

TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 33

TRIMESTRE JULIO-SETIEMBRE 1983

NUMERO 3

CODEN: TURRAB 33(3)219-342

<i>Una poliedrosis de Spodoptera frugiperda en Venezuela (en español)</i> . F. Agudelo, M. Romano H. Wassink, R. Cuello de Uzcátegui	219
<i>Disponibilidad y contenido de cobre, zinc y manganeso en un ultisol y un inceptisol bajo diferentes niveles de manejo (en español)</i> . R. Serpa, E. Bornemisza	223
<i>Utilización de yuca (Manihot esculenta Crantz) en la alimentación de rumiantes. Revisión. I Composición química, valor alimenticio, toxicidad y acondicionamiento (en francés)</i> . F. Geoffroy, F. Barreto-Velez	231
<i>Utilización de yuca (Manihot esculenta Crantz) en la alimentación de rumiantes. Revisión II Utilización por rumiantes (en francés)</i> . F. Geoffroy, F. Barreto-Velez	245
<i>Relaciones fósforo-zinc en tres suelos ácidos de Costa Rica. I Comportamiento en el suelo (en español)</i> . E. Guzmán, E. Bornemisza	257
<i>Relaciones fósforo-zinc en tres suelos ácidos de Costa Rica. II. Absorción de los elementos por tomate en el invernadero (en español)</i> . E. Guzmán, E. Bornemisza	265
<i>Respuesta en crecimiento de Cecropia obtusifolia a la fertilización en invernadero (en inglés)</i> . D. L. Hazlett, S. P. Gessel, R. B. Walker	271
<i>Tablas de volumen para Pinus caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá (en español)</i> . L. A. Ugalde	277
<i>Papel de la grasa epicuticular en la adaptación a condiciones de salinidad de Cajanus indicus y Sesamum indicum (en inglés)</i> . G. Gururaja Rao	287
<i>Efecto de diferentes poblaciones de maíz (Zea mays L.) en la producción de raíces de yuca (Manihot esculenta Crantz) al cultivarlos en asocio. II. Aspectos económicos (en español)</i> . R. Meneses, L. A. Navarro, R. A. Moreno	291
<i>Influencia de los portadores de nitrógeno, la luz y la temperatura sobre la composición de aminoácidos libre en plantas de arroz (en inglés)</i> . M. S. Fernandes	297
<i>Efecto de la inoculación de frijol en zonas de temporal en Durango (en español)</i> . M. J. Quintero, S. M. González, C. Calzada, M. A. Castillo, M. Peña	303
<i>Efecto de la fertilización nitrógeno-fosfatada sobre el crecimiento otoño-invernal y la absorción de fósforo en tepes de un pastizal natural (en español)</i> . R. Mendoza, D. H. Cogliatti, M. B. Collantes, M. Kade	311
<i>Efecto de la estructura del follaje sobre el crecimiento y desarrollo de la yuca (Manihot esculenta Crantz) (en inglés)</i> . T. Ramanujam, P. Indira	321
<i>Comunicaciones</i>	327
<i>Un nombre para el híbrido de Digitgrass de la Universidad de Florida (en inglés)</i> . D. W. Hall, S. C. Schank	327
<i>Determinación del período crítico de competencia de las malezas con el frijol (Phaseolus vulgaris L. 'Muy Finca' en el invierno (en español)</i> . L. Cerna Bazán	328
<i>Influencia del clima sobre el rendimiento de vainas y el crecimiento de mani (en inglés)</i> . R. Kurlandaivelu, Y. B. Morachan	332
<i>Efecto de las condiciones de almacenamiento y el tiempo de almacenamiento sobre la calidad de los huevos en Nigeria (en inglés)</i> . O. C. Onwudike, E. B. Sonaiya	335
<i>Notas y comentarios</i>	264-302-304
<i>Reseña de libros</i>	242-339



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

San José, Costa Rica

CR ISSN 0041 - 4360

F. AGUDELO*

M. ROMANO**

H. WASSINK*

R. CUELLO DE UZCATÉGUI**

Summary

*A nuclear polyhedrosis virus (\bar{x} polyhedra = 1.60 x 1.50 μ) with multiple enveloped nucleocapsids was found infecting *Spodoptera frugiperda* larvae collected in corn (*Zea mays*) plants in Venezuela. A dose of 6×10^6 polyhedra ingested by 7 or 10 day-old larvae caused 100 percent mortality with median lethal time of 4.7 and 7.3 days for each age group respectively*

Introducción

El gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) es un insecto de considerable importancia económica en Venezuela (2) con escasa información sobre sus agentes bióticos de control natural (sobre todo microorganismos). Hasta el momento se han mencionado en este país el hongo *Nomuraea* (= *Spicaria*) *rileyi* (10), el protozoario *Nosema laphygmae* (11) y el nematodo *Hexameris* (3) como patógenos de este insecto en condiciones naturales. No existe aún ninguna referencia a virus.

Varias larvas de *S. frugiperda* recolectadas en plantas de maíz (*Zea mays* L.) en varias localidades del Valle de Aragua durante 1981 murieron en el laboratorio al estar siendo criadas en dieta artificial (1). Varios de los cadáveres de esas larvas se tornaron negros con gran desintegración de tejidos. Líquido exudado de estos restos presentaba al ser examinado microscópicamente gran cantidad de cristales poliédricos lo

cual sugería los síntomas típicos de una infección por un virus del tipo poliedrosis nuclear (9).

En este artículo se informa por primera vez la ocurrencia de este tipo de agente infectando a *S. frugiperda* en Venezuela.

Materiales y métodos

Para purificar los poliedros o cuerpos de inclusión (CI) del virus, se colocaron varios cadáveres, que exudaban líquido rico en éstos, en agua destilada y se dejaron descomponer por 8 días a 25°C. La parte sedimentada de esta suspensión fue separada de la fase líquida retirando ésta con una pipeta. El sedimento fue resuspendido en agua destilada, filtrado por gaza estéril y el filtrado centrifugado a 1 600 g por 15 minutos. El precipitado consistió casi enteramente de CI los cuales fueron suspendidos en agua destilada y almacenados a 6°C.

Detalles de forma externa y estructura interna del virus se determinaron usando microscopía electrónica de exploración o de transmisión, respectivamente. Para ésta se hicieron cortes de los CI de la forma siguiente: a una suspensión concentrada de CI se añadió glutaraldehído (2%) en cacodilato bufer 0.1 M pH 6.8 fijándolos por 24 horas a 4°C. Los CI fueron concentrados por centrifugación (400 g. por 5 minutos) y resuspendidos dos veces en cacodilato bufer 0.1 M pH 6.8. Los poliedros se postfijaron por 12 horas con tetraóxido de osmio (2%) en agua destilada, se

¹ Recibido para publicación el 30 de marzo de 1982.

* Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Zoología Agrícola. Postgrado en Entomología. Apdo. 4579. Maracay 2101-A. Venezuela.

** Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). Apdo. 1827. Caracas, Venezuela.

concentraron por centrifugación a (400 g por 5 minutos), se resuspendieron 2 veces en agua destilada (cada lavado 10 minutos). Los CI ya fijados y concentrados se agregaron a agar al 5% a 50°C y se centrifugaron a 6 000 g por 10 minutos. El bloque de agar con los CI incluidos en él fue cortado en bloques de 1 mm³ y deshidratados en una serie de etanol (30, 50, 70, 90, 100%). Se hicieron dos cambios de óxido de propileno y se infiltraron primero por 24 horas en una mezcla 1:1 de Epon 812 más óxido de propileno y luego en Epon 812 por 24 horas. Todas las operaciones anteriores se hicieron a 4°C. Los CI fueron incluidos en Epon 812 y se polimerizaron a 60°C por 48 horas. Los bloques se cortaron en secciones de 60 a 90 nm (ultramicrotomo Porter-Blum MT2); las secciones se colorearon por 5 minutos a 60°C con acetato de uranilo (5% en agua destilada), se lavaron con agua destilada, se volvieron a colorear por 5 minutos a temperatura ambiente con citrato de plomo (7) y se lavaron de nuevo con agua destilada. Las secciones fueron examinadas y fotografiadas con un microscopio electrónico JEOL JEM 100B a 80 KV.

Para la microscopía electrónica de exploración se colocó una pequeña gota de CI purificados por centrifugación sobre un cubreobjetos circular. La gota se dejó secar al aire en el laboratorio y luego fijada con vapor de formaldehído por 24 horas. Los poliedros en la gota fueron observados y fotografiados con un microscopio electrónico explorador Hitachi S-500 a 20 KV.

La infectividad de los CI para larvas de *S. frugiperda* se determinó administrando éstos a larvas de dos edades (7 y 10 días) criadas en el laboratorio. Cada edad estuvo representada por 20 larvas. Un tercer grupo control sirvió como referencia para determinar cualquier posible infección latente de virus en la colonia de donde provenían los insectos. La dosis de CI que ingirió cada larva fue de 6×10^6 (concentración determinada con una cámara contadora de partículas levy, modificada Neubauer). Para obtener la ingestión de los CI por las larvas se colocó una pequeña gota de éstos con una jeringuilla acoplada a un microdispensador (Microdispensador Hamilton PB 600) sobre un disco de 6 mm de diámetro de hoja tierna de maíz (producido en condiciones interiores de gran limpieza). Una vez que cada gota se secó al aire en el laboratorio se colocó cada disco individualmente en una celda húmeda en la cual se confinó una larva de cada una de las edades utilizadas. Al terminar cada larva de ingerir su disco se traspasó con un pincel estéril a un recipiente individual con dieta artificial. La mortalidad larval se determinó cada 24 horas y en cada caso se diagnosticó la causa de muerte por examen microscópico de los tejidos de los cadáveres. La

temperatura durante el periodo experimental osciló entre 23 a 24°C.

Resultados y discusión

El virus encontrado corresponde al tipo poliedrosis nuclear con viriones envueltos en forma múltiple en membranas dentro del CI (Fig 1). Este virus es del mismo tipo mencionado por Kuno infectando *S. frugiperda* en Puerto Rico (5). Los CI tenían 4 ó 5 lados con diámetro no uniforme, con una dimensión a través mayor que la otra (Fig. 2). El tamaño osciló de 1.40 x 1.20 μ a 1.90 x 1.60 μ (\bar{x} = 1.60 x 1.50 μ ; n = 20; s = 0.80 y 0.70 para la mayor y menor dimensiones respectivamente).

El virus fue altamente patogénico para larvas de 7 y 10 días de edad. Todas las larvas más jóvenes sucumbieron más rápido que las larvas más desarrolladas (Fig. 3) con tiempos letales medios de 4.7 y 7.3 días para cada grupo respectivamente. Esta diferencia puede interpretarse como un aumento en la resistencia de las larvas mayores a la infección viral probablemente explicable en base a su mayor peso lo cual contribuye a una disminución promedio de la dosis viral por unidad de peso de la larva (4). Susceptibilidad diferencial de larvas de lepidopteros a infecciones con virus de poliedros nuclear son conocidas también en el caso de *Malacosoma distria* (Hubner) (8) y *L.ambdina sonniaria* (Hulst) (6).

