

Requerimientos externos e internos de fósforo en pasto ratana (*Ischaemum indicum* (Houtt.) Merrill) y *Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf*

E. Arosemena, D. A. Pezo, D. L. Kass y P. J. Argel**

Introducción

El pasto ratana (*Ischaemum indicum*, *I. ciliare* (Retz), *Phleum indicum* (Houtt)) es una gramínea originaria del subcontinente indio y el sureste de Asia, que fue recientemente introducida al Istmo Centroamericano, pero que ha alcanzado una rápida difusión, principalmente en el ecosistema bosque húmedo tropical en Panamá (Ortega y Rattray, 1986), Costa Rica (Hunter, 1987), Nicaragua y Guatemala. En Costa Rica, entre 1982 y 1988 el área cubierta por este pasto aumentó de 93,710 a 288,056 ha, lo que equivale a pasar de 15% a 33% del área cultivada con pastos en la región tropical húmeda del país (Morales, 1992). Es necesario indicar que este incremento no es el resultado de una política oficial de fomento de la especie, sino que es debido a la iniciativa propia de los ganaderos o al proceso de invasión natural en potreros degradados.

En el trópico húmedo de Costa Rica hay mucha controversia en relación con el uso de pasto ratana. Muchos productores de carne lo prefieren, pero la mayoría de los productores de leche no están de acuerdo con su uso (Villarreal, 1994a). Entre las

ventajas que se le atribuyen se pueden citar: la facilidad de propagación y celeridad de establecimiento en áreas nuevas o en barbecho, la alta capacidad colonizadora gracias a su abundante producción de semillas viables y de estolones con nudos enraizadores, la poca demanda de prácticas culturales para su mantenimiento, la habilidad competitiva con especies invasoras, los bajos requerimientos nutricionales y la tolerancia a las plagas y enfermedades más comunes (Argel, 1992; Arosemena y Pezo, 1992; Villarreal, 1992).

Como desventajas de esta especie se pueden mencionar: su bajo potencial productivo (Villarreal y Chávez, 1991) y su tendencia a perder vigor rápidamente, lo cual se manifiesta en una baja altura de planta, pobre disponibilidad de forraje en oferta y una baja capacidad de carga animal (Argel, 1992). Además, entre noviembre y febrero presenta una floración profusa y prolongada, la que incide en su escaso crecimiento y baja palatabilidad (Hunter, 1987), problema que se extiende hasta abril, coincidiendo con el período de menor precipitación en la zona.

En muchas de las áreas actualmente dominadas por pasto ratana, éste ha invadido y desplazado a especies como *Cynodon nlemfuensis*, *C. dactylon*, *Axonopus scoparius*, *Panicum maximum* y *Brachiaria mutica* (Hunter, 1987). Se argumenta que una de las posibles causas de esta sustitución es la disminución en la fertilidad del suelo, lo cual ha incidido en la pérdida de habilidad competitiva de aquellas especies con mayores requerimientos nutricionales; sin embargo, no se dispone de información que sustente la hipótesis según la cual el pasto ratana tiene menores demandas de nutrientes. Con base en ello, se realizó el presente estudio con el propósito de determinar los requerimientos de fósforo (P) del pasto ratana y de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú; esta última, una

* Con base en parte del trabajo de tesis presentado por el primer autor para obtener el grado de Mag. Sc. en Producción Animal, Programa de Posgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Financiado parcialmente con fondos proporcionados por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), Canadá, a través de la Red de Investigación en Sistemas de Producción Animal de América Latina (RISPAL).

** Respectivamente: Investigador del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP); consultor en pasturas y nutrición de rumiantes, San José, Costa Rica; especialista en suelos y agroforestería del CATIE, Turrialba, Costa Rica; y coordinador de la RIEPT-MCAC, CIAT, San José, Costa Rica.

forrajera identificada como promisoria para las zonas donde está ampliamente difundido el pasto ratana (Vallejos et al., 1989; Villarreal y Chávez, 1991).

