

ESTUDIO DEL SISTEMA RADICAL Y AÉREO DE CUATRO GRAMÍNEAS TROPICALES. I. EQUILIBRIO Y RELACIONES DE DEPENDENCIA

F. Blanco, A. Castañeda y C. Corcho

**Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"
Matanzas, Cuba**

Con el fin de contribuir a la comprensión sobre las relaciones entre el crecimiento del sistema radical y el aéreo de los pastos tropicales, se condujo un experimento comparativo de 4 gramíneas. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial y tres réplicas. Los tratamientos los constituyeron los cvs. Likoni y SIH-127 de guinea, el Buffel Biloela y el Rhodes Callide, así como cinco momentos de evaluación a las 2, 4, 6, 8 y 10 semanas. El mayor cociente raíz-parte aérea se halló para el buffel (2,37) y el menor para el rhodes (1,63). El análisis de correlación entre los indicadores mostró que los valores del coeficiente fueron superiores para la relación peso radical-peso aéreo ($r = 0,903-0,977$) que para la relación número de raíces-número de hijos ($r = 0,640-0,950$). Se encontraron ecuaciones de regresión con elevados niveles de ajuste que muestran que el peso de las raíces es una función de la raíz cuadrada del peso aéreo y que este último es una función del cuadrado del peso del sistema radical. Se recomienda continuar estudios para precisar la posible utilización del número de hijos para estimar el peso de la parte aérea, el cociente raíz-parte aérea para predecir la tolerancia a la sequía y la obtención de ecuaciones para estimar el peso del sistema radical a partir del peso de la parte aérea para plantas cultivadas en recipiente.

Palabras clave: *Sistema radical, sistema aéreo, gramíneas tropicales, equilibrio*

A comparative experiment of 4 grasses was conducted using a randomized block design with factorial arrangement and three replications, in order to contribute to the better understanding of growth relations among root and TAGP (Total Above Ground Parts) in tropical herbage plants. The treatments were: guineagrass cv. Likoni and SIH-127, buffelgrass cv. Biloela and rhodesgrass cv. Callide as well as 5 evaluative periods (2, 4, 6, 8 and 10 weeks after sowing). The higher root-TAGP coefficient (2,37) was found in buffelgrass and the lower (1,63) in rhodesgrass. According to the correlation analysis, it was found that values of the coefficient were higher for the relation root weight-TAGP weight ($r = 0,903-0,977$) than that of the relation root number-shoot number ($r = 0,640-0,950$). Regression equations were found with high adjustment levels which demonstrated that root weight was a function of the square root of TAGP weight which in turn is a function of the square of the root system. These studies are recommended to be continued in order to determine the possible use of shoot number for estimating the weight of TAGP, quotient root-TAGP for predicting drought tolerance and the obtainment of equations for determining root system weight according to the weight of TAGP from plants under pot conditions.

Additional index words: *Air-root system, TAGF system, tropical grasses, balance*

El estudio del sistema radical de las plantas, considerado en su conjunto o en sus componentes individuales, ha venido recibiendo una atención creciente por parte de la

investigación agronómica. En el caso particular de los pastos, resulta relativamente más escasa y se mantiene como un clásico de obligada consulta la obra de Troughton (1957).

Mucha atención se ha prestado al papel de las raíces desde el punto de vista de la fisiología de la absorción del agua y de los nutrimentos, pero en menor grado desde el punto de vista de las relaciones de dependencia entre el sistema radical y la parte aérea, de lo cual Brouwer (1983) es su más sobresaliente precursor.

El presente trabajo tiene como objetivo contribuir a la comprensión de las relaciones del sistema radical con la parte aérea en las gramíneas tropicales, desde el punto de vista del equilibrio que se establece en la dinámica del crecimiento de sus componentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el experimento se utilizó suelo Ferralítico Rojo hidratado (Academia de Ciencias de Cuba, 1979) en condiciones controladas de enraizamiento (bolsas de polietileno de 37 x 44 cm). El trabajo se desarrolló en la segunda mitad del período lluvioso (de enero a abril), con una temperatura media de 22,1°C y 72% de humedad relativa.