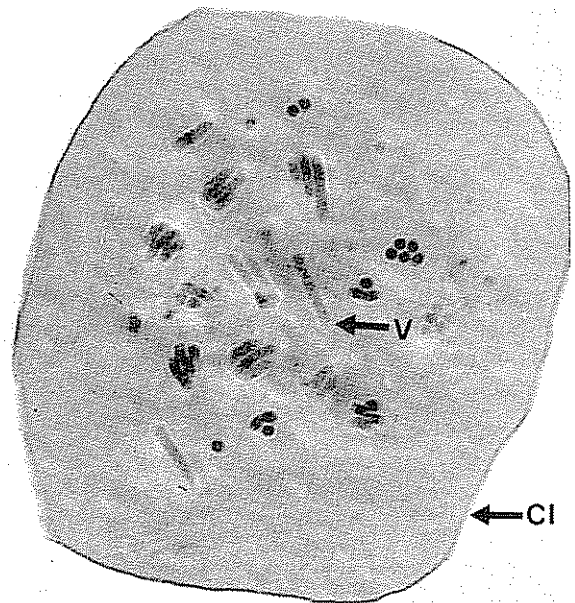


Fig 1 Corte de cuerpo de inclusión (CI) de virus de poliedrosis nuclear de *S. frugiperda* V = virión (32500 X). Microscopio electrónico de transmisión

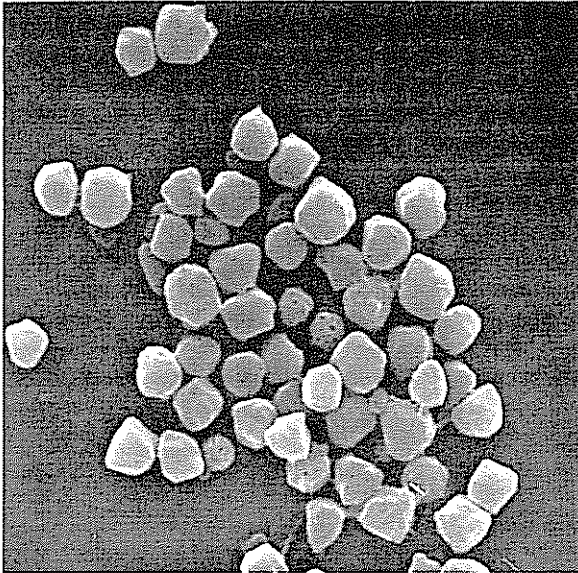


Fig 2 Cuerpos de inclusión de poliedrosis nuclear de *S frugiperda*, vistos con un microscopio electrónico explorador (4300 X).

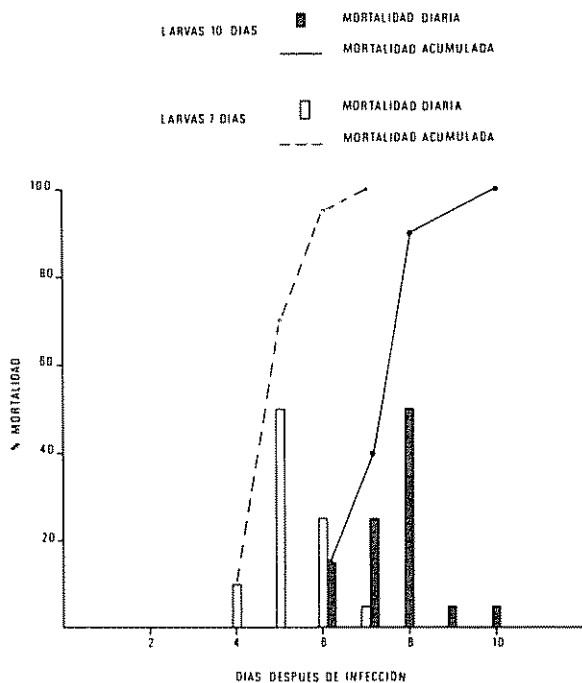


Fig 3. Patogenicidad de una poliedrosis nuclear para larvas de *S frugiperda* de 7 y 10 días de edad.

Es necesario continuar el estudio de este virus para determinar los estados más susceptibles del insecto y el efecto de la infección en la capacidad de la larva para consumir follaje de maíz. Esta información en

adición a pruebas de seguridad para otros organismos no considerados dañinos y capacidad de producción masiva del virus contribuirá al uso de esta poliedrosis como agente de manejo de poblaciones de *S. frugiperda* en Venezuela y otros países.

Resumen

Se halló un virus del tipo poliedrosis nuclear (\bar{x} de los poliedros = 1.60 x 1.50 μ) infectando larvas de *Spodoptera frugiperda* recolectadas en maíz (*Zea mays*) en Venezuela. Una dosis de 6×10^6 poliedros ingeridos por larvas de 7 ó 10 días de edad causó 100 por ciento de mortalidad, con tiempos letales medios de 4.7 y 7.3 días respectivamente.

Literatura citada

- BOWLING, C.C. Rearing of two lepidopterous pests of rice on a common artificial diet. Annual Entomology Society American 60(6):1215-1216. 1967.
- CLAVIJO, S. y NOTZ, A. Fluctuaciones poblacionales en maíz de *Spodoptera frugiperda*, *Delphax maidis* y *Dalbulus maidis*, en San Nicolás Estado Portuguesa, Venezuela bajo condiciones de época lluviosa. Boletín Entomología Venezolana N.S. 1(1):1-20. 1978.
- GUAGLIUMI, P. Las plagas de la caña de azúcar en Venezuela. Tomo II. pp. 569. Ministerio de Agricultura y Cría. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Caracas, Venezuela 1962.
- IGNOFFO, C.M. Effects of age on mortality of *Heliothis zea* and *Heliothis virescens* larvae exposed to a nuclear polyhedrosis virus. Journal Invertebrate Pathology 8:279-282. 1966.
- KUNO, G. A nuclear polyhedrosis virus of *Spodoptera frugiperda* isolated in Puerto Rico. Journal Agriculture of University of Puerto Rico 63:162-169. 1979.
- MORRIS, O.N. Quantitative infectivity studies on the nuclear polyhedrosis of the western Oak looper, *Lambdina fiscellaria somnaria* (Hulst). Journal Insect Pathology 4:207-215. 1962.
- REYNOLDS, E.S. The use of lead citrate at high pH as an electron opaque stain in electron

- microscopy. *Journal of Cell. Biology* 17:208-212. 1963.
8. STAIRS, G.R. Quantitative differences in susceptibility to nuclear polyhedrosis virus among larval instars of the forest tent caterpillar, *Malacosoma disstria* (Hubner). *Journal Invertebrate Pathology* 7:427-429. 1965.
9. STEINHAUS, E.A. Principles of insect pathology. McGraw-Hill Book Company, Inc. 1949. 757 p. New York.
10. TERAN, J. Microorganismos patógenos de insectos plagas. In: *Memorias de las Jornadas Técnicas del Instituto de Zoología Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela. 1976.* pp. 45-48.
11. WEISER, J. *Nosema laphygmae* ni sp. and the internal structure of the microsporidian spore. *Journal Insect Pathology* 1:52-59. 1959.

DISPONIBILIDAD Y CONTENIDO DE COBRE, ZINC Y MANGANESO EN UN ULTISOL Y UN INCEPTISOL BAJO DIFERENTES NIVELES DE MANEJO¹ /

R. SERPA*
E. BORNEMISZA*

Summary

Two acid soils (an Ultisol and an Inceptisol), both of which were subjected to intensive or extensive cultivation prior to the experiment, were limed at different levels (exchangeable Al times 0, 1.5, or 3) and treated with zero or 30 kg ha⁻¹ of Zn. Tomato was grown in the greenhouse to study the effects of the treatments.

It was observed that Cu absorption by the plant was little affected by liming in both soils, the high Cu Inceptisol or the low Cu Ultisol. For both intensities of management, the soil Cu content increased slightly during the experiment.

Liming resulted in a decrease of Zn extraction by tomato from the Ultisol and changed little for the Inceptisol, due to the strong buffer capacity of this last soil. The amount of extractable Zn was increased by the application of the element but its absorption by tomato was not.

High levels of extractable Mn were found in both soils. No effects of management nor of liming were detected on the absorption of the element by tomatoes, probably because not even the highest level of liming increased the pH above 5.9.

Introducción

La influencia de diferentes niveles de manejo sobre los suelos ha recibido una misma atención en la literatura especializada, a pesar de constituir una de las informaciones necesarias para desarrollar sistemas de cultivo eficientes y duraderos en los trópicos húmedos.

En este trabajo se analiza la variación del contenido de microelementos catiónicos en suelos manejados en forma diferente. Se resalta particularmente la pro-

blemática de estos nutrimentos, ya que la información sobre ellos en el trópico húmedo, en general, es reducida (4, 12) más limitada todavía en condiciones de Costa Rica (6, 7). Esta investigación fue desarrollada en laboratorio y en invernadero, se trabajó con dos suelos ácidos del trópico húmedo sometidos a diferentes intensidades de manejo en su ambiente natural, previos a su estudio.

Materiales y métodos

Suelos

Se escogió dos suelos, uno del sector de ganadería del CATIE (Turrialba) y otro de Juntas de Pacuar (San Isidro del General), ambos fueron sometidos previamente a intensidades altas y bajas de manejo. El suelo dentro del CATIE está localizado en latitud Norte 9°53' y longitud Oeste de 83°39'. El suelo en Juntas de Pacuar, en latitud Norte 9°17' y longitud Oeste 83°38'.

¹ Recibido para publicación el 10 de diciembre de 1982. Este trabajo incluye material de la tesis de M.S. del primer autor, presentado al programa de posgrado UCR-CATIE. La investigación recibió apoyo parcial de Consejo Nacional para Investigación Científica y Tecnológica de Costa Rica.

* Estudiante y profesor del Programa de Posgrado UCR-CATIE.

Este último suelo es un Ultisol (12) y el del CATIE es un Inceptisol de la serie Colorado (1), ambos de baja fertilidad. En el Cuadro 1 se menciona las prácticas de manejo a las cuales fueron sometidos los suelos, previamente al estudio y en el Cuadro 2 se presentan las propiedades de ellos.

La intensidad alta de cultivo consistió en la producción de dos cosechas al año de cultivos múltiples y en la aplicación de un promedio de 0.5 t/ha de un abono completo y de 2.2 t/ha de cal agrícola (CaCO_3). El manejo de baja intensidad conservó el suelo en pasto, sin ninguna adición para San Isidro del General y de solamente 100 kg de N ha^{-1} año^{-1} para el suelo Colorado.

Análisis de suelos

La textura de los suelos se determinó con el método de Bouyoucos modificado por Hardy y Bazán (8). El pH se midió en agua y en KCl 1 N, usando una relación 1:2.5.

Los elementos de Cu, Zn y Mn fueron extraídos con la solución de Olsen Modificada (5) y con HCl 0.1 N, y se los determinó por absorción atómica. Otros elementos fueron también obtenidos con la solución de Olsen modificada (5).

Métodos de invernadero

En este estudio se usó tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) var Indian River, como planta indicadora. Los tratamientos de encalado del suelo fueron: sin cal, encalando a un 150% y un 300% de su acidez

intercambiable. Con base en las curvas de adsorción de Zn se aplicó 0 y 30 kg de Zn/ha. La necesidad de nutrimentos se determinó por medio de curvas de fijación obtenidas de acuerdo a la técnica descrita por Díaz-Romeu y Hunter (5), haciendo aplicaciones que aseguraran un crecimiento adecuado.

Las plantas fueron cultivadas en recipientes de un litro, dejando crecer sólo cinco, 45 días después de sembradas. Para el diseño experimental se fijó un bloque al azar con arreglo factorial de parcelas subdivididas, resultando 24 tratamientos y repetidos cuatro veces.

Análisis foliar

Las plantas cosechadas fueron desecadas en una estufa con aire forzado, pesadas y molidas en un molino Micro-Wiley. Alicuotas de este material fueron digeridas en mezcla nitro-perclórica (5:1), filtradas y llevadas a un volumen de 100 ml. De esta solución se tomó las alicuotas necesarias para la determinación de los elementos por absorción atómica.