Materiales y métodos

Manejo del ensayo. El ensayo se realizó en los invernaderos y en laboratorios del CATIE, en Turrialba, Costa Rica, utilizando suelo recolectado en Las Palmitas de Cariari, Provincia de Limón, Costa Rica, de un sitio adyacente a pasturas dominados por pasto ratana. Antes del inicio del ensayo, el suelo experimental fue secado, tamizado en una malla de 4 mm, esterilizado y homogeneizado. Las características de textura y fertilidad del suelo aparecen en el Cuadro 1. En cada maceta se depositaron 3 kg de suelo, al cual se le aplicó una fertilización básica (Cuadro 2), pero, además, de acuerdo con el tratamiento, se le adicionó 30 g de un suelo que contenía raíces de pasto ratana o de *B. brizantha*, como posibles fuentes de inoculación con micorrizas nativas. Durante el tiempo experimental, la humedad en el suelo se mantuvo a capacidad de campo.

Niveles de fósforo aplicados. Las dosis de P aplicadas se determinaron de acuerdo con la capacidad del suelo para fijar este elemento, determinada con la metodología propuesta por Fox y Kamprath (1970), utilizando como fuente $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. En este ensayo se encontró que la concentración 0.05 µg de P/g de suelo, considerada por Sánchez y Salinas (1981) como el nivel adecuado para el crecimiento de los pastos, se alcanzaba con 530 µg de P/g de suelo, equivalente a la aplicación de 1060 kg de P/ha como fertilizante. Con base en lo anterior, los niveles de P utilizados para la determinación de requerimientos de este elemento fueron: 0, 75, 150, 300, 600, 1200, 1800 y 2400 kg/ha de P.

Mediciones. Diez semanas después de la siembra se determinaron el peso seco total de la biomasa y de sus componentes (fitomasa aérea y radicular), así como los contenidos de P, N, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mo y Fe en la biomasa aérea. El N se determinó por el método

Cuadro 1. Características de textura y fertilidad del suelo experimental. Las Palmitas de Cariari, Provincia de Limón, Costa Rica.

Arena (%)	26		
Limo (%)	13	Magnesio (Cmol/t)	0.35
Arcilla (%)	61	Potasio (Cmol/t)	0.08
M.O. (%)	2.6	Fósforo (µg/ml)	5.20
pH (H ₂ O) 1:1	4.6	Manganeso (µg/ml)	9.00
Acidez (% sat.)	83.5	Zinc (µg/ml)	1.32
Calcio (Cmol/t)	0.48	Cobre (µg/ml)	14.10

semi-micro Kjeldahl en muestras secas y molidas con un tamaño de partícula de 1 mm; los demás elementos se sometieron a digestión húmeda con mezcla nítrico-perclórica 5:1 (Bateman, 1970), para determinar el P por colorimetría y el resto de cationes por espectrofotometría de absorción atómica (Díaz-Romeu y Hunter, 1978).

Diseño experimental y análisis de los resultados.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 16 tratamientos y tres repeticiones. Los bloques se definieron por la posición de las macetas en el invernadero, y los tratamientos por el arreglo factorial de ocho niveles de fertilización fosfatada y dos especies (*I. indicum* y *B. brizantha*). Para analizar la respuesta en producción de fitomasa (Y) de ambas especies a la fertilización fosfatada (P), se probaron varios modelos de regresión lineales y no lineales tipo Mitscherlich. Con base en el modelo que describía mejor la respuesta efectiva a la fertilización fosfatada, se determinaron los requerimientos externos e internos de fósforo que se definen, respectivamente, como las concentraciones de P en la solución del suelo y en el tejido necesarios para alcanzar el 95% del rendimiento máximo (Fox et al., 1986).

Resultados y discusión

Producción de fitomasa. Los bloques (posición en el invernadero) y el nivel de fertilización fosfatada afectaron significativamente la producción de hojas, tallos, raíces y de fitomasa total (Cuadro 3); en cambio, no se detectó significancia para la interacción especie x nivel de fertilización (Cuadro 3). El rendimiento de hojas fue mayor ($P < 0.0001$) en *B. brizantha*, pero el pasto ratana produjo más tallos ($P < 0.0001$), lo cual redundó en la falta de diferencias en producción de fitomasa total entre las especies (Cuadro 3).

Cuadro 2. Fuentes y niveles de fertilización basal utilizados en el ensayo.

Elemento	Fuente	Dosis (kg/ha)
Calcio	CO_3Ca	128
Potasio	K_2SO_4	60 ^a
Magnesio	MgO	40
Azufre	Flor de azufre	33 ^b
Zinc	$\text{SO}_4\text{Zn} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	5
Boro	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	0.5
Nitrógeno	Urea	60 ^c

- Fraccionada en partes iguales aplicadas a la siembra y 6 semanas después.
- Además, el equivalente a 27 kg/ha de S a través de las fuentes de potasio y zinc.
- Fraccionada en partes iguales aplicadas a las 4, 6 y 8 semanas después de la siembra.

Cuadro 3. Resumen del análisis de varianza para el rendimiento de fitomasa total y de sus componentes.

Fuentes de variación	G. de L.	Hojas	Tallos	Raíces	Fitomasa total
Bloques	2	0.001 ^a	0.036	0.004	0.0006
Especies	1	0.0001	0.0001	0.222	0.337
Fertilización	7	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Esp. x Fert.	7	0.082	0.061	0.877	0.958
Error	30	—	—	—	—
CV (%)		10.27	15.32	26.97	12.56

a. Nivel de probabilidad según la prueba de F ($F_c > F_f$).

Este último resultado es contrario a lo esperado, ya que ensayos de campo han evidenciado el mayor potencial productivo de *B. brizantha* (Villarreal y Chávez, 1991); sin embargo, aparentemente el pasto ratana toleró mejor la baja intensidad lumínica incidente dentro del invernadero, quizás ayudado por el fototropismo de sus estolones y el aumento en el tamaño de sus hojas. Por el contrario, bajo esas condiciones, *B. brizantha* no expresó su potencial productivo, excepto en el bloque más cercano a la malla exterior, donde ocurrió una mayor incidencia de luz y menor competencia entre plantas (Gómez y Gómez, 1984).

Las especies difirieron en relación con el peso relativo de sus componentes (Figura 1). En todos los tratamientos, el pasto ratana mostró una relación hoja:tallo (H/T) menor de 1.0, y ésta tendió a declinar en la medida en que se incrementó el nivel de fertilización fosfatada, mientras que en *B. brizantha*, esta relación

fue siempre mayor de la unidad. La baja proporción de hojas puede considerarse otro atributo no deseable del pasto ratana, más aún si se considera que generalmente presenta porte bajo, todo lo cual debe incidir en un bajo consumo en pastoreo, debido a una limitación en el tamaño del bocado de los animales (Minson et al., 1993).

La magnitud de la relación H/T tal vez permita entender las aparentes discrepancias en los hallazgos de calidad nutritiva del pasto ratana. Así, cuando se recolectan muestras simulando pastoreo (Sánchez y Piedra, 1992), es posible que no se detecten diferencias entre el pasto ratana vs. otras gramíneas tropicales, ya que con este método se cosechan principalmente hojas; en cambio, en ensayos manejados bajo corte, en los cuales las muestras analizadas incluyen una mayor proporción de tallos, es de esperar que se consiga una calidad nutritiva más pobre para este pasto (Villarreal, 1994b).

El modelo logarítmico $Y_i = A + B \cdot \log(P)$ describió mejor ($R^2 = 0.90$ y 0.87) los cambios en la producción de fitomasa aérea o total (Y_i), en función de la fertilización fosfatada (P). Sin embargo, el hecho que aplicaciones superiores a 1200 kg/ha de P provocaran incrementos en la producción de fitomasa total y de sus componentes, cuando prácticamente se había alcanzado un nivel asintótico entre los 300 y 1200 kg/ha de P (Figura 1), sugirió que esa respuesta atípica era atribuible a un efecto del Ca como enmienda (Fox et al., 1986). Esto era de esperarse si se considera la alta saturación de acidez (83.5%) del suelo experimental y que el superfosfato simple utilizado incorpora 0.64 unidades adicionales de Ca por unidad de P aplicada.

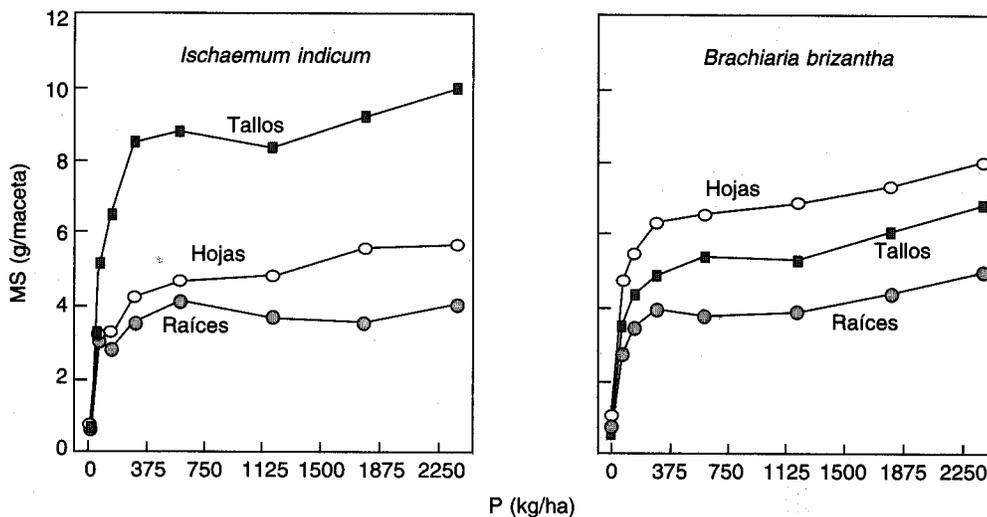


Figura 1. Efecto de la fertilización con fósforo sobre el peso (MS g/maceta) de la fitomasa de hojas, tallos y raíz en pasto ratana (*Ischaemum indicum*) y *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. Costa Rica.

Cuadro 4. **Parámetros y confiabilidad de la predicción para la función de respuesta de la fitomasa (MS, g/maceta) a la fertilización fosfatada de pastos ratana y *Brachiaria brizantha*.**

Variable de respuesta	A	B	C	R ²
<i>I. Indicum</i>				
Fitomasa radicular	0.718 ± 1.27 ^b	2.997 ± 1.47	0.0126 ± 0.010	0.58
Fitomasa aérea	1.527 ± 1.87	11.56 ± 2.19	0.0101 ± 0.004	0.90
Fitomasa total	2.265 ± 2.75	14.55 ± 3.23	0.0105 ± 0.005	0.87
<i>B. brizantha</i>				
Fitomasa radicular	0.716 ± 1.09	3.132 ± 1.28	0.0141 ± 0.010	0.64
Fitomasa aérea	1.676 ± 1.43	10.11 ± 1.65	0.0129 ± 0.006	0.92
Fitomasa total	2.386 ± 2.41	13.24 ± 2.77	0.0133 ± 0.007	0.87

- a. Modelo de regresión: $Y = A + B(1 - e^{-CP})$.
 b. Error estándar del parámetro.

Cuadro 5. **Resumen del análisis de varianza para los efectos de especie y nivel de fósforo sobre los contenidos de nutrimentos en el tejido vegetal de *Ischaemum indicum* y *Brachiaria brizantha*.**

Fuentes de variación	G. de L.	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mg	Fe
Bloque	2	0.037 ^a	0.0156	0.0002	0.9870	0.2858	0.174	0.259	0.794	0.177
Especie	1	0.181	0.0001	0.0019	0.0002	0.8719	0.891	0.709	0.001	0.020
Fertilización	7	0.0015	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.477	0.663	0.002	0.637
Esp. x Fert.	7	0.853	0.0001	0.4279	0.4904	0.0368	0.805	0.793	0.002	0.252
Error	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CV (%)	—	13.3	13.1	10.5	25.5	18.3	44.4	55.8	9.5	39.4

- a. Nivel de probabilidad según la prueba de F ($P(F_p > F_p)$).

Con base en lo anterior, para identificar el modelo de regresión que describía la "respuesta efectiva" a P, se omitieron aquellos niveles que habían mostrado efecto de enmienda. Bajo las nuevas condiciones (aplicaciones ≤ 1200 kg/ha de P) se logró el mejor ajuste para el modelo $Y_i = A + B(1 - e^{-CP})$. Los parámetros de dicho modelo y la confiabilidad de predicción (R²) obtenidos para diferentes formas de expresión de la fitomasa se presentan en el Cuadro 4. Fue a partir de dicho modelo que se calcularon los requerimientos externos e internos de fósforo para ambas especies, tomando (A + B) como estimado del rendimiento máximo.

Contenido de nutrimentos en el tejido. En el Cuadro 5 se presentan los análisis de varianza para los contenidos de macro y microelementos en los tejidos vegetales de las especies estudiadas. Se detectaron diferencias debidas a bloques en los contenidos de N, P y K. También, las especies difirieron en sus concentraciones de P, K, Ca y Mn en la fitomasa. Asimismo, la fertilización fosfatada afectó los contenidos de todos los macroelementos analizados y del Mn, pero la magnitud de esta respuesta fue afectada por la especie en el caso de los contenidos de P, Mg y Mn.

Brachiaria brizantha superó al pasto ratana en su capacidad para tomar P, K y Mn presentes en la solución del suelo, pero demostró menor habilidad para absorber Ca (Cuadro 6). En ambas especies, las concentraciones de P (Figura 2a) y Mg (Figura 2b) en el tejido incrementaron linealmente con la fertilización fosfatada, pero la tasa de incremento fue mayor para *B. brizantha*; en cambio, el contenido de Mn respondió

Cuadro 6. **Contenidos promedio de nutrimentos minerales en la fitomasa de *Brachiaria brizantha* y de pasto ratana (*Ischaemum indicum*) con diferentes niveles de fertilización fosfatada.**

Nutrimento	<i>B. brizantha</i>	<i>I. indicum</i>	D.M.S. ($P \leq 0.05$)
Macroelementos (%)			
Nitrógeno	2.98	2.78	0.24
Fósforo	0.30	0.19	0.02
Potasio	2.43	2.19	0.14
Calcio	0.24	0.32	0.04
Magnesio	0.57	0.56	0.06
Microelementos (ppm)			
Zinc	67	63	21
Cobre	16	16	4
Manganeso	381	249	18
Hierro	244	324	66

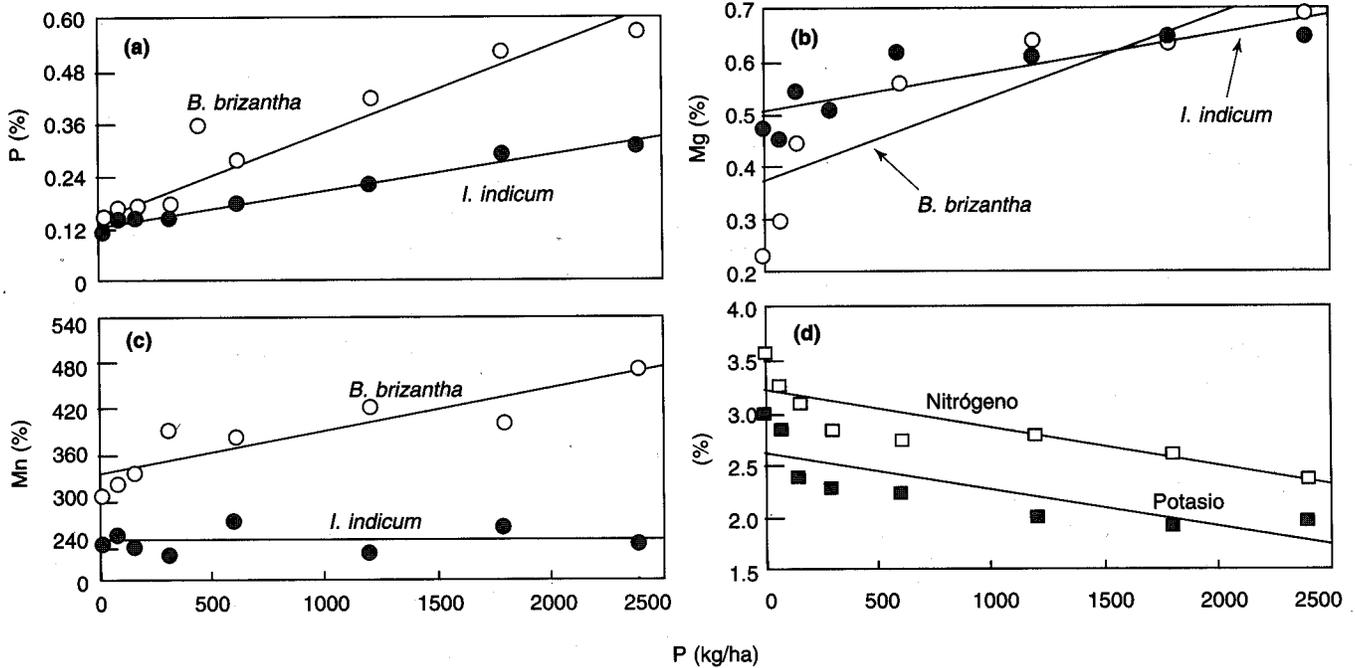


Figura 2. Efecto de la fertilización fosfatada sobre los contenidos de fósforo (a), magnesio (b), manganeso (c), nitrógeno y potasio (d), en pasto ratana (*I. indicum*) y *B. brizantha*.

positivamente a la fertilización fosfatada sólo en el caso de *B. brizantha* (Figura 2c).

Por otro lado, en ambas especies se observó una declinación en las concentraciones de N y K en los tejidos (Figura 2d), como respuesta a incrementos en el nivel de fertilización fosfatada. Aparentemente, el mayor crecimiento de la planta como respuesta a la fertilización provocó un efecto de dilución (Little, 1982) en estos elementos, los cuales se encontraban con una disponibilidad marginal en el suelo.

Requerimientos de fósforo. Las cantidades de fertilizante fosfatado (Cuadro 7) estimadas como necesarias para alcanzar el 95% del rendimiento máximo (213 y 270 kg/ha de P para *B. brizantha* y pasto ratana, respectivamente), son más altas que los niveles de fertilización recomendados para el establecimiento de las especies adaptadas a suelos ácidos e infértiles (Ayarza, 1991); sin embargo, estos resultados deben tomarse con cautela, pues el suelo experimental tenía un nivel excesivamente alto de saturación de acidez (83.5%). En suelos similares, Paulino et al. (1994) encontraron que las necesidades de fertilizante fosfatado para *B. brizantha* se reducían notablemente con la aplicación de cal.

Los requerimientos externos de P fueron similares para las dos especies evaluadas (Cuadro 7), independientemente de la expresión de fitomasa (radicular, aérea o total) que se utilizara para su

estimación. Los valores correspondientes para el pasto ratana y *B. brizantha* cv. Marandú fueron: 0.0139 y 0.0131 µg/ml de solución del suelo, respectivamente, los cuales resultan similares a los obtenidos para otras especies de reconocida adaptación a suelos ácidos e infértiles como *Andropogon gayanus* CIAT 621 y *B. decumbens* CIAT 606, e inferiores a los obtenidos para los pastos *Hyparrhenia rufa* y *Panicum maximum* (CIAT, 1978).

En relación con los requerimientos internos de P (Cuadro 7), éstos fueron menores en el pasto ratana que en *B. brizantha* cv. Marandú —0.15 y 0.19%, respectivamente, considerando la producción de

Cuadro 7. **Requerimientos externos e internos de fósforo (95% del rendimiento máximo) estimados para los pastos ratana (*I. indicum*) y *Brachiaria brizantha*.**

Parámetros	Fitomasa radicular	Fitomasa aérea	Fitomasa total
<i>B. brizantha</i>			
P solución (µg/ml)	≤ 0.0128	≤ 0.0133	≤ 0.0131
P en tejido ^a (%)	0.186	0.190	0.189
P aplicado (kg/ha)	198	220	213
<i>I. indicum</i>			
P solución (µg/ml)	≤ 0.0133	≤ 0.0146	≤ 0.0139
P en tejido (%)	0.146	0.151	0.150
P aplicado (kg/ha)	220	283	270

a. Contenido de fósforo en la fitomasa aérea.

fitomasa total. Al comparar estos valores con los citados por Andrew y Robins (1971), Vicente-Chandler et al. (1974) y Arosemena (1981), para muchas de las especies de uso común en los trópicos, por ejemplo, *Panicum maximum*, *Setaria anceps*, *Cenchrus ciliaris*, *Paspalum dilatatum*, *Chloris gayana*, *Melinis minutiflora*, *Digitaria decumbens*, *Pennisetum clandestinum*, *P. purpureum* y *Cynodon plectostachyus*, es evidente que el pasto ratana es una especie con bajas demandas de fósforo, aunque éstas superan ligeramente a las de *B. decumbens* CIAT 606, *A. gayanus* CIAT 621, *B. humidicola* CIAT 679 y *B. brizantha* CIAT 665 (Ayarza, 1991).

Conclusiones

Los resultados del presente estudio evidencian que el pasto ratana (*Ischaemum indicum*) es una especie con bajos requerimientos de fósforo. Por tanto, si la degradación de las pasturas en áreas del trópico húmedo donde hay presencia de este pasto va acompañada por una declinación en la fertilidad del suelo (Spain y Gualdrón, 1991), es probable que la baja demanda por fósforo favorezca su capacidad invasora.

Summary

The external and internal phosphorus (P) requirements for *Ischaemum indicum* (syn. *I. ciliare*, *I. aristatum*, *Phleum indicum*) and *Brachiaria brizantha* cv. Marandú (CIAT 6780) were determined at CATIE's screenhouse facilities in Turrialba, Costa Rica, but using a low fertility acid soil collected from an area where *I. indicum* is the dominant species. The experimental soil was dried, grinded through a 4 mm screen, sterilized and homogenized, and 3.0 kg of this were used per pot. All pots were fertilized with a basal macro- and microminerals formula, but also were inoculated with mycorrhizae, and irrigated to field capacity. To determine the P levels included in the study, a P-sorption assay was performed in the experimental soil.

A randomized complete block design, with 16 treatments and three replications was used. The treatments were defined by the factorial arrangement of the two grasses x eight levels of phosphorus fertilization (0, 75, 150, 300, 600, 1200, 1800, and 2400 kg P/ha). Several regression models were adjusted to leaf, stem, root and total biomass yields obtained 10 week after planting.

The response to phosphorus was better described by the model $Y_i = A + B(1 - e^{-CP})$. From this, the maximum yields (A+B) were estimated for each species, which served as a basis for the determination of the P concentrations in the soil solution and plant tissue

associated with 95% of the maximum yield, the parameters used to define the external and internal P requirements, respectively.

Both species did not differ in their external P requirements (0.0139 and 0.0131 $\mu\text{g P/ml}$ of soil solution, for *I. indicum* and *B. brizantha* cv. Marandú, respectively), but internal P requirements were higher for *B. brizantha* (0.19% vs. 0.15%). These levels are lower than those determined for commonly used grasses (e.g., *Cynodon nlemfuensis*, *Panicum maximum*, *Pennisetum purpureum*); therefore, when pastures degrade as a consequence of soil fertility decline, the invading ability that characterizes *I. indicum* could be enhanced by its lower P requirements.

Referencias

- Andrew, C. S. y Robins, M. F. 1971. The effect of phosphorus on the growth, chemical composition and critical phosphorus percentages of some tropical pasture grasses. Aust. J. Agric. Res. 22:693-706.
- Argel, P. 1992. Consideraciones forrajeras sobre el pasto ratana (*Ischaemum ciliare*) y alternativas para mejorar su productividad. En: El pasto ratana (*Ischaemum ciliare*) en Costa Rica ¿Alternativa o problemática en nuestra ganadería? Seminario Taller realizado en Ciudad Quesada, Costa Rica, abril 1992. Cooperativa de Productores de Leche, R. L., San José, Costa Rica. 13 p.
- Arosemena, E. 1981. Efecto de varios niveles de fertilización nitro-fosfatada en el rendimiento y la composición química del pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*). Tesis Lic. Ing. Agr., Universidad de Panamá, Panamá. 133 p.
- _____ y Pezo, D. 1992. Mecanismos de interferencia del pasto ratana (*Ischaemum indicum*) sobre otras especies. En: El pasto ratana (*Ischaemum ciliare*) en Costa Rica ¿Alternativa o problemática en nuestra ganadería? Seminario Taller realizado en Ciudad Quesada, Costa Rica, abril 1992. Cooperativa de Productores de Leche, R. L., San José, Costa Rica. 5 p.
- Ayarza, M. A. 1991. Efecto de las propiedades químicas de los suelos ácidos en el establecimiento de especies forrajeras. En: Lascano, C. E. y Spain, J. M. (eds.). Establecimiento y renovación de pasturas: Conceptos, experiencias y enfoque de la investigación. Sexta Reunión del Comité Asesor de la RIEPT, Veracruz, México, noviembre 1988. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 161-185.
- Bateman, J. V. 1970. Nutrición animal: Manual de métodos analíticos. Herrero, México, D. F. 468 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1978. Informe Anual 1977. Programa de Ganado de Carne. Cali, Colombia. 124 p.

- Díaz-Romeu, R. y Hunter, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químicos del suelo y tejido vegetal, e investigación en invernadero. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 68 p.
- Fox, R. y Kamprath, E. J. 1970. Phosphorus sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34:902-907.
- _____; Saunders, W. M.; y Rajan, S. S. 1986. Phosphorus nutrition of pasture species: Phosphorus requirement and root saturation values. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50:142-148.
- Gómez, K. A. y Gómez, A. A. 1984. Statistical procedures for agricultural research. 2a. ed. Wiley, Nueva York. 680 p.
- Hunter, J. R. 1987. Some observations on *Ischaemum indicum* (Poaceae:Panicoideae:Andropogoneae), a recent aggressive introduction to Costa Rican pasture lands. *Turrialba* 37:71-76.
- Little, D. A. 1982. Utilization of minerals. En: Hacker, J. B. (ed.). Nutritional limits to animal production from pastures. Proceedings, St. Lucia, Qld., Australia, August 1981. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, Reino Unido. p. 259-283.
- Minson, D. J.; Cowan, T.; y Havilah, E. 1993. Northern dairy feedbase 2001. 1. Summer pasture and crops. *Trop. Grassl.* 27:131-149.
- Morales, J. L. 1992. Distribución del pasto ratana (*Ischaemum ciliare*) en las tierras de pastoreo de Costa Rica. En: El pasto ratana (*Ischaemum ciliare*) en Costa Rica ¿Alternativa o problemática en nuestra ganadería? Seminario Taller realizado en Ciudad Quesada, Costa Rica, abril 1992. Cooperativa de Productores de Leche, R. L., San José, Costa Rica. 25 p.
- Ortega, C. M. y Rattray, J. M. 1986. Especies forrajeras en Panamá. En: Pinzón, B. y Montenegro, R. (eds.). Resúmenes analíticos de la investigación pecuaria en Panamá (1968-1985). Instituto de Investigaciones Pecuarias de Panamá (IDIAP), Panamá. p. 3-4.
- Paulino, V. T.; Costa, N. de L.; Cardelli de Lucena, M. A.; Schammas, E. A.; y Ferrari, E. Jr. 1994. Resposta de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú a calagem e a fertilização fosfatada em um solo ácido. *Pasturas Trop.* 16:34-40.
- Sánchez, J. M. y Piedra, L. 1992. El valor nutritivo del pasto ratana. En: El pasto ratana (*Ischaemum ciliare*) en Costa Rica ¿Alternativa o problemática en nuestra ganadería? Seminario Taller realizado en Ciudad Quesada, Costa Rica, abril 1992. Cooperativa de Productores de Leche, R. L., San José, Costa Rica. 7 p.
- Sánchez, P. A. y Salinas, J. 1981. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. *Adv. Agron.* 34:279-406.
- Spain, J. M. y Gualdrón, R. 1991. Degradación y rehabilitación de pasturas. En: Lascano, C. E. y Spain, J. M. (eds.). Establecimiento y renovación de pasturas: Conceptos, experiencias y enfoque de la investigación. Sexta Reunión del Comité Asesor de la RIEPT, Veracruz, México, noviembre 1988. Centro internacional de Agricultura (CIAT), Cali, Colombia. p. 269-283.
- Vallejos, A.; Pizarro, E.; Chaves, C.; Pezo, D.; y Ferreira, P. 1989. Evaluación agronómica de gramíneas en Guápiles, Costa Rica. 1. Ecotipos de *Brachiaria*. *Pasturas Trop.* 11:2-9.
- Vicente-Chandler, J.; Abruña, F.; Caro-Costas, R.; Figarella, J.; Silva, S.; y Pearson, R. W. 1974. Intensive grassland management in the humid tropics of Puerto Rico. *Bulletin* no. 233. University of Puerto Rico, Río Piedras, Puerto Rico. 164 p.
- Villarreal, M. 1992. Experiencias con el pasto ratana (*Ischaemum indicum*): Producción de forraje, valor nutritivo y alternativas de manejo. En: El pasto ratana (*Ischaemum ciliare*) en Costa Rica ¿Alternativa o problemática en nuestra ganadería? Seminario Taller realizado Ciudad Quesada, Costa Rica, abril 1992. Cooperativa de Productores de Leche, R. L., San José, Costa Rica. 12 p.
- _____. 1994a. Avances en investigación sobre el manejo del pasto ratana (*Ischaemum indicum*). En: Curso sobre producción de leche y doble propósito. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, Escuela de Agricultura del Trópico Húmedo (MAG/EARTH). Las Mercedes de Guácimo, Costa Rica. 14 p.
- _____. 1994b. Valor nutritivo de gramíneas y leguminosas forrajeras en San Carlos, Costa Rica. *Pasturas Trop.* 16:27-31.
- _____. y Chávez, O. 1991. Adaptación y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en San Carlos, Costa Rica. *Pasturas Trop.* 13:31-38.