Tratamientos y diseño. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial y tres réplicas por tratamiento. Los tratamientos fueron cuatro variedades comerciales de pastos: los cvs. Likoni y SIH-127 de *Panicum maximum*, el cv. Biloela de *Cenchrus ciliaris* y el cv. Callide de *Chloris gayana*, y cinco etapas de crecimiento: 2, 4, 6, 8 y 10 semanas, después de germinadas y seleccionadas las plantas que quedarían en cada bolsa.

Procedimiento y mediciones. La siembra se realizó mediante semilla botánica a mediados de enero, en bolsas de polietileno que contenían aproximadamente 9 kg de suelo, las que fueron colocadas en una plazoleta al aire libre. Treinta días después se efectuó un raleo dejando dos plantas por bolsa; en ese momento se fertilizó con 190 mg de nitrógeno por bolsa (aproximadamente 50 kg/ha). El riego se mantuvo todo el tiempo, suministrando el agua en días alternos con el fin de mantener el suelo a su capacidad de campo.

En el momento de la evaluación las bolsas eran abiertas y colocadas sobre una malla donde se lavaban con un chorro suave de agua para separar toda partícula de suelo del sistema radical; posteriormente las plantas eran seccionadas a nivel del cuello de la raíz, separando la parte aérea del sistema radical.

Para la parte aérea se hicieron las siguientes mediciones y determinaciones: número de hijos por planta, peso fresco y peso seco en estufa hasta peso constante. Para el sistema radical fueron: número de raíces primarias, peso fresco y peso seco en la estufa hasta peso constante.

Se compararon las medias de los pesos finales por evaluación y por cultivar, utilizando la prueba de rango múltiple de Duncan (1955). Además se realizaron análisis de correlación y regresión entre los indicadores estudiados.

RESULTADOS

Los valores alcanzados por algunos indicadores del crecimiento al finalizar el período experimental, se muestran en la tabla 1. El peso aéreo fue mayor para el rhodes gigante, que difirió de los restantes cultivares, los cuales no difirieron entre sí. El número de hijos basales resultó mayor para la guinea SIH-127 y el buffel biloela, los cuales difirieron significativamente de los dos restantes. Fue superior el rhodes gigante en el peso del sistema radical, del cual difirió solo la guinea likoni. Por otra parte, el mayor número de raíces primarias fue emitido por el cv. SIH-127 de guinea, el cual superó significativamente a la guinea likoni y al buffel biloela, no así al rhodes gigante. Todas las diferencias encontradas fueron altamente significativas ($P < 0,001$).

La figura 1 muestra el comportamiento del cociente raíz/parte aérea para cada cultivar estudiado. A las 2 semanas de crecimiento los 4 cultivares presentaban un valor del cociente cercano a la unidad. El mayor valor del cociente fue alcanzado por el buffel (2,37); le siguieron en orden descendente los cultivares de guinea y por último el rhodes gigante, que

presentó el menor valor (1,63). Estos valores máximos para cada cultivar se alcanzaron en diferentes momentos: en la cuarta semana por la likoni y el rhodes y en la sexta por la guinea

SIH-127 y el buffel; este último presentaba un valor por encima de la unidad aun en la octava semana.

Tabla 1. Valores alcanzados en los indicadores al final del período experimental.