Resultados y discusión

Cobre

Los dos suelos estudiados variaron significativamente en su contenido de este elemento. El suelo Colorado contenía más Cu (21-41 ppm) que el de Juntas de Pacuar (5-9 ppm), aparentemente se debe a su origen más reciente y a una mayor capacidad de retención del elemento, tal vez por su más alto conte-

Cuadro 1. Tipos de manejo a que fueron sometidos los suelos del sector Ganadería del CATIE (Colorado) y Las Juntas de Pacuar de San Isidro del General.

		1977	1978	1979	1980
Colorado	Manejo tradicional	Pastos	Pastos	Pastos	Pastos
	Manejo con sistemas	Pastos	Pastos	Maiz/frijol-maiz-frijol	Maiz-frijol
Pacuar	Manejo tradicional	Pastos	Pastos	Pastos	Pastos
	Manejo con sistemas	Maiz/frijol ¹	Maiz/frijol-maiz/frijol	Maiz/frijol-maiz/frijol	Maiz/frijol-maiz/frijol
		Maiz/frijol-frijol			
		Maiz/frijol-maiz/frijol			
	Maiz-Vigna ²				
	Maiz/vigna-vigna				
	Maiz/vigna-maiz-vigna				

1 Maiz/frijol – maíz asociado con frijol con base en un arreglo espacial

2 Maiz/vigna – maíz seguido por vigna con base en un arreglo cronológico

nido de materia orgánica (Cuadro 2). En la Figura 1 se observa que para ambos suelos tanto el manejo como el poco intensivo aumentaron el contenido de Cu. En el caso del Ultisol, los cambios fueron menores que en el caso del Inceptisol; en este último, los cambios son importantes y, en general, el efecto del manejo afectó significativamente (al 1%) el contenido. La influencia del encalado sobre el contenido de Cu se presenta en la Figura 2. Se observa que el contenido de cobre es poco afectado por las aplicaciones de cal, quizá su reducida influencia se debe a que no se llegó a un pH de 6.3 donde, según Bingham *et al.* (2), comienza la precipitación del elemento como $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

En la Figura 3 se presentan los niveles de Cu extraídos por plantas de los dos suelos, a los tres niveles de neutralización. Se nota que en el Inceptisol, al aumentar la neutralización aumenta la producción y por lo tanto la extracción del elemento. En el Ultisol se advierte un cambio fuerte cuando se neutraliza a 150% de la acidez y una disminución posterior.

Zinc

En la Figura 4 se presenta los contenidos de Zn antes y después del experimento para ambos manejos y las dos aplicaciones del elemento en los dos suelos. Los contenidos son bajos (2-9 ppm para el Inceptisol y 2 a 11 ppm para el Ultisol). Para los tratamientos con Zn, igual a cero, ocurre un ligero aumento en el

nivel del elemento para ambos suelos y niveles de manejo. Se estima que el zinc proviene de la mineralización de la materia orgánica promovida en el transcurso del experimento en el invernadero. Cuando se aplica Zn al suelo, la parte soluble del elemento disminuye en el transcurso del experimento indiferente-

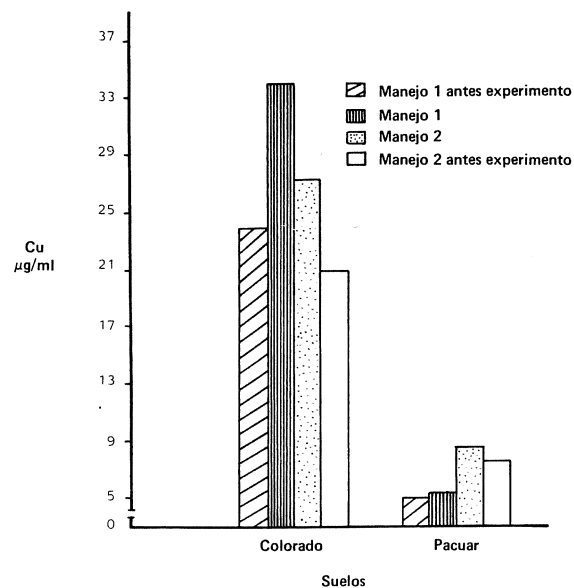


Fig. 1. Variación en el contenido de cobre extraíble según el tipo de manejo.

Cuadro 2. Algunas características químicas y físicas de los suelos del sector de Ganadería del CATIE y Las Juntas de Pacuar.

Característica	Colorado		Juntas de Pacuare	
	Manejo tradicional	Manejo con sistema	Manejo tradicional	Manejo con sistema
pH H ₂ O	4.9	5.5	4.9	4.8
pH KCl	4.3	5.0	4.2	4.3
M.O (%)	7.4	6.1	3.9	4.6
Ca (meq/100 ml)	1.3	6.8	1.6	2.5
Mg (meq/100 ml)	0.51	0.50	0.66	1.00
K (meq/100 ml)	0.19	0.23	0.25	0.3
Acidez (meq/100 ml)	3.2	0.7	7.4	3.7
Al (meq/100 ml)	2.9	0.6	5.7	3.6
P (µg/ml)	9.4	8.0	5.5	1.3
Cu (µg/ml)	24.0	21.0	4.5	7.5
Zn (µg/ml)	2.5	3.9	2.7	4.7
Mn (µg/ml)	100.0	70.0	116.0	121.0
Fe (µg/ml)	140.0	118.0	100.0	410.0
Sat. Bases (%)	38.5	91.4	25.4	50.7
Sat. Acidez (%)	61.5	8.6	74.6	49.3
Arena (%)	30.0	25.0	24.0	19.0
Limo (%)	19.0	23.0	22.0	23.0
Arcilla (%)	51.0	52.0	54.0	58.0
Tipo textural	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso

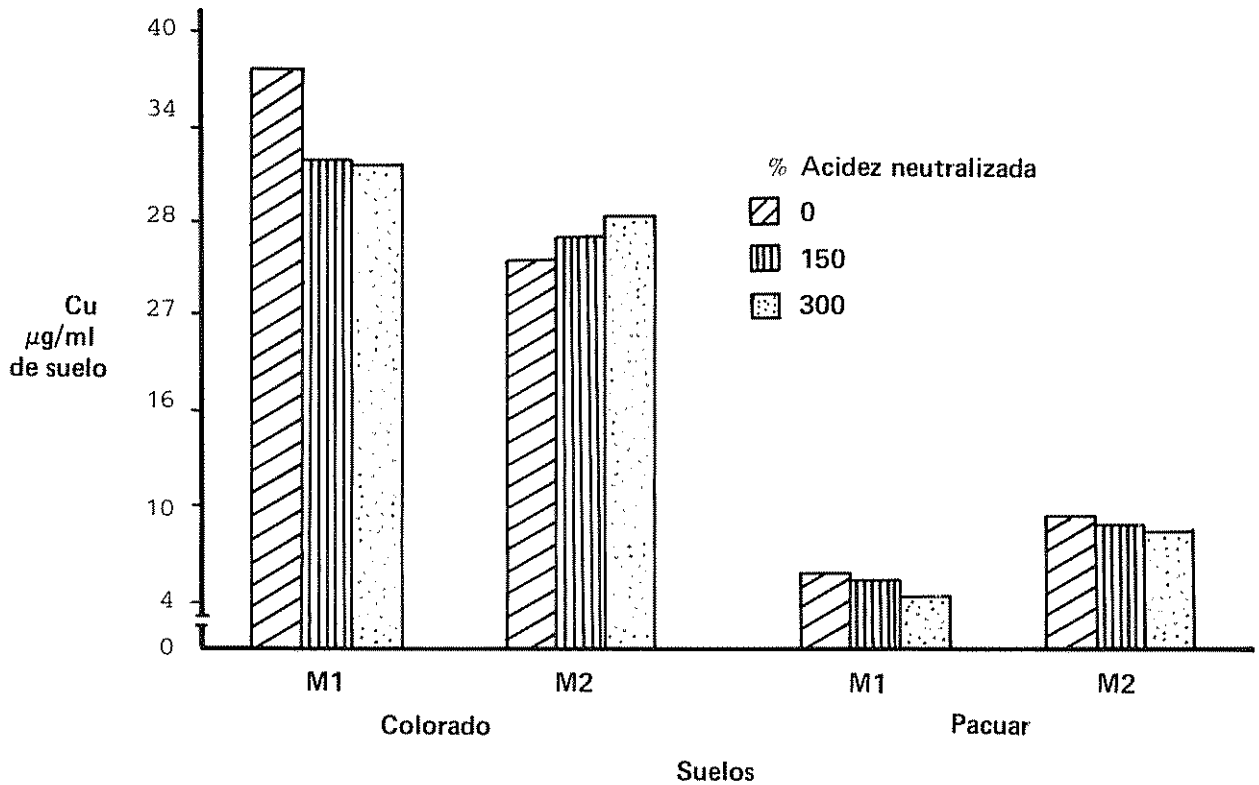


Fig 2 Comportamiento de cobre extraíble en cada tipo de manejo de suelos en relación a los niveles de neutralización de acidez (M1 = Manejo 1; M2 = Manejo 2)

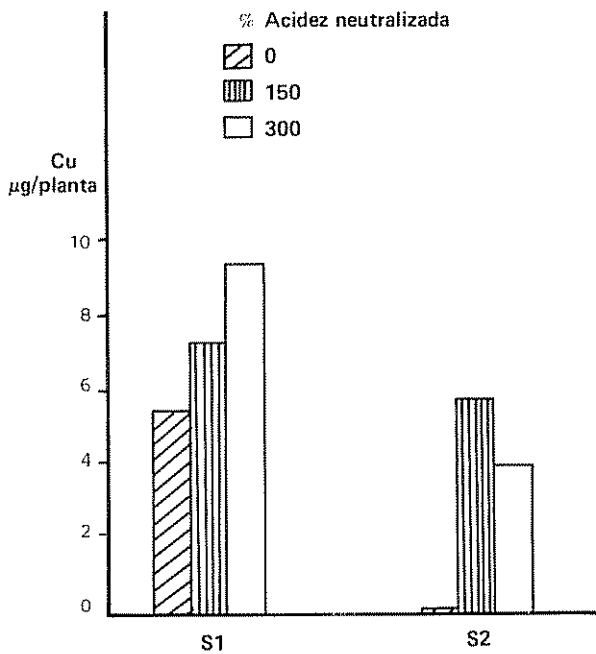


Fig. 3 Variación del Cu extraído por la planta de los dos suelos (S1 = Inceptisol, S2 = Ultisol), en relación a los niveles de neutralización de acidez.

mente del suelo o del manejo, lo que coincide con lo informado en la literatura (3). La aplicación de Zn (30 kg ha^{-1}) resultó en diferencias significativas (al 5%) entre niveles de lo extraíble como se aprecia en las Figuras 5 y 6; pero sin mucho efecto sobre la extracción del elemento presentado en el Cuadro 3. Las figuras antes mencionadas indican que los tratamientos con cal tuvieron poco efecto sobre la disponibilidad de Zn en el suelo Colorado, para el cual se detectó un poder bofer muy fuerte en un trabajo previo (3). Por el contrario, en el Ultisol se observa un decrecimiento claro de la disponibilidad al aumentar el nivel de encalado; este coincide con lo indicado por Kamprath (9) en relación al pH y a la disponibilidad de Zn.

Manganeso

En la Figura 7 se observa el contenido de manganeso extraíble de los dos suelos como la influencia del manejo y del experimento en el invernadero sobre ellos. Se nota que, en general, el contenido de Mn es alto, valor normal si se considera la alta acidez de estos suelos (el contenido en el suelo Colorado varía entre 18 y 111 ppm y en el suelo Junta de Pacuar entre 103 y 117 ppm). En el caso del manejo exten-

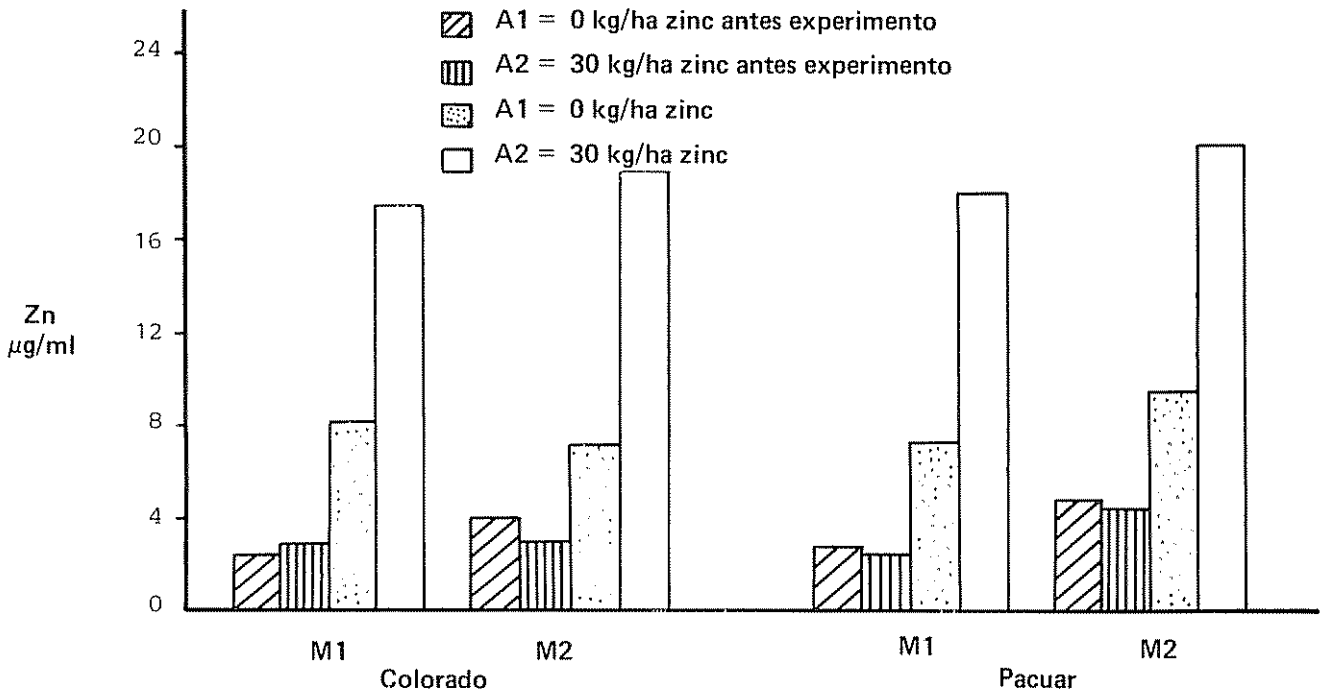


Fig 4 Variación del zinc extraíble según el tipo de manejo de suelo y al nivel de aplicación de zinc (M1 = Manejo 1; M2 = Manejo 2).

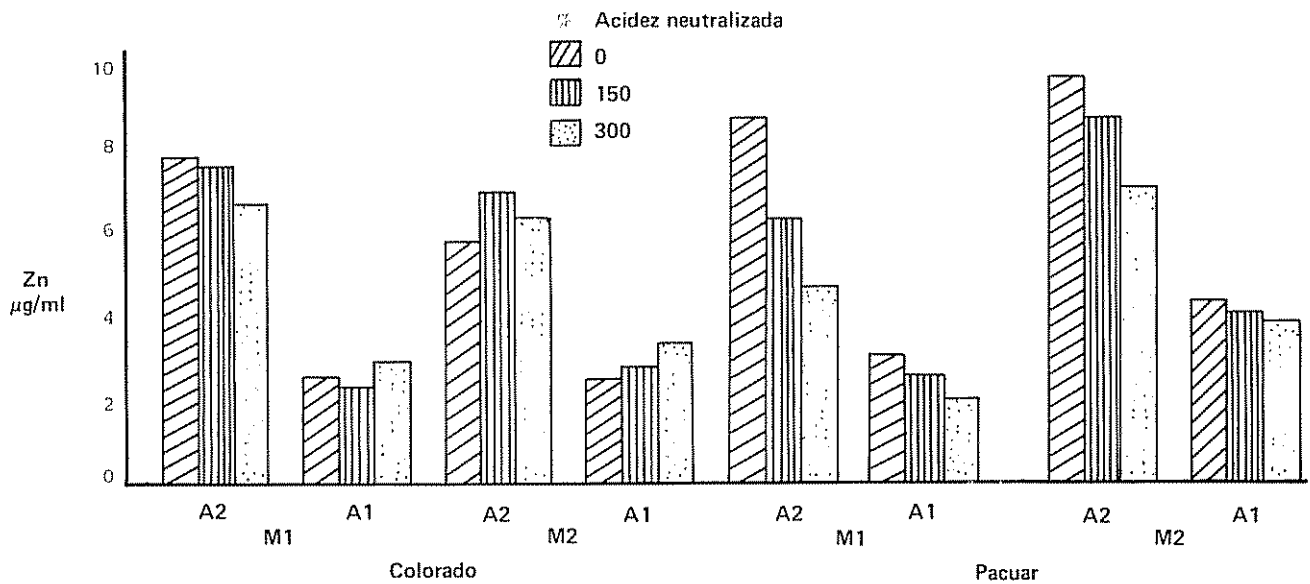


Fig 5 Variación del contenido de zinc extraíble según los niveles de neutralización de acidez en relación a las cantidades de zinc aplicadas y al tipo de manejo de suelos (A1 = 0 kg/ha zinc, A2 = 30 kg/ha zinc)

sivo se observa para ambos suelos un pequeño descenso, mientras que el efecto del manejo intensivo es pequeño e indefinido.

En la Figura 8 se presenta la variación de este elemento en función del encalado aplicado. Para el suelo

Colorado el manejo intensivo, que involucra encalado, resultó en la reducción del Mn.

La extracción de Mn por la planta se presenta en el Cuadro 3 en el cual se muestra que el nivel intermedio del encalado (A1 x 1.5) resultó en la extracción

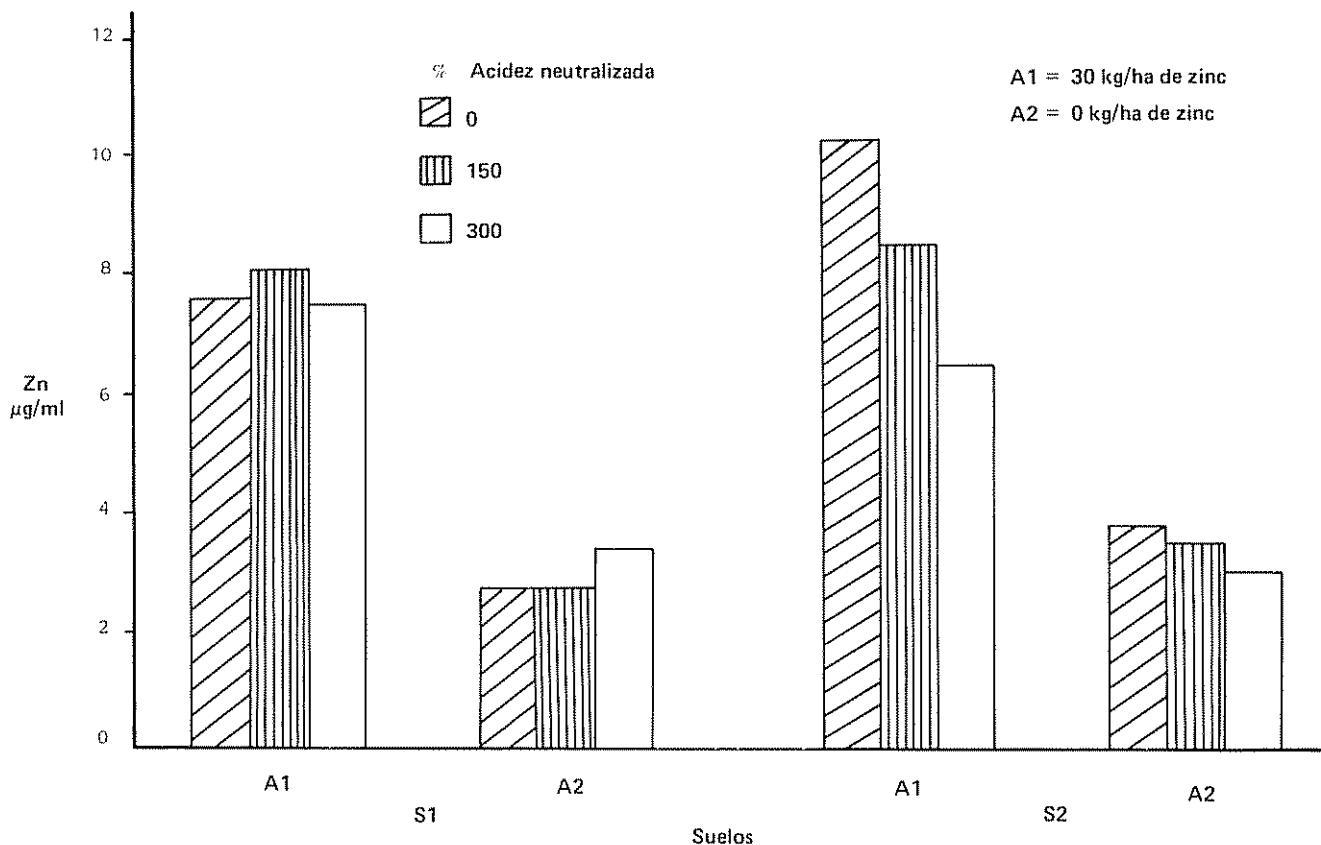


Fig 6 Variación del zinc extraíble según los niveles de neutralización de acidez en relación a los niveles de aplicación de zinc en los suelos (S1 = Inceptisol; S2 = Ultisol).

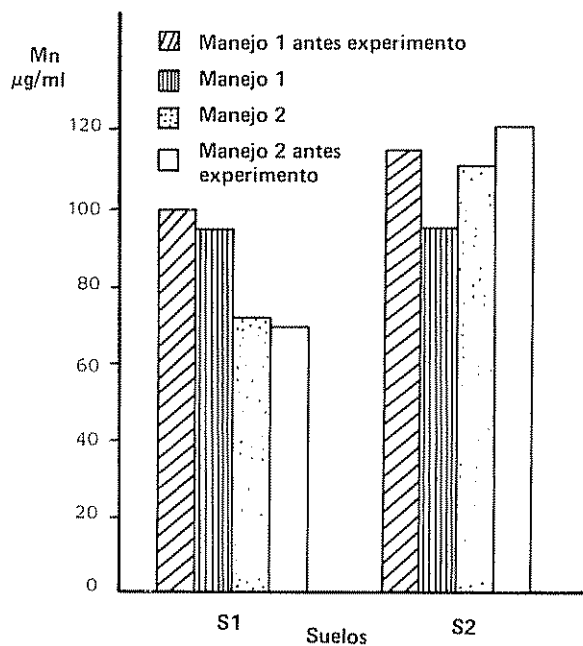


Fig. 7 Variación en el contenido de manganeso extraíble según el tipo de manejo (S1 - Inceptisol; S2 = Ultisol)

óptima; se estima debido al efecto favorable de la eliminación del Al por el encalado sin que suba mucho el pH, lo que presenta una disponibilidad reducida en ambos casos (10). Esta última se debe, en el caso del Al, a su precipitación como gibbsita y en el caso del Mn, al establecimiento de condiciones más favorables para la formación de Mn (IV) el cual se precipita como dióxido (MnO_2).

Resumen

En este estudio se utilizó suelos ácidos (un Ultisol y un Inceptisol) que recibieron dos niveles de manejo, uno intensivo y otro extensivo previos al experimento. Además se evaluó el efecto de la neutralización de la acidez con diferentes cantidades de cal (0, 1.5 ó 3 veces el Al intercambiable) y la aplicación de dos niveles de Zn (0 y 30 kg ha^{-1}) en un experimento de invernadero con tomate, como planta indicadora.

Se observó que la absorción de Cu por las plantas fue poco afectada por el encalado, tanto en el Inceptisol (de alto contenido de Cu), como en el Ultisol (de bajo contenido de Cu). Para ambos niveles de manejo

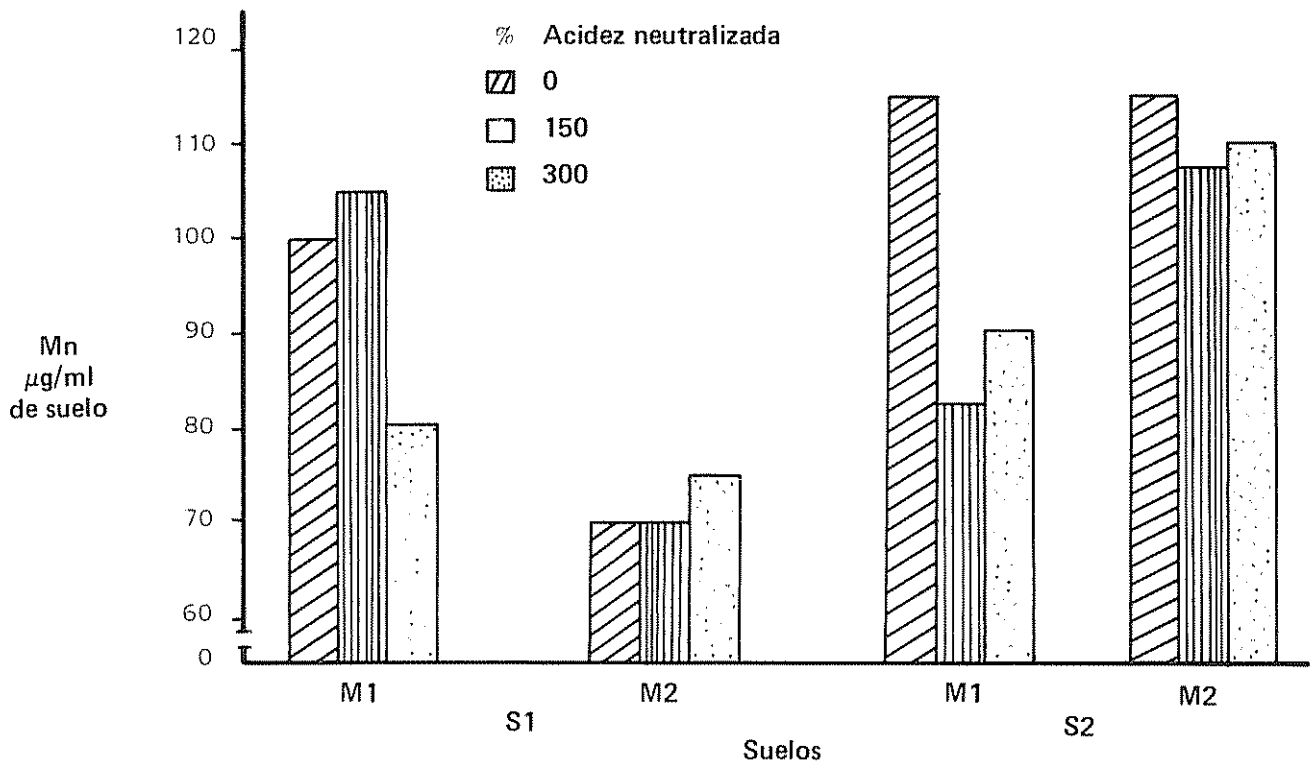


Fig 8. Variación del manganeso extraíble según los niveles de neutralización de acidez en relación al tipo de manejo de suelos (S1 = Inceptisol; S2 = Ultisol; M1 = manejo 1; M2 = manejo 2)

Cuadro 3. Extracción de Zn, Cu y Mn (mg/planta) promedio de cuatro repeticiones por el tomate en suelos con diferentes tratamientos.

Suelo	Tecnología	Nivel de neutralización del Al del suelo %	Zn aplicado kg/ha	Contenido foliar de		
				Zn	Cu	Mn
Colorado (Inceptisol)	Baja	300	30	32	8	501
			0	35	9	412
		150	30	35	9	1 019
			0	33	10	1 080
		0	30	3	0.3	30
			0	1	0.1	12
	Alta	300	30	25	12	293
			0	32	9	279
		150	30	19	5	172
			0	28	5	296
		0	30	35	8	356
			0	39	15	557
Junta de Pacuar (Ultisol)	Baja	300	30	22	5	192
			0	15	6	154
		150	30	50	7	376
			0	29	13	361
		0	30	8	0.2	64
			0	2	0.1	24
	Alta	300	30	25	4	245
			0	16	2	254
		150	30	13	1.5	180
			0	16	4	293
		0	30	5	1	38
			0	3	0.2	56

se presentó un ligero aumento del contenido de este elemento durante el transcurso del experimento.

La extracción de Zn por el tomate disminuyó con el encalado en el Ultisol y varió poco en el Inceptisol, debido al elevado poder tampón del último suelo. La aplicación de Zn aumentó el nivel extraíble del elemento, pero no su absorción por el tomate.

Se encontró altas cantidades de Mn extraíble en ambos suelos y no se observó un efecto claro de los niveles de manejo sobre este elemento. Sorprendentemente no se detectó un efecto claro del encalado ni en la disponibilidad, ni en la extracción del Mn por el tomate; probablemente debido a que aun la máxima dosis de encalado no elevó el pH a un valor mayor que 5.9.

Literatura citada

1. AGUIRRE, V. Estudios de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 139 p.
2. BINGHAM, F.T., PAGE, A.L. y SIMS, J.R. Retention of Cu and Zn by Montmorillonite. *Soil Science Society of America Journal* 28(3):351-354. 1964.
3. BORNEMISZA, E., LAROCHE, F.A. y FASSBENDER, H.W. Effects of liming on some chemical characteristics of a Costa Rican latosol. *Soil and Crop Science Society of Florida, Proceedings* 27:219-226. 1967.
4. DROSDOFF, M. Soil micronutrients. In: *Soil of humid tropics*. Committee on Tropical Soils. Natural Research Council, National Academy of Science. (Eds.) Washington, D.C. 1972. pp. 150-162.
5. DIAZ-ROMEU, R. y HUNTER, A. Metodología y muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigación e invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 61 p.
6. FLORES, R.A., BORNEMISZA, E. y ALVARADO, A. Influencia de propiedades de suelos del Pacífico Sur de Costa Rica sobre su contenido de cationes menores. I. Manganeso intercambiable y soluble en reductor. *Turrialba*, 29(2):97-104. 1979.
7. FLORES, R.A., BORNEMISZA, E. y ALVARADO, A. Influencia de propiedades de suelos del Pacífico Sur de Costa Rica sobre su contenido de cationes menores. II. Cobre y Zinc extraíbles. *Turrialba* 29(2):105-110. 1979.
8. HARDY, F. y BAZAN, R. Análisis de textura. Método de Bouyoucus. In: *Curso de Productividad y Fertilidad de Suelos*. 1975. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 721 p.
9. KAMPRATH, E.J. Potential detrimental effects from liming weathered soil to neutrality. *Soil and Crop Science Society of Florida, Proceedings* 31:200-203. 1971.
10. PEARSON, R.W. Soil acidity and liming in the humid tropics. *Cornell University International Agriculture Bulletin* No. 30. 1975. 66 p.
11. PEREZ, S. y ALVARADO, A. Suelos de Pérez Zeledón. 1978. Copia de trabajo preparado con base a un mapa no publicado.
12. SERPA, R. y BORNEMISZA, E. Influencia del manejo de dos suelos del trópico húmedo sobre sus propiedades químicas. *Turrialba* 32(2):137-148. 1982.
13. SILLAMPAA, M. Trace elements in soil and agriculture. Roma, FAO, Bull. No. 7. 1972. 67 p.
14. SOTO, C. Estudio de la concentración y distribución de los micronutrientes en un transecto de Nicaragua. Tesis M.S. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1973. 139 p.
15. VIETS, F.G. y BOAWN, L.C. Zinc. In: Black, C.A. et al (eds) *Methods of soil analysis*. II. Madison, Wisconsin, Ames, Society Agriculture Inc. 1965. pp. 1090-1101.

REVUE SUR LE MANIOC (*Manihot esculenta* CRANTZ) DANS L'ALIMENTATION DES RUMINANTS: I. COMPOSITION CHIMIQUE, VALEUR ALIMENTAIRE, TOXICITE ET CONDITIONNEMENT¹ /

F. GEOFFROY*
F. BARRETO-VELEZ**

Resumen

Después de una breve presentación de las características de producción, los autores enfatizan particularmente en la composición química y el valor alimenticio (cantidad ingerida y digestibilidad) de las raíces y hojas de yuca y acometen los aspectos de toxicidad, detoxificación y acondicionamiento de esos productos.

Introduction

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz), euphorbiacée cultivée dans l'ensemble du monde tropical, constitue l'une des principales ressources alimentaires de ces pays. La production mondiale est de l'ordre de 105 000 000 tonnes pour une surface plantée de 11 551 000 hectares. Selon Coursey et Halliday (18) 90% de cette production serait utilisée en alimentation humaine; le reste étant destiné à l'alimentation du bétail (porcs – ruminants essentiellement), des volailles et à l'industrie (chimie des sucres, alcools, etc.). Cette situation évolue cependant rapidement en raison de la demande accrue en manioc sur le marché mondial et en particulier sur le marché européen (les importations ont été multipliées par 5 et 6 entre 1970 et 1980) en vue de son introduction dans les aliments du bétail en remplacement des céréales dont les prix sont beaucoup plus élevés.

Les principaux pays exportateurs de manioc sont actuellement le Brésil et la Thaïlande dont la production dépasse très largement les besoins de la consommation humaine.

¹ Reçu le 14 Juillet 1982.

* Station de Recherches Zootechniques – Centre I.N.R.A. Antilles – Guyane. 97170 PETIT-BOURG Guadeloupe, (Antilles Françaises).

** Finca "La Cabaña", Ubate Cundinamarca. Colombia.

La revue bibliographique que nous présentons ici se propose de faire le point des travaux réalisés d'une part sur la composition chimique et la valeur alimentaire du manioc et d'autre part sur son utilisation dans l'alimentation des ruminants.

Caractéristiques de la production

Ecologie

Le manioc est cultivable entre les 30^e parallèles Nord et Sud, mais les zones de grandes cultures sont essentiellement localisées entre les 15^e parallèles Nord et Sud.

Le manioc possède une très grande faculté d'adaptation tant sur le plan des sols, il sait se satisfaire de sols très médiocres pourvu qu'ils ne soient pas inondables; il s'accommode de températures comprises entre 10 et 30°C avec un optimum de 20°C, que du régime hydrique, il peut être cultivé dans des zones recevant de 500 mm à plusieurs milliers de millimètres par an. Il est en revanche très sensible au photopériodisme, l'optimum semble être de 12 heures (31), et au régime des vents en raison de la fragilité de ses bois.

Conditions de culture

Le manioc peut être planté toute l'année mais dans la pratique, l'époque de plantation correspond

souvent au début de la saison des pluies. Les boutures (bois d'environ 20 cm de longueur et de 2 à 4 cm de diamètre) quelle que soit la variété (douce ou amer) sont mises en terre verticalement ou légèrement inclinées soit en terrain plat soit sur billons, à une densité de 10 à 15 000 pieds par hectare

L'entretien et la défense des cultures contre les maladies (mycoses, bactérioses, viroses), les attaques d'insectes (fourmi-manioc, mouche du manioc, etc) et l'envahissement des plantes parasites sont de plus en plus réalisés par l'application de divers traitements phytosanitaires (herbicides, insecticides) adaptés à la situation

Rendements

Les rendements (racines) présentent une grande variabilité 5 à 100 tonnes par hectare (5), selon la variété cultivée et les conditions de culture (nature du sol et fumure)

Au moment de la récolte qui intervient en moyenne à l'âge de 12 mois, le rapport entre les quantités de racines et de partie aérienne (bois + feuilles)

varie de 1 (28, 44) à 1.3 (17) en fonction des cultivars et des techniques culturales appliquées

Production de fourrage

La production de fourrage à partir du manioc peut être envisagée sous deux aspects: soit en effectuant un prélèvement occasionnel sur une culture destinée à la production de racines (32), soit en exploitant régulièrement la culture comme toute autre culture fourragère. Les quantités récoltées dans l'un et l'autre cas sont très variables et dépendent essentiellement de la variété cultivée, de la nature et du niveau de la fumure. Ainsi, Montaldo et Montilla (41) récoltant les fanes de manioc à 3, 6, 9, 12, 14 et 17 mois obtiennent 31.9 tonnes de matière sèche par hectare d'un fourrage dont la teneur en matières azotées totales est comparable à celle d'une légumineuse (18.2%)

Composition et valeur alimentaire

Composition chimique (Tableaux 1 et 2)

Les racines de manioc se caractérisent par une teneur en matière sèche relativement élevée (30% et

Tableau 1. Composition chimique du manioc.

	MS	Pourcentage de matière sèche					Auteurs
		MO	MAT	C.B.	Lipide	ENA	
Racines	37.6	98.1	1.06	2.1	0.5	94.4	Mahendranathan (36)
	—	97.8	1.7	3.2	0.8	92.1	Devendra (22)
	33.3	96.7	2.55	4.88	1.02	88.25	Barrios and Bressani (3)
	29.8	96.98	—	—	—	—	—
	—	95.0	2.0	4.0	0.69	75.7	Lim Han Kwo (35)
	—	98.2	2.5	3.5	0.3	79.8	Müller <i>et al.</i> (43) Müller
	36.07	98.8	0.98	1.28	0.99	87.8	Castillo <i>et al.</i> (10)
35.0	98.6	1.25	1.45	0.29	88.1	Maner (38)	
Feuilles	—	—	25.0	13.3	—	—	Montaldo (42)
	26.0	95.1	23.0	23.9	4.7	43.5	Mahendranathan (36)
	—	92.2	23.2	21.9	4.8	42.2	Devendra (21)
	23.3 ± 3.0	94.9 ± 1.1	23.4 ± 1.2	13.3 ± 5.9	3.1 ± 0.9	53.3 ± 6.8	Devendra (22)
Tiges	—	91.1	10.9	22.6	9.7	47.9	Devendra (21)
Feuilles +	—	—	17.2	23.5	—	—	Montaldo (42)
	23.1	92.6	19.5	16.9	5.2	51.0	Mahendranathan (36)
Tiges	14.6	92.0	15.3	13.1	4.3	44.6	Juarez (32)

MS — Matière Sèche (Dry Matter)

MO — Matière Organique (Organic Matter)

MAT — Matières Azotées Totales (N x 6.25) (Crude protein)

CB — Cellulose brute (Crude fiber)

ENA — Extractif non azoté (Nitrogen Free extract)

Tableau 2. Composition moyenne des protéines de la partie aérienne du manioc comparée à celle du soja (d'après Muller *et al.* (43)) en g pour 16 d'azote.

Protéines	Feuilles	Feuilles + Tiges	Farine de Soja
Arginine	5.21	3.89	7.41
Cystine	1.18	0.98	1.52
Glycine	4.92	5.10	5.23
Histidine	2.47	2.32	2.39
Isoleucine	4.12	4.40	5.45
Leucine	10.09	8.75	6.97
Lysine	7.11	5.89	6.32
Méthionine	1.45	1.83	1.52
Phénylalanine	3.87	4.37	4.79
Thréonine	4.70	5.70	4.14
Tryptophane	1.09	1.24	1.30
Tyrosine	3.97	4.12	3.27
Valine	6.18	8.43	5.23

plus) et une très forte teneur en extractif non azoté dont l'amidon est le constituant principal (70 à 90% de la matière sèche). Les teneurs en cellulose brute et en matières azotées sont en revanche faibles (2 à 7%) ou très faibles (1 à 2% de la matière sèche).

La partie aérienne (feuilles + tiges) présente une forte teneur en matières azotées totales (de 15 à 25%) de la matière sèche, selon la variété cultivée et de l'époque de prélèvement, sensiblement équivalente à celle d'une légumeuse. La composition en acides aminés de ces protéines (Tableau 2) malgré un léger déficit en acides aminés soufrés, est très proche de celle des protéines de soja.

La teneur en cellulose brute des feuilles et des tiges varie de 13 à 24% de la matière sèche selon l'âge à la récolte mais reste toujours inférieure aux teneurs couramment rencontrées dans les fourrages tropicaux et en particulier dans les graminées.

Valeur alimentaire et digestibilité (Tableau 3)

Offert comme seul aliment, le manioc est ingéré en faible quantité: 32 g par kg de poids métabolique et présente un coefficient d'utilisation digestive bas 74% (8, 9).

Introduit dans une ration, en substitution d'une céréale ou comme complément énergétique, le manioc entraîne une diminution du niveau d'ingestion d'autant plus importante que la proportion de manioc dans la ration augmente (1, 9). Il semble que l'on puisse attribuer ce faible niveau des quantités ingérées à un déséquilibre azoté de la ration (8).

D'après les résultats obtenus par les divers auteurs, il n'existe pas de relation simple entre la proportion de manioc dans la ration et le coefficient d'utilisation digestive de cette ration. Les conditions expérimentales, niveau d'ingestion, teneur en azote de la ration sont en effet très différentes. Il semble cependant d'après Devendra (21) que l'augmentation de la proportion de manioc dans des rations isoazotées, entraîne une diminution du coefficient d'utilisation digestive de ces rations. Le coefficient d'utilisation digestive du manioc, calculé à partir de ces données varie de 72 à 91.2% (1, 8, 24).

D'après Dermaquilly *et al.* (20)*, les racines de manioc séchées ont 1.12 UFL, 1.14 UFV, 76 g PDIE et 20 g PDIN par kg de matière sèche, pour un coefficient d'utilisation digestive de la matière organique de 90%.

Pour la partie aérienne, il semble qu'à ce jour, seuls Ffoulkes *et al.* (23) se soient préoccupés d'en mesurer la digestibilité. Ainsi, le coefficient d'utilisation digestive de la matière sèche de pousses de manioc âgées de 4 à 5 mois, mesuré sur taurillons de type zébu est de 66.5 ± 0.6%.

Toxicité

Répartition de l'agent toxique dans la plante

La présence, à des degrés divers, dans toutes les variétés de manioc d'un cyanoglycoside qui par hydrolyse enzymatique (linamarase) ou acide, libère de l'acide cyanhydrique est connue depuis très longtemps (15, 29, 47).

Ce cyanoglycoside se rencontre dans tous les organes de la plante (5) mais sa répartition n'est pas

* Abreviations

UFV = unité fourragère viande: quantité d'énergie nette contenue dans un kg d'orge de référence pour l'entretien et le croît chez l'animal à l'engrais à niveau de production de 1.5.

1 UFV = 1855 kcal ou 1 855 Mcal d'énergie nette - entretien viande

UFL = unité fourragère lait: quantité d'énergie nette pour la production laitière contenue dans un kg d'orge de référence

1 UFL = 1 730 kcal d'énergie nette lait

PDIN = Teneur en protéines digestibles dans l'intestin grêle (PDI) permises par l'azote de l'aliment (en g).

PDIE = Teneur en PDI permises par l'énergie de l'aliment (en g).

Tableau 3. Digestibilité du manioc et de quelques rations comportant du manioc.

Fge	Nature de la ration										Animaux			CUD ration			CUD manioc			Auteurs				
	Manioc (racine)		Maïs		Tourteau soja		Melasse		Urée + CMV		Farine poisson		Manioc Fge		MS		MO		MS		MO			
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	kg/jour/an ¹ (g/p ^{0,75})	%	%	%	%	%		%	%		
Foin (54.8%)	45.2							2.6	1.3					0.581	Béliers	61.6			91.2	91.9			French (24)	
Herbe de Guinée (87%)	9.0								3.5					11.2	Taurillons	62.4							Shultz <i>et al.</i> (49)	
Ensilage de Sorgho 30%	0.0	60							3.8					1.73 (102.8)	Béliers	67.0							Castro et da Silva (11)	
	15.0	45							4.0					1.46 (87.1)		72.0								
	30.0	30							4.2					1.59 (94.4)		72.8								
	45.0	15							4.5					1.33 (79.1)		79.1								
	60.0	0												1.03 (61.4)		77.9								
Ray-grass 100%	0.0													6.19 (116.4)	Taurillons	76.6			80.4 ¹	88.2 ¹			Ahmed (1)	
	21.0													5.89 (110.8)		77.4			72.1 ¹	79.7 ¹				
	42.0													5.36 (100.8)		74.7			74.0	74.0				
	100.0													(31.7)	Béliers	80.8			79.5				Campos <i>et al.</i> (8)	
Pay grass 65.5%	85.2		14.8											(46.8)										
	34.5													(20.7)										
	15.5													(44.2)										
Païlle de riz 20%	0.0							75.4	4.6					0.7 (66.7)	Béliers	66.9			75.7					
	20.0							55.4	4.6					0.7 (66.7)		74.4			79.8					
	40.0							35.4	4.6					0.7 (66.7)		71.5			76.8					
	60.0							15.4	4.6					0.7 (66.7)		67.1			75.1					
	75.0							0.0	4.6					0.7 (66.7)		61.9			70.5					
	20.0							77.7	1.0	3.1				0.7 (66.7)		94.5			95.1					
	40.0							52.7	1.5	4.8				0.7 (66.7)		85.7			89.3				Devendra (21)	
	60.0							31.0	2.0	6.0				0.7 (66.7)		84.2			87.9					
	80.0							31.6	2.4	7.0				0.7 (66.7)		83.1			87.1					
	20.0							75.2	4.8					0.7 (66.7)		93.2			94.8					
	40.0							65.2	4.8					0.7 (66.7)		86.9			87.5					
	60.0							35.3	4.8					0.7 (66.7)		88.9			89.2					
	80.0							15.3	4.7					0.7 (66.7)		79.9			83.5					
	100.0													0.46 (32.0)	Béliers	74.1			74.1				Campos et da Silva (9)	
	100.0													0.60 (41.7)		62.5*			62.5*				Sous produit de l'industrie du manioc	
	70.0													0.85 (49.8)	Béliers	71.2							Mendes <i>et al.</i> (39)*	
														3.87 (72.7)	Taurillons	66.5			66.5					Ffoulkes <i>et al.</i> (23)

1 = Calculer par différence - connaissant le CUD des autres éléments de la ration.

CUD = Coefficient d'utilisation digestive (%).

Tableau 4. Evolution de la teneur* en acide cyanhydrique des racines au cours du séchage à l'air (d'après St-Amand (2)).

Racines en cossettes				Racines entières										
Saison sèche		Saison humide		Saison sèche					Saison humide					
Manioc doux	Manioc amer	Perte d'eau %		Manioc doux		Manioc amer		Perte d'eau %	Manioc doux		Manioc amer		Perte d'eau %	
				Phelloderme	Pulpe	Phelloderme	Pulpe		Phelloderme	Pulpe	Phelloderme	Pulpe		
7.0	9.7	0		30.5	6.0	65.5	13.5	0.0	16.4	4.50	57.0	10.2	0	1e jour
6.0	8.6	16		28.0	4.9	21.0	8.5	5.0	14.5	3.80	51.0	9.4	5	2è jour
4.3	3.5	25		23.8	4.8	20.0	8.0	10.5	13.6	0.95	36.5	8.1	10	3è jour
4.0	3.3	31		16.2	2.9	17.3	6.7	17.0	11.3	0.95	27.5	6.8	16	4è jour

* Les résultats sont exprimés en milligrammes d'HCN ramenés à 100 g de poids frais de départ.

homogène. Il est essentiellement localisé dans l'écorce des racines et des tiges et dans les feuilles dont la teneur en hétéroside diminue avec l'âge (2, 5, 6).

Exprimée en équivalent acide cyanhydrique, la teneur des divers organes de la plante en hétéroside est très variable (100 à 1 000 mg par kilo de matière fraîche) en fonction de la variété, de l'environnement climatique, de la fumure et de l'heure du prélèvement (2, 5) mais ne semble pas liée à l'âge de la plante (5).

Toxicité chez les ruminants

La sensibilité des ruminants à l'acide cyanhydrique est mal connue; les observations et travaux réalisés (7, 19, 30, 51) mettent en évidence l'effet dépressif de l'agent toxique sur les performances zootechniques (croissance) et si le niveau d'ingestion est élevé, l'apparition de troubles sérieux de la fonction thyroïdienne (formation de goître). La dose léthale serait comprise entre 1 et 2 mg d'acide cyanhydrique par kilo de poids vif (25, 45).

D'après Coop et Blakley (16), l'hydrolyse au niveau du rumen des cyanoglycosides libres ou présents dans les plantes, sous l'action conjuguée ou non des microorganismes du rumen et de l'enzyme présente dans ces mêmes plantes est très rapidement absorbé par la muqueuse (75% de l'H C N dosé est absorbé en 15 minutes).

Certains sels soufrés (sulfite, sulfure, thiosulfate), le glucose (4) et les acides aminés soufrés (méthionine, cystine) (38, 46), réduisent la sensibilité des ruminants à l'acide cyanhydrique en intervenant dans les processus de détoxification (formation de thiocyanates éliminés par les urines).

Appréciation de la toxicité

Compte-tenu des effets néfastes des cyanoglycosides du manioc, tant sur la santé que sur le niveau de la production, il est indispensable de pouvoir apprécier la toxicité des produits utilisés dans l'alimentation des animaux et en particulier des produits frais.

La teneur en acide cyanhydrique peut être déterminée par différentes méthodes (53) mais la plus couramment utilisée est celle utilisant la réaction de Guinard (l'acide cyanhydrique en présence de picrate de soude donne un isopicrate de couleur rouge).

Si l'appréciation de la teneur en acide cyanhydrique des produits secs et homogènes (farines, etc.) ne pose pas de difficultés majeures, il n'en est pas

de même en revanche pour les produits non homogènes comme le manioc plante entière. De Brujn (5, 6), ne trouve aucune relation simple entre la teneur en cyanoglycoside d'un organe particulier et celle de la plante entière et ou de la racine. Moh (40) en revanche, étudiant 26 cultivars trouve une corrélation positive et significative ($r = 0.59$) entre les teneurs en acide cyanhydrique des 4^e et 5^e feuilles et celle de la peau des racines.

Cette relation ne donne cependant qu'une appréciation très vague des teneurs en cyanoglycosides de la plante entière et très insuffisante pour en estimer la toxicité. Un test simple et peu coûteux permettant une telle appréciation devait donc être recherché.

Détoxification

Compte-tenu des teneurs parfois élevées et très variables du manioc en cyanoglycosides, un traitement de détoxification sera souvent indispensable avant son utilisation par l'animal. Différents traitements peuvent être appliqués:

1. **Le séchage à l'air:** très utilisé dans le Sud-Est Asiatique pour la préparation des divers produits du manioc (cossettes, brisures, etc.), le séchage à l'air et au soleil permet de réduire la teneur en cyanoglycosides (Tableau 4). L'efficacité de ce traitement est fonction du temps de séchage, des conditions climatiques et du conditionnement du produit (cossettes, racines entières). Ainsi, après 4 jours de séchage, les pertes en cyanoglycosides peuvent varier de 30 à 80%.

2. **Le lavage:** le lavage et le trempage des racines aboutissent également à une disparition progressive, mais lente des cyanoglycosides de la racine du manioc comme le montrent les résultats présentés au Tableau 5. Ainsi, après un lavage et un trempage d'une heure et demi, 20% du produit toxique est éliminé.

3. **L'ensilage:** l'influence de la conservation par ensilage sur les teneurs en cyanoglycosides du manioc n'a été que très peu étudiée. Seuls les travaux de Castillo *et al* (10) et de Larsen et Amanig-Kwarteng (33) en font état.

Tableau 5. Evolution de la teneur en acide cyanhydrique des racines du manioc en cours de lavage (en % poids frais). D'après de St. Amand, (2).

	Frais	Lavage 1/2 h	Lavage 1 h	Lavage 1 h
Pulpe	13.4	12.5	11.8	11
Phelloderme	38.5	34	30	29.6

Ainsi, après 105 jours de conservation par voie humide de racines de manioc, Castillo *et al.* (10), n'observent-ils qu'une très faible réaction de la teneur en cyanoglycosides (10%). En revanche, Larsen et Amaning-Kwarteng (33) notent une réduction de 47% de la teneur en acide cyanhydrique de peaux de manioc ensilées mais très nettement inférieure à celle observée sur ce même matériel par séchage au soleil (86.5%).

4. **Traitement industriels:** ces traitements (lavage, broyage, séchage...) sont utilisés au cours de la préparation des produits du manioc (amidon, tapioca...) et éliminent pratiquement la totalité des cyanoglycosides présents (27).

Conditionnement du Manioc

Produits secs

La plus grande part du manioc utilisé en alimentation animale l'est à l'état sec ou sous différentes formes:

1. **Cossettes:** les racines lavées, pelées ou non sont hachées (coupe-racine) en petits fragments inférieurs à 5 cm et séchées au soleil le plus souvent

2. **Brisures de manioc:** ce sont des fragments de racines de 12 à 15 cm. Cette présentation est équivalente à celles des cossettes mais elle est utilisée chaque fois qu'une partie de la production est destinée à l'alimentation humaine.

3. **Granulés:** ils sont préparés à partir des cossettes et ou des brisures broyées puis compactées.

4. **Semoule de farine:** c'est le résidu pulvérulent obtenu après traitement des racines ou des cossettes pour en extraire l'amidon.

5. **Déchets de manioc:** c'est la pulpe résiduelle qui est séparée de l'amidon lors du tamisage.

6. **Farine de feuilles:** elle est préparée à partir de la partie aérienne (feuille + tige) ou seulement des feuilles.

Stockage et conservation

En dehors de tout conditionnement il semble impossible de stocker et de conserver le manioc. En effet, dès l'arrachage, la teneur en amidon chute rapidement et des phénomènes de pourriture et de putréfaction apparaissent (13).

Ainsi, en climat chaud, quelques jours après la récolte (3-5) les racines sont inutilisables.

L'utilisation d'un produit en alimentation animale exigeant une disponibilité et une qualité constante, implique très souvent son stockage et sa conservation. Pour le manioc, le séchage n'étant pas toujours réalisable, la conservation par voie humide (ensilage) a été envisagée et réalisée par Castillo *et al.* (10) et Serres et Tillon (48).

Quelque soit le mode de conditionnement, les ensilages (Tableau 6) obtenus semblent de bonne qualité avec des pH voisins de 4.0 et des teneurs en acide lactique de 9 à 10 par kilo de matière sèche. Le taux de la matière sèche varie de 35 à 44%. Ces taux de matière sèche, comparés à ceux des ensilages de fourrages de 18 à 25% (81) et de banane verte 25 à 28% (34) sont très élevés.

Bien que d'un intérêt certain, cette technique de stockage et de conservation est peu répandue et seuls quelques auteurs (14, 26, 37) en signalent l'utilisation dans l'alimentation des porcs.

Conclusion

Le manioc apparaît donc, d'après ces résultats, comme une plante des plus intéressantes. Il représente en effet non seulement une source d'énergie très importante (il peut produire 2 000 à 40 000 UFV par hectare et par an), mais aussi une source non négligeable de protéines (il peut fournir de 300 à 6 200 kg de matières azotées totales par hectare et par an, soit 3 fois plus qu'une luzernière). Il a donc parfaitement sa place dans un système de production de viande bovine.

Résumé

Le manioc est une des très rares plantes tropicales susceptible de fournir de l'énergie (amidon des racines) et de l'azote (parties aériennes).

Les racines de manioc se caractérisent par une teneur en matière sèche de 30% en moyenne et une très forte teneur en extractif non azoté dont l'amidon est le principal constituant (70 à 90%) de matière sèche. Avec un coefficient d'utilisation digestive de la matière organique de 90%, les racines séchées de manioc ont une valeur énergétique de 1 12 UFL et 1 14 UFV et une valeur azotée égale à 76 g de PDI et 20 g de PDIN par kg de matière sèche.

Les parties aériennes (feuilles + tiges) âgées de 3 à 4 mois présentent une forte teneur en matières azotées totales (15 à 25%). La teneur en cellulose brute varie de 13 à 24% de la matière sèche mais reste toujours inférieure à celle des graminées tropi-

Tableau 6. Caractéristiques de l'ensilage des racines de manioc.

Type de silo	Serres et Tillon (48)					Castillo <i>et al</i> (10)	CIAT (14)
	Tranchée de terre + film plastique		Cuve cimenté	Cuve métallique		Cuve 1 m ³	—
Type de hachage	Machine	Machine	Main	Machine	Main	Machine	Machine
Composition en p 100							
— Matière sèche	35.4	38.3	41.66	40.6	40.0	43.70	39.1
— Matières azotées	1.0	0.9	0.83	1.23	1.10	0.70	3.2
— Matières grasses	0.17	0.16	0.14	0.17	0.34	0.24	2.0
— Cellulose brute	1.46	1.41	1.39	0.92	0.89	2.15	5.5
— Cendres	1.27	1.37	0.64	1.25	1.04	1.84	2.9
Caractéristiques fermentaires							
pH	4.0	4.0	3.72	4.3	4.0	4.1	3.7
g/100 g d'ensilage							
— Acide acétique	0.301	0.286	0.194	0.806	0.454	—	—
— Acide butyrique	0.087	0.000	0.017	0.078	0.027	—	—
— Acide lactique	0.90	1.39	0.892	0.584	1.067	—	—
— N amoniacal	14%	20%	13%	40%	20%	—	—
N total							

cales. Le coefficient d'utilisation digestive de la matière sèche est de 66.5%

L'utilisation de cette plante en alimentation animale, pose le problème de sa toxicité liée à la présence d'un cyanoglycoside. Le produit se rencontre dans tous les organes de la plante mais sa répartition n'est pas homogène et sa concentration varie avec les facteurs variétaux, climatiques et agronomiques. La sensibilité des ruminants à l'agent toxique est mal connue, la dose létale serait comprise entre 1 et 2 mg d'acide cyanohydrrique par kilo de poids vif.

Des différentes méthodes de détoxification, trempage, lavage, séchage, ensilage, seuls le séchage et l'ensilage semblent donner des résultats significatifs.

Summary

A short presentation of production characteristics, of cassava is presented. Emphasis is given to the chemical composition and the feeding value (intake and digestibility) of cassava roots and leaves; toxicity, detoxification and conditioning aspects of these products is also covered.

Littérature citée

1. AHMED, F. A. Feeding cassava to cattle as an energy supplement to dried grass. *East African Agricultural and Forestry Journal* 42:368-372. 1977.
2. AMAND, J. D. DE ST. Etude de la teneur en hétéroside cyanogénétique des variétés de manioc cultivées sur les hauts plateaux de Madagascar, Tananarive, Institut de Recherches Agronomiques de Madagascar. Station Agronomique du Lac Alaotra, 1960. 59 p.
3. BARRIOS, E. A. et BRESSANI, R. Composición química de la raíz y de algunas variedades de yuca *Manihot*. *Turrialba* 17(3):314-320. 1967.
4. BLAKLEY, R. L. et COOP, I. E. The metabolism and toxicity of cyanides and cyanogenetic glucosides in sheep. II. Detoxication of hydrocyanic acid. *New Zealand Journal of Science and Technology. A. Agricultural Research Section* 31:1-15. 1949.
5. BRUIJN, G. H. DE. Etude du caractère cyanogénétique du manioc (*Manihot esculenta* Crantz). *Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen* 71(73):1-40. 1971.

6. BRUIJN, G. H. DE. The cyanogenic character of cassava (*Manihot esculenta*) In Nestel, B and MacIntyre, R., eds Chronic cassava toxicity. Proceedings of an Interdisciplinary Workshop, London, 1973 pp. 43-48. (IDRC 010e).
7. BUTTLER, W. G., FLUX, D. S., PETERSON, G. B., WRIGHT, E. W., GELDAY, A. C. et JOHNSON, J. M. Goitrogenic effect of white clover (*Trifolium repens* L.). New Zealand Journal of Science and Technology. A Agricultural Research Section 38:793-802. 1957.
8. CAMPOS, O. F., SILVA, J. F. C., DA, VILELA, H. et SOUZA, A. A. Valor nutritivo da raspa de mandioca e do bagaço da cana para ruminantes. Revista Ceres (Brasil) 24:521-529. 1977.
9. CAMPOS, A. F. et SILVA, J. F. C. DA. Determinação de valor nutritivo da raspa de mandioca e da cruzeira, para ruminantes. Seiva (Brasil) 38:6-10. 1978.
10. CASTILLO, L. S., AGLIBUT, F. B., JAVIER, T. A., GERPACIO, A. L., GARCIA, G. V., PUYAOAN, R. B. et RAMIN, B. B. Camote and cassava tuber silage as replacement for corn in swine growing fattening rations. Philippine Agriculturist 47:460-474. 1964.
11. CASTRO, M. E. D. et SILVA, J. F. C. DA. Substituição de milho desintegrado con palha e sabugo pela raspa de mandioca integral. I. Valor nutritivo. Experimentiae (Brasil) 20:183-203. 1975.
12. CASTRO, M. E. D., SILVA, J. F. C. DA. et BARBOSA, T. Substituição do milho desintegrado con palha e sabugo pela raspa de mandioca integral en rações para ruminantes. II. Confinamento de bovinos. Experimentiae (Brasil) 20:204-216. 1975.
13. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Cassava production systems program. Cali, Colombia, 1976.
14. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Swine Unit Report. Cali, Colombia, 1978.
15. CLUSIUS, C. Exoticorum – libri decem. 1605.
16. COOP, I. E. et BLAKLEY, R. L. The metabolism and toxicity of cyanides and cyanogenetic glucosides in sheep. I. Activity in the rumen. New Zealand Journal of Science and Technology 30:277-291. 1949.
17. COURS, G. Le manioc à Madagascar. Memoires de l'Institut Scientifique de Madagascar. Série B3, Fascicule 2. 1951.
18. COURSEY, D. G. et HALLIDAY, D. Cassava as animal feed. Outlook on Agriculture 8:10-14. 1974.
19. DELANGE, F., VELDEN, M., ERMANS, A. H., VANDER, I. Evidence of an antithyroid action of cassava in man and in animal. In Nestel, B and MacIntyre, R., eds Chronic cassava toxicity. Proceedings of an Interdisciplinary Workshop, London, 1973. pp. 147-151. (IDRC 010e).
20. DERMARQUILLY, C., ANDRIEU, J. et SAUVANT, D. Tableaux de la valeur nutritive des aliments. In Alimentation des ruminants. INRA, 1978. pp. 519-555.
21. DEVENDRA, C. Studies on the utilization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in sheep. MARDI Research Bulletin No. 5. 1977. pp. 129-147.
22. DEVENDRA, C. The nutritive value of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaves as a source of protein for ruminants in Malaysia. MARDI Research Bulletin No. 7. 1979. pp. 112-117.
23. FFOULKES, D., DONE, F., PRESTON, T. R. Cassava forage as a cattle feed: apparent digestibility and consumption of the whole forage. Tropical Animal Production 3:23-36. 1978.
24. FRENCH, M. H. The nutritive value of cassava roots. In Tanzania. Department of Veterinary Science. Annual Report, 1937. pp. 81-82.
25. GARNIER, R. J., GETTER, A. O. et BAINE, J. In Mahendranathan, T. Potential of tapioca (*Manihot utilissima* Pohl) as a livestock feed. 1971.
26. GOMEZ, G. C. et BUITRAGO, A. J. Effect of processing on nutrient content of feeds root-crops. Handbook of nutrition on food. Cleveland, Ohio, C.R.C. Press Inc., 1977. 47 p.

- 27 GRACE, M. R. Traitement du manioc Rome, FAO, 1978.
- 28 GREENSTREET, V. R. et LAMBOURNE, J. Tapioca in Malaya Bulletin Department of Agriculture F. H. S. and S. S. General Series 13. 1933.
- 29 HENRY, O. et BOUTRON-CHARLAND, A. F. Recherches sur le principe vénéneux du manioc amer Mém. Acad. Med. Paris 5:212-220. 1836.
- 30 HERRINGTON, M. D., ELLIOT, R. C. et BROWN, J. E. Diagnosis and treatment of thyroid dysfunction occurring in sheep fed on *Cynodon plectostachyus*. Rhodesian Journal Research 9:87-93. 1971.
- 31 HUNT, L. A., WHOLEY, D. W. et COCK, J. H. Growth physiology of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Field Crop Abstracts 30:77-91. 1977.
- 32 JUAREZ, G. L. Las hojas y tallos de yuca como forraje. Estación Experimental Agrícola de La Molina (Perú). Boletín No. 58. 1955. 66 p.
- 33 LARSEN, R. E. et AMANING-KWARTENG, K. Cassava peels with urea and molasses as dry season supplementary feed for cattle. Ghana Journal of Agricultural Science 9:43-47. 1976.
- 34 LE DIVIDICH, J., SEVE, B. et GEOFFROY, F. Préparation et utilisation de l'ensilage de banane en alimentation animale I. Technologie de l'ensilage, composition chimique et bilan des matières nutritives. Annales de Zootechnie 25:313-323. 1976.
- 35 LIN-HAN-KWO. Composition data of feeds and concentrates. Malaysian Agricultural Journal 46:63-79. 1968.
- 36 MAHENDRANATHAN, T. Potential of tapioca (*Manihot utilissima* Pohl) as a livestock feed: a review. Malaysian Agricultural Journal 48:77-89. 1971.
- 37 MANER, J. H. Cassava in swine feeding. In First Latin American Swine Seminar, 1972.
- 38 MANER, J. H. et GOMEZ, G. Implications of cyanide toxicity in animal feeding studies using high cassava rations. In Nestel, B. and MacIntyre, R. eds. Chronic cassava toxicity. Proceedings of an Interdisciplinary Workshop, London, 1973. pp. 113-120 (IDRC 010e).
- 39 MENDES, M. A., CAMPOS, O. F. et SILVA, J. F. C. DA. Determinação do valor nutritivo da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz, var. Salangorzinha Plant Integral) Seiva (Brasil) 38:1-5. 1978.
- 40 MOH, C. C. Correlation between hydrocyanic acid levels in leaf and root of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Turrialba (Costa Rica) 26(2):132-133. 1976.
- 41 MONTALDO, A. et MONTILLA, J. J. Producción de follaje de yuca. Revista de la Facultad de Agronomía (Venezuela) 24:35-51. 1976.
- 42 MONTALDO, A. Whole plant utilization of cassava for animal feed. In Nestel, B. and Graham, M. eda Cassava as animal feed. Proceedings of a Workshop held at University of Guelph, 1977. pp. 95-106. (IDRC 095e).
- 43 MULLER, Z., CHOU, K. C. et NAH, K. C. Le manioc; produit de remplacement des céréales dans les rations du bétail et de la volaille. Revue Mondiale de Zootechnie 12:19-24. 1974.
- 44 MULLER, Z. Improving the quality of cassava root and leaf product technology. In Nestel, B. and Graham, M., eds Cassava as animal feed. Proceedings of a Workshop held at University of Guelph, 1977. pp. 120-126. (IDRC 095e).
- 45 NORMANHA, E. S. Toda mandioca tem veneno Coopercotia (Brasil) 26:24-25. 1969.
- 46 OKE, O. L. The mode of cyanide detoxification. In Nestel, B. and MacIntyre, R. eds Chronic cassava toxicity. Proceedings of an Interdisciplinary Workshop, London, 1973. pp. 97-104. (IDRC 010e).
- 47 PECKLOT, T. Historie das plantas e de gozo do Brazil. 1885.
- 48 SERRES, H. et TILLON, J. P. L'ensilage des racines de manioc. Revue de l'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux 25:455-456. 1972.

-
49. SHULTZ, T. A., CHICCO, C. F., SHULTZ, E. et CARNEVALI, A. A. Evaluación de diferentes fuentes de energía (yuca, maíz, arroz y melaza) sobre la utilización de altos niveles de urea en bovinos. *Agronomía Tropical* (Venezuela) 20:190-194. 1970.
50. TERRA, G. J. A. The significance of leaf vegetables especially of cassava in tropical nutrition. *Tropical Geographical Medicine* 16:97-108. 1964.
51. WORKER, N. A. A note on the detoxification of cyanide in ruminants. *New Zealand Journal of Science and Technology* 38:709. 1957.
52. XANDE, A. Résultats non publiés. 1981.
53. ZITNAK, A. Assay methods for hydrocyanic acid in plant tissues and their application in studies of cyanogenetic glycosides in *Manihot esculenta*. In Nestel, B. and MacIntyre, R., eds. Chronic cassava toxicity. Proceedings of an Interdisciplinary workshop, London, 1973. pp. 89-96 (IDRC 010e).

Reseña de libros

STEVENSON, F. J. Nitrogen in agricultural soils. ASA and SSA. SSSA Inc. Publishers, Madison, Wisc. USA, 1982. 940 p.

Este volumen presenta una visión general sobre los principios que rigen el comportamiento del nitrógeno en el sistema suelo-planta y los métodos para estudiarlo.

En el libro se considera muchos aspectos del nitrógeno en suelos como sus formas y distribución, transformaciones biológicas y no biológicas, sus ganancias y pérdidas, su disponibilidad y absorción por plantas, transporte, etc. Este volumen resulta de la amplia investigación durante las dos últimas décadas. Sin embargo, en este periodo, se ha producido tanto trabajo que ha sido imposible cubrir absolutamente todos los trabajos. Como resultado, algunos campos han recibido mayor atención que otros.

El material se discute en 23 capítulos todos son muy buena bibliografía, que es uno de los aspectos más valiosos del libro. La bibliografía considera no solamente las publicaciones en inglés sino también en otros idiomas. