la asociación arroz-pastos y el pasto solo las parcelas principales, y las 14 especies forrajeras las subparcelas. En el análisis estadístico de la primera fase del experimento sólo se consideró el tratamiento asociación arroz-pastos y se analizó como un diseño de bloques completos al azar.

Establecimiento y manejo del experimento.

El suelo se preparó con arado y escardillo. La siembra se hizo el 1 de mayo de 1990 en parcelas de 10 m x 10 m; primero se sembró el arroz a razón de 80 kg/ha de semilla, en surcos distanciados 17 cm entre sí. Inmediatamente después se sembraron a voleo las gramíneas y las leguminosas, en densidades de 2.0 y 2.5 kg/ha, respectivamente. Los fertilizantes se aplicaron al momento de la siembra, excepto la cal dolomítica y la roca fosfórica, que se aplicaron 15 días antes de la siembra, y el N y el K que se aplicaron fraccionados en tres partes iguales a los 15, 45 y 75 días después de la siembra de la asociación.

El arroz se cosechó en agosto de 1990 y las pasturas cuatro veces a intervalos de 8 semanas. Después de cada muestreo se hizo un corte de estandarización y se retiró el material cosechado del campo.

Mediciones. El rendimiento del arroz en grano se determinó en muestras de 2 m x 2 m en cada parcela. La producción de MS de las forrajeras se midió en cuatro muestras de 1 m² por parcela.

Una de estas muestras se usó para estimar la proporción de malezas, determinar el porcentaje de MS y para el análisis de N, P y Ca en el tejido de la planta entera. Además, en cada corte se recolectaron muestras de suelo para determinar sus principales características químicas.

A continuación se presentan los resultados correspondientes al primero y al último corte. Se considera que esta información es suficiente para estimar la producción de MS durante el establecimiento y la capacidad de las forrajeras evaluadas para aprovechar el efecto residual de la fertilización aplicada al arroz.

Resultados y discusión

Rendimiento de arroz. Las especies asociadas no afectaron la producción de arroz en grano ($P > 0.05$) (Cuadro 2). El promedio de los rendimientos de arroz —2720 kg/ha— fue superior al alcanzado en ensayos anteriores en el mismo sitio donde se hizo este ensayo con una fertilización similar (1000 a 2000 kg/ha) (CIAT, 1991b). Estos resultados indican que las forrajeras asociadas, independientemente de su vigor, no compitieron con el arroz. Al momento de la cosecha del arroz, o sea después de 4 meses de crecimiento asociado, la producción de MS de las forrajeras varió desde 112 kg/ha hasta 1123 kg/ha para las gramíneas, y desde 44 kg/ha hasta 640 kg/ha para las leguminosas. Las especies más vigorosas fueron *Andropogon gayanus* y *Stylosanthes capitata* y las menos vigorosas *Panicum maximum* y *Arachis pintoi*.

La ausencia de competencia hacia el arroz de las especies forrajeras utilizadas en este ensayo, contrasta con los resultados obtenidos en Tailandia y Nigeria, en donde la siembra simultánea de *Stylosanthes* spp. con arroz o

Cuadro 2. Efecto de la siembra en asociación de gramíneas y leguminosas en el rendimiento de arroz en grano. CI. Carimagua.

Especies	Rendimiento (kg/ha)
Gramíneas	
<i>Andropogon gayanus</i> cv. Carimagua 1	2842 ab*
<i>Brachiaria dictyoneura</i> cv. Llanero	2744 ab
<i>B. decumbens</i> CIAT 606	2653 ab
<i>B. brizantha</i> CIAT 6780	2732 ab
<i>B. brizantha</i> cv. La Libertad	2912 ab
<i>Panicum maximum</i> CIAT 673	3025 a
<i>P. maximum</i> CIAT 6799/6944	2725 ab
Leguminosas	
<i>Stylosanthes capitata</i> cv. Capica	2860 ab
<i>Arachis pintoi</i> cv. Maní Forrajero Perenne	3004 ab
<i>Centrosema acutifolium</i> cv. Vichada	2862 ab
<i>C. acutifolium</i> CIAT 15086	2561 ab
<i>C. macrocarpum</i> CIAT 5713	2554 ab
<i>Desmodium ovalifolium</i> CIAT 13089	2452 ab
<i>Pueraria phaseoloides</i> CIAT 18031	2327 b
Arroz solo (testigo)	2512 ab

* Promedios seguidos por letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

sorgo causó severas reducciones en el rendimiento de estos cultivos (Shelton and Humphreys, 1974; Mohammed-Saleem et al., 1986). Los resultados del presente ensayo no explican el porqué de la falta de competencia de las forrajeras hacia el arroz, pero posiblemente esto se debe a dos factores que son complementarios: (1) la variedad de arroz utilizada, que fue seleccionada para suelos ácidos de baja fertilidad; en consecuencia, tiene un crecimiento vigoroso, y (2) las especies forrajeras que, además de la baja tasa de siembra, tienen un crecimiento inicial lento, la cual es una característica típica de las plantas perennes no domesticadas.

Producción de forraje. Entre las especies forrajeras se encontraron diferencias en la producción de MS ($P < 0.05$) (Cuadro 3). Aunque *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha* cv. La Libertad y *Centrosema acutifolium* CIAT 15086 produjeron más MS cuando se sembraron en asociación con arroz, no se encontraron diferencias entre los tratamientos siembra en asociación y pasturas solas, tanto para las gramíneas como para las leguminosas.

Cuadro 3. Producción de forraje (kg/ha de MS) de gramíneas y leguminosas, sembradas en asociación con arroz (A/P) y solas, durante el primer y último corte. CI. Carimagua.

Especies	Asociación A/P		Pasto solo	
	Primer corte	Ultimo corte	Primer corte	Ultimo corte
Gramíneas				
<i>A. gayanus</i> cv. Carimagua	1146	1077	844	1035
<i>B. dictyoneura</i> cv. Llanero	147	789	272	600
<i>B. decumbens</i> CIAT 606	833	875	1052	636
<i>B. brizantha</i> CIAT 6780	698	714	699	710
<i>B. brizantha</i> cv. La Libertad	1164	766	661	666
<i>P. maximum</i> CIAT 673	311	172	70	119
<i>P. maximum</i> CIAT 6799/6944	297	286	110	256
Promedio gramíneas	657	668	530	575
Leguminosas				
<i>S. capitata</i> cv. Capica	338	642	802	471
<i>A. pintoi</i> cv. Maní Forrajero Perenne	155	81	86	87
<i>C. acutifolium</i> cv. Vichada	300	260	257	206
<i>C. acutifolium</i> CIAT 15086	420	487	243	298
<i>C. macrocarpum</i> CIAT 5713	568	296	372	301
<i>D. ovalifolium</i> CIAT 13089	1436	1236	1396	1950
<i>P. phaseoloides</i> CIAT 18031	853	349	634	552
Promedio leguminosas	581	489	541	552

Parcelas principales (asociación arroz/pastos y pasto solo): diferencia no significativa ($P < 0.05$).

Subparcelas (especies): DMS ($P < 0.05$) para comparar especies en el primer corte: 420.5 kg/ha.
DMS ($P < 0.05$) para comparar especies en el último corte: 279.5 kg/ha.

La falta de una respuesta de las especies forrajeras en el tratamiento de la siembra asociada, en comparación con la siembra sola, indica que el efecto residual de la fertilización del arroz aparentemente no fue mayor que el efecto de la fertilización aplicada en la pastura sola. Este efecto se explica mejor al observar el análisis de la fertilidad del suelo (Cuadro 4); a excepción del Ca que fue mayor en la asociación, los demás nutrientes fueron iguales, siendo notorio el aumento del P en ambos tratamientos.

Es importante hacer algunas observaciones sobre la respuesta de las especies forrajeras: (1) Entre las gramíneas, *A. gayanus* fue la más productiva; *B. dictyoneura* presentó un crecimiento inicial lento, pero posteriormente su

producción fue similar a las demás *Brachiaria*; y *P. maximum*, que se considera adaptada a las condiciones del ensayo, fue la menos productiva. (2) *Desmodium ovalifolium* fue la leguminosa más vigorosa, mientras que *Arachis pintoi* presentó la menor producción de MS.

La proporción de malezas en el último corte de ambos tratamientos aparece en las Figuras 1A y 1B. Las malezas que predominaron fueron: *A. bicornis*, *Axonopus purpusii*, *Eragrostis maypurensis* y *Borreria* spp. Con excepción de *D. ovalifolium* y *A. gayanus*, las demás especies forrajeras presentaron una alta invasión de malezas, lo que es común durante el establecimiento de pasturas cuando se aplican fertilizantes al establecimiento.

Cuadro 4. Características químicas del suelo en la capa arable (0-20 cm) en el transcurso del experimento, correspondientes a los tratamientos asociación arroz/pastos (A/P) y pasto solo (P). Cl. Carimagua.

Parámetro	Antes del experimento	Cosecha del arroz		Primer corte		Ultimo corte	
		A/P	P	A/P	P	A/P	P
Materia orgánica (%)	2.70	3.70	3.90	3.70	3.90	3.70	3.70
Fósforo (ppm Bray II)	1.30	1.80	2.50	2.70	2.40	3.70	3.00
pH (H ₂ O)	4.80	4.50	4.00	4.40	4.50	5.20	4.90
Al (meq/100 g suelo)	2.40	2.27	2.68	2.72	2.90	2.51	2.74
Ca (meq/100 g suelo)	0.13	0.51	0.25	0.30	0.19	0.43	0.21
Mg (meq/100 g suelo)	0.05	0.18	0.08	0.07	0.08	0.06	0.06
K (meq/100 g suelo)	0.04	0.07	0.06	0.07	0.05	0.08	0.05

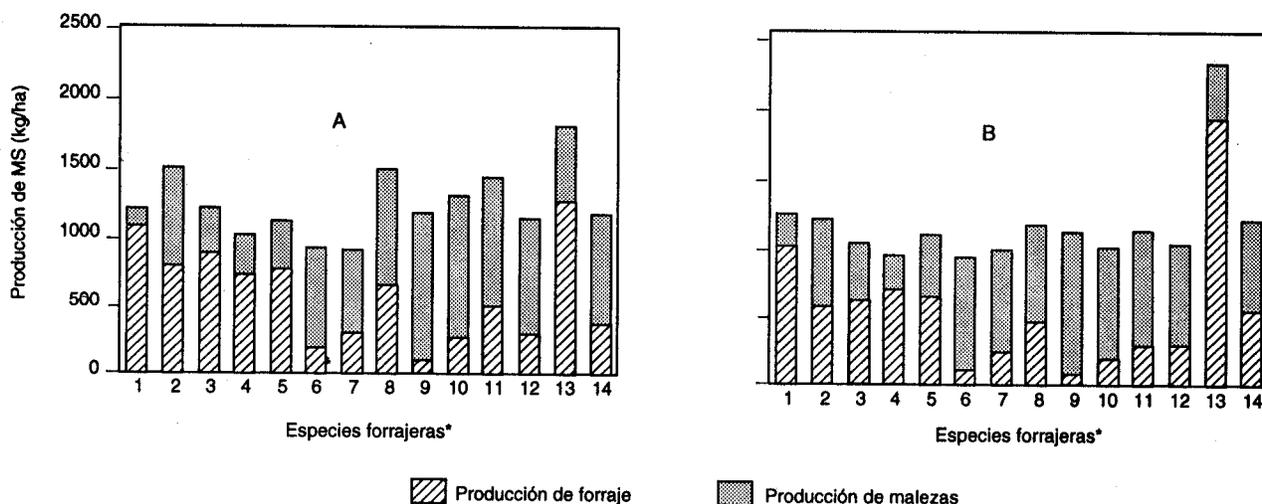


Figura 1. Producción de MS de las malezas y de las especies forrajeras en el último corte, efectuado después de 2 meses de crecimiento. (A = Asociación arroz/pastos, B = Pastos solos). Cl. Carimagua. * = Los nombres de las especies correspondientes a cada número aparecen en el Cuadro 1.

Contenido de N, Ca y P en el forraje. En las gramíneas, el nivel de N fue bajo y tendió a disminuir entre el primer y el último corte. En las leguminosas, por el contrario, el contenido de este nutrimento fue alto, independiente del tratamiento y de la edad; en el primer corte, la concentración de N de éstas fue dos veces más alta que en las gramíneas, y en el último corte fue tres veces mayor. Una tendencia similar se observó con el contenido de Ca y P, especialmente con el primer nutrimento, que fue cuatro veces más alto en las leguminosas que en las gramíneas (Cuadro 5).

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este experimento permiten concluir lo siguiente:

- (1) En la altillanura de los Llanos Orientales de Colombia es posible producir arroz, mediante el cultivo asociado de éste con varias gramíneas y leguminosas forrajeras. Esta práctica no afecta el rendimiento del arroz.
- (2) El cultivo asociado con arroz es efectivo para el establecimiento de pasturas mejoradas y adaptadas en la sabana nativa, sin necesidad de hacer una fertilización dirigida a las pasturas. En las condiciones del presente ensayo, *P. maximum* y *A. pintoi* fueron las especies menos productivas.
- (3) El efecto residual de la fertilización aplicada al arroz asociado fue similar al de la fertilización recomendada para el establecimiento de pasturas mejoradas en la altillanura.
- (4) Ninguna de las especies forrajeras evaluadas presentó un potencial sobresaliente para establecerse con arroz como cultivo asociado. Las especies que resultaron más productivas después de la cosecha del arroz fueron también las más promisorias cuando se sembraron como pasturas solas. Esto sugiere que para la altillanura colombiana la estrategia convencional de seleccionar germoplasma por su adaptación a condiciones de severo estrés edáfico, es

Cuadro 5. Concentración de N, P y Ca en la planta entera de gramíneas y leguminosas, en el primero y en el último corte en la asociación arroz/pastos (A/P) y pasto solo (P). Cl. Carimagua.

Especies	N (%)				P (%)				Ca (%)			
	Primer corte		Ultimo corte		Primer corte		Ultimo corte		Primer corte		Ultimo corte	
	A/P	P										
Gramíneas												
<i>A. gyanus</i> cv. Carimagua 1	0.62	0.70	0.87	0.76	0.06	0.07	0.12	0.11	0.25	0.18	0.32	0.23
<i>B. dictyoneura</i> cv. Llanero	1.06	0.95	0.56	0.62	0.05	0.07	0.07	0.10	0.11	0.13	0.10	0.13
<i>B. decumbens</i> CIAT 606	0.78	0.95	0.73	0.56	0.06	0.07	0.10	0.11	0.23	0.18	0.27	0.27
<i>B. brizantha</i> CIAT 6780	0.95	0.92	0.76	0.59	0.11	0.09	0.19	0.16	0.29	0.15	0.33	0.25
<i>B. brizantha</i> cv. La Libertad	0.73	0.98	0.64	0.62	0.07	0.07	0.12	0.09	0.18	0.10	0.18	0.15
<i>P. maximum</i> CIAT 673	0.84	0.95	0.81	0.64	0.10	0.10	0.13	0.09	0.35	0.20	0.28	0.21
<i>P. maximum</i> CIAT 6799/6944	0.83	0.90	0.82	0.68	0.09	0.09	0.12	0.07	0.37	0.28	0.31	0.23
Promedio gramíneas	0.83	0.91	0.74	0.64	0.08	0.08	0.12	0.08	0.25	0.17	0.26	0.21
Leguminosas												
<i>S. capitata</i> cv. Capica	1.46	1.68	1.88	1.68	0.08	0.08	0.17	0.10	1.02	0.72	1.68	0.98
<i>A. pintoi</i> cv. Maní Forrajero Perenne	1.48	1.65	2.24	1.88	0.12	0.10	0.23	0.21	1.53	1.32	1.98	1.85
<i>C. acutifolium</i> cv. Vichada	2.04	1.76	2.49	2.69	0.13	0.11	0.18	0.13	0.51	0.45	0.98	0.94
<i>C. acutifolium</i> CIAT 15086	2.13	2.10	2.60	2.77	0.11	0.10	0.17	0.15	0.77	0.55	1.52	1.12
<i>C. macrocarpum</i> CIAT 5713	1.62	1.74	2.38	2.21	0.12	0.09	0.18	0.13	1.10	0.55	1.49	1.31
<i>D. ovalifolium</i> CIAT 13089	1.57	1.54	1.46	1.37	0.11	0.08	0.12	0.07	0.84	0.61	1.18	0.91
<i>P. phaseoloides</i> CIAT 18031	1.82	1.99	2.30	2.24	0.14	0.12	0.18	0.16	0.81	0.41	1.35	1.06
Promedio leguminosas	1.73	1.78	2.19	2.12	0.12	0.10	0.18	0.14	0.94	0.66	1.45	1.17

acertada también para la búsqueda de variedades para siembras asociadas.

Summary

An experiment was conducted on an acid, infertile Oxisol in Carimagua, Llanos Orientales of Colombia, to determine the effect of the simultaneous sowing of seven grasses and seven legumes in mixed cropping with upland rice. Furthermore, forage production was compared after establishment of the species via mixed cropping with that via conventional, pasture-only, establishment.

Rice yields in the mixed-cropping system were not affected by any of the 14 forage species and varieties; they varied between 2.3 and 3.0 t/ha compared with 2.5 t/ha of the control (rice only). Forage production was only for the grasses somewhat higher in the mixed-cropping treatment compared with the pasture-only treatment. The most productive species were *Desmodium ovalifolium*, *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens*, *B. brizantha*, *Stylosanthes capitata* y *Pueraria phaseoloides*. Nitrogen, P and Ca concentrations in the forage were higher in the legumes than in the grasses; for N and Ca differences were as high as 200-600%.

It is concluded that there is a wide range of forage grasses and legumes suitable for pasture establishment in the upland Llanos Orientales through mixed cropping with upland rice. In both the mixed-cropping and the pasture-only treatments the most productive species were the same. This suggests that for the identification of forage germplasm for mixed-cropping with upland rice in the Colombian Llanos no special evaluation and selection strategy seems to be required beyond the conventional screening for acid-soil adaptation and low nutrient requirements.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración del Ing. Gonzalo Zapata, investigador visitante del INIFAP, México, durante el establecimiento del experimento.

Referencias

- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1991a. Crops integration in savannas. En: Tropical Pastures Program. Annual Report 1987-1991. December 1991. CIAT, Cali, Colombia. v. 2, p. 22-1 - 22-71.
- _____. 1991b. Ecophysiology. En: Tropical Pastures Program. Annual Report 1987-1991. December 1991. CIAT, Cali, Colombia. v. 2, p. 17-1 - 17-95.
- Leal, M. D.; Sarkarung, S.; Sanz, S. J.; Aguirre, V. R.; y Delgado, H. H. 1991. Oryzica Sabana 6: Variedad mejorada de arroz para sistemas sostenibles de producción en suelos de sabana. Instituto Colombiano Agropecuario, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Federación de Arroceros (ICA-CIAT-FEDEARROZ). Plegable de Divulgación no. 238.
- Mohammed-Saleem, M. A.; Otsynia, R.; and von Kaufmann, R. 1986. Some methods for improving fodder by incorporating forage legumes in cereal cropping systems in the Nigerian subhumid zone. In: Haque, I.; Jutzi, S.; and Neate, P. J. (eds.). Potential of forage legumes in farming systems of sub-Saharan Africa. Proceedings of a workshop held at ILCA, Addis Ababa, Ethiopia. September 16-19, 1985. International Livestock Centre for Africa (ILCA), Addis Ababa, Etiopía. p. 363-378.
- Shelton, H. M. and Humphreys, L. R. 1974. Factors influencing competition between upland rice (*Oryza sativa*) and undersown stylo (*Stylosanthes guyanensis*). In: International Grassland Congress. 12th. Proceedings. Moscú. p. 325-332.
- Thomas, D. and Lapointe, S. 1989. Testing new accessions of guinea grass (*Panicum maximum*) for acid soils and resistance to spittlebug (*Aeneolamia reducta*). Trop. Grassl. 23(4):232-239.