Cultivar	pa	nh	pr	nr
Guinea likoni	46,1 ^b	18,2 ^b	27,1 ^b	72,0 ^b
Guinea SIH-127	47,6 ^b	20,6 ^a	28,6 ^{ab}	84,0 ^a
Buffel biloela	45,6 ^b	20,5 ^a	28,0 ^{ab}	73,2 ^b
Rhodes callide	67,8 ^a	9,0 ^c	31,1 ^a	77,0 ^{ab}
ES ±	1,27***	0,69***	1,95***	2,38***

a,b,c Valores con superíndices no comunes difieren para cada columna a $P < 0,05$

*** $P < 0,001$

pa Peso seco de la parte aérea (g/bolsa)

nh Número de hijos basales

pr Peso seco de las raíces (g/bolsa)

nr Número de raíces primarias

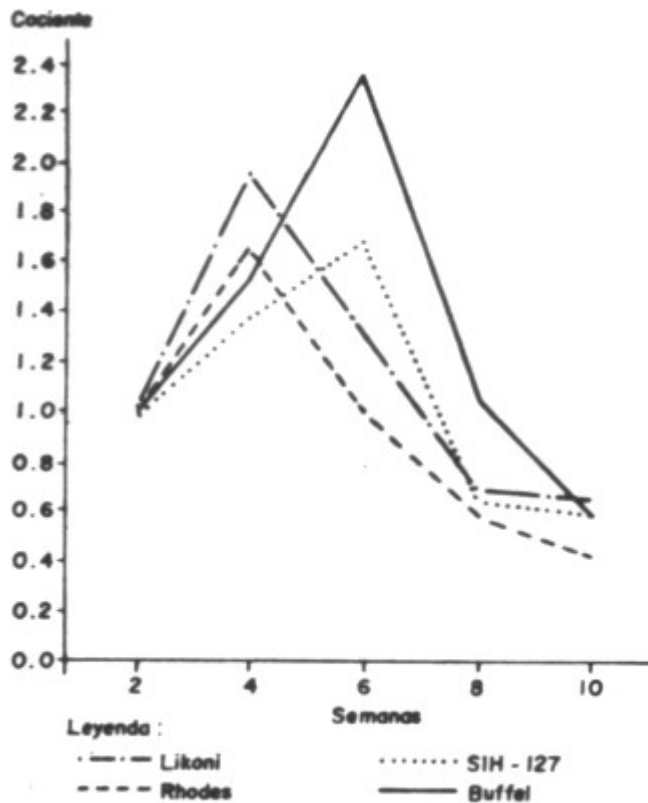


Fig. 1. Variación del coeficiente raíz-parte aérea.

Con el fin de obtener una idea general sobre las relaciones existentes entre los indicadores estudiados, se realizó un análisis de correlación entre estos para cada uno de los cultivares. La tabla 2 ofrece los valores hallados para el coeficiente de correlación en cada caso.

Para los indicadores número de hijos-número de raíces, el mayor valor del coeficiente de correlación se encontró para el buffel ($r= 0,950$) que resultó altamente significativo; para los indicadores número de hijos-peso de raíces, el mayor valor del coeficiente fue también para el buffel ($r= 0,933^{***}$); la guinea SIH-127 presentó el mayor valor del coeficiente para los indicadores número de hijos-peso aéreo ($r= 0,916^{**}$); la correlación entre el número de raíces y su peso fue altamente significativa para todos los cultivares con valores del coeficiente muy similares; el buffel presentó el mayor valor absoluto y la mayor significación para la relación número de raíces-peso parte aérea ($r= 0,960^{***}$); sin embargo, el mayor valor del coeficiente para la relación

peso de raíces-peso parte aérea se halló para la guinea likoni ($r= 0,977^{***}$). Debe destacarse que de las seis relaciones estudiadas el buffel presentó tres altamente significativas y que el rhodes mostró dos valores no significativos para las relaciones número de hijos-número de raíces y número de raíces-peso de raíces.

A pesar de los altos valores hallados en los coeficientes de correlación lineal, el análisis gráfico mostraba cierta curvatura en la agrupación de la nube de puntos indicadores, por lo que se procedió a realizar un análisis de regresión lineal y no lineal entre estas variables.

En la tabla 3 se muestran las ecuaciones de regresión de mayor ajuste entre el peso del sistema radical y el aéreo. Puede observarse que los valores del error estándar de estimación resultaron más bajos para las ecuaciones no lineales que para las lineales y que en general dicho parámetro presentó valores muy bajos para el coeficiente de regresión; además, los coeficientes de correlación resultaron muy elevados y altamente significativos.

Tabla 2. Coeficientes de correlación entre los indicadores estudiados.

Cultivar	nh/nr	nh/pr	nh/pa	nr/pr	nr/pa	pr/pa
Guinea likoni	0,757*	0,856*	0,876**	0,974***	0,922**	0,977***
Guinea SIH-127	0,805*	0,902**	0,916**	0,976***	0,944**	0,956***
Buffel biloela	0,950***	0,933**	0,828*	0,972***	0,960***	0,939**
Rhodes callide	0,640	0,506	0,823*	0,977***	0,946**	0,903

nh Número de hijos

nr Número de raíces

pa Peso parte aérea (g de MS/bolsa)

pr Peso de raíces (g de MS/bolsa)

DISCUSIÓN

En el presente trabajo la mayor producción de biomasa fue encontrada en el rhodes callide, lo que pudiera explicarse por el hecho de haber crecido en el período poco lluvioso, bajo condiciones de riego y fertilización. En una revisión sobre esta especie, realizada por Mesa y Lamela (1981), se destaca que bajo las

anteriores condiciones el rhodes ha sido capaz de producir más del 45% de su rendimiento anual, a pesar de tener una temperatura óptima de crecimiento elevada (35°C). Esto sugiere que la conocida reducción de la intensidad luminosa en dicho período pudiera ser el factor beneficiante a juzgar por los resultados de Capote y Shishchenko (1974), quienes encontraron bajas exigencias lumínicas en este cultivar y elevación de los rendi-

mientos cuando se reducía artificialmente la intensidad luminosa durante el verano.

La densidad de hijos constituye un importante componente biológico cuyo conocimiento, según Hyder (1972), juega un papel relevante para el manejo de los pastos; Lemaire (1987) plantea que el principal determinante del comportamiento de este

indicador es la capacidad de ahijamiento de la especie. En Cuba se ha estudiado más vinculado a la problemática de la producción de semillas (Pérez, Matías y Reyes, 1989), aunque también se han realizado estudios evaluativos frente al animal (Machado y Mendoza, 1988).

Tabla 3. Ecuaciones de regresión para las relaciones de la forma $y = a + bx^{1/2}$ e $y = a + bx^2$ entre el peso del sistema radical y el de la parte aérea (g de MS/bolsa).

Cultivar y relación	a	b	ES \pm	r		ES (estimación)	
						Ecuación no lineal	Ecuación lineal
Likoni pr/(pa) $^{1/2}$	-2,20	4,28	0,110	0,999	***	0,54	2,58
Likoni pa/(pr) 2	1,34	0,062	0,002	0,995	***	1,40	4,86
SIH-127 pr/(pa) $^{1/2}$	-2,06	4,35	0,480	0,982	***	2,45	3,80
SIH-127 pa/(pr) 2	1,34	0,059	0,006	0,982	***	4,41	6,97
B. Biloela pr/(pa) $^{1/2}$	-0,83	4,32	0,450	0,984	***	2,04	3,91
B. Biloela pa/(pr) 2	0,066	0,058	0,003	0,995	***	2,04	7,20
Rhodes pr/(pa) $^{1/2}$	-1,48	4,27	0,200	0,980	***	2,06	4,80
Rhodes pa/(pr) 2	0,33	0,011	0,009	0,979	***	4,21	7,28

pa: Peso parte aérea

pr: Peso sistema radical

En el presente resultado el número de hijos varió entre las especies e incluso entre dos variedades de la misma especie; esto último coincide con los resultados de Machado y Mendoza (1988), lo que sugiere que este indicador parece ser un carácter inherente a la especie y/o el cultivar.

Es interesante destacar la poca cantidad de hijos basales que mostró el rhodes, aspecto vinculado, al parecer, a características morfo-genéticas de su crecimiento, caracterizado por la presencia de estolones e hijos aéreos, según informaron Mesa y col. (1981).

El peso de la biomasa radical mostró correspondencia, en gran medida, con el peso final de la biomasa aérea; como ya se informó, como ya se informó, el rhodes presentó el

mayor valor debido a las mejores condiciones para su crecimiento.

La variación en el número de raíces primarias resulta más interesante, en tanto estas parecen constituir un componente de importancia en la configuración del sistema radical de estas plantas, lo que permite un aumento del área de absorción y de la transferencia de nutrimentos del suelo a la planta (Barley, 1970). En el presente trabajo, no obstante, no se estudiaron otros indicadores (ej. contenido de minerales) que pudieran contribuir a explicar el significado fisiológico de la variación de este importante componente de la morfología de los pastos.

La variación del cociente raíz-parte aérea indica que en las primeras semanas se produjo

un activo crecimiento radical, pero también que este se realizó a expensas de comprometer el de la parte aérea, es decir, que los productos de la fotosíntesis son dirigidos de manera preferente hacia el sistema radical. Biand (1962) concluyó, como resultado de sus estudios de la adaptación de las plantas a las condiciones de aridez, que la disparidad entre el rápido y vigoroso desarrollo del sistema radical en el primer período y el menor desarrollo relativo de la parte aérea, tienen que ver con los requerimientos del equilibrio hídrico interno, lo que constituye una característica de las plantas resistentes a la sequía. A conclusiones similares arribaron Sheng y Hunt (1991) en relación con el trigo, al compararlo con otras especies de gramíneas productoras de grano. Estas conclusiones pudieran explicar los resultados obtenidos con el buffel en el presente trabajo, teniendo en consideración que la característica de resistencia a la sequía asociada a hábitos de crecimiento radical profundo ha sido informado por Humphreys (1967) como un carácter inherente a esta especie.

La posibilidad de asociar esta característica en plantas cultivadas en bolsas con el comportamiento de la planta en condiciones de campo pudiera ser puesta en tela de juicio, pero Johansen (comunicación personal) ha logrado seleccionar plantas de gandul (*Cajanus cajan*) resistentes a la sequía en condiciones de campo, a partir de un estudio comparativo de los sistemas radicales de los cultivares evaluados en bolsas con los de plantas previamente conocidas como resistentes.

La existencia de correlaciones entre los componentes estructurales de las plantas ha sido informada en diversas ocasiones; Demolon (1972) resume algunos resultados hallados para plantas de países templados y

Yepes y Alfonso (1972) han presentado valores del coeficiente de correlación para varios pastos tropicales. En el caso particular de la relación raíz-parte aérea los valores encontrados han variado de $r = 0,55-0,68$ (Yepes y Alfonso, 1972; Sharma, Datta y Redula, 1988), inferiores en ambos casos a los de este trabajo. Los altos valores hallados parecen estar vinculados al hecho de haber tomado el peso total del sistema radical y establecido la correlación a partir de las variaciones dinámicas que se producen en el proceso de crecimiento. Los autores mencionados establecieron la relación desde un punto de vista estático (en un momento del crecimiento) y tomaron una muestra del sistema radical, ya que las investigaciones fueron realizadas en condiciones de campo.

La más estrecha correlación entre el peso radical y el número de raíces, en comparación con la hallada entre el peso aéreo y el número de hijos basales, parece estar relacionada con la mayor heterogeneidad de los componentes en la parte aérea (tallos vegetativos, reproductivos, hijos aéreos, estolones y otros, ya que el sistema radical presenta componentes más homogéneos (raíces de primero, segundo y tercer orden).

Las mayores y más estrechas correlaciones entre los valores del peso aéreo y el radical que las existentes entre los valores del número de hijos y el número de raíces primarias, sugieren que, como afirmara Brouwer (1983), el equilibrio funcional (fisiológico) es más importante que el morfológico. Es conveniente agregar que en el caso particular de los pastos, donde el sistema radical (además de sus funciones de anclaje y nutrición) es órgano de reserva para el rebrote, la variación de su peso cobra un significado especial.

Kvet, Ondak, Necas y Jarvis (1971) informaron que las regresiones entre las magnitudes de los órganos de la planta podían ser no lineales, aunque se referían fundamentalmente a sus componentes aéreos. Tales conclusiones parecen válidas también para la relación raíz-parte aérea. Las ecuaciones halladas indican que en las condiciones de nuestro experimento el crecimiento de la parte aérea resultó ser una función del cuadrado del sistema radical, y recíprocamente el crecimiento del sistema radical se mostró como una función de la raíz cuadrada del crecimiento de la parte aérea.

Los altos coeficientes de correlación y los bajos valores del error estándar del coeficiente de regresión y de la estimación, indican que las ecuaciones halladas permiten ser usadas para la predicción dentro de los límites impuestos por las condiciones experimentales en que se obtuvieron.

De acuerdo con los resultados, se recomienda continuar estudios para precisar la posible utilización del número de hijos para estimar el peso de la parte aérea; el cociente raíz-parte aérea como un indicador para detectar de manera temprana posibles plantas resistentes a la sequía y la obtención de ecuaciones para estimar el peso del sistema radical a partir del peso de la parte aérea para plantas cultivadas en recipiente.

REFERENCIAS

- ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA. 1979. Clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. La Habana
- BARLEY, K.B. 1970. The configuration of the root system in relation to nutrients uptake. *Advances in Agronomy*. Vol. 22, p. 159
- BIRAND, H. 1962. Relations entre le développement des racines et des parties aériennes chez certaines plantes xérophytes et leur resistance a la sécheresse. In: Plant water relationships in arid and semi-arid conditions. Proceedings of Madrid Symposium. UNESCO, Paris. p. 175
- BROUWER, R. 1983. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 31:235
- CAPOTE, S. & SHISHCHENKO, S. 1974. Investigation in physiological processes in Alfalfa, Clover and Rhodes grass in Cuba with respect to conditions of lighting and root feeding. Proc. XII Int. Grassl. Cong., Moscow. Vol. I, Part I, p. 309
- DEMELO, A. 1972. El sistema radicular. En: Crecimiento de los vegetales cultivados. Segunda edición. Ediciones Omega, S.A., Barcelona. p. 90
- HUMPHREYS, L.R. 1967. *Trop. Grassl.* 1:123
- HYDER, D.N. 1972. Defoliation in relation to vegetative growth. In: The biology and utilization of grasses. (Eds. Youngner, V.B. & McKell, C.M.). Academic Press, New York. p. 304
- KVET, J.; ONDAK, J.P.; NECAS, J. & JARVIS, P.G. 1971. Methods of plant growth analysis. In: Plant photosynthetic production. Manual of methods. (Eds. Sesták, Z.; Catsky, J. & Jarvis, P.G.). Dr. W. Junk, N.V. Publishers. The Hague, Netherlands. p. 381
- LEMAIRE, G. 1987. *Fourrages*. 110:325
- MACHADO, R. & MENDOZA, F. 1988. *Pastos y Forrajes*. 11:129
- MESA, A. & LAMELA, L. 1981. *Pastos y Forrajes*. 4:1
- PÉREZ, A.; MATÍAS, C. & REYES, ISABEL. 1989. *Pastos y Forrajes*. 12:227
- SHARMA, P.K.; DATTA, S.K. & REDULLA, C. A. 1988. *Agron. J.* 80:14

SHENG, Q. & HUNT, L.A. 1991. *Can. J. Plant. Sci.*
7:41

TROUGHTON, A. 1957. The underground organs of
herbages grasses. Commonwealth Agricul-
tural Bureaux, England. 163 p.

YEPES, S. & ALFONSO, F.M. 1972. Observaciones
sobre el sistema subterráneo del pasto y sus
relaciones con tallo-hoja. Memoria Estación
Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey".
Matanzas, Cuba. p. 21

Recibido el 19 de febrero de 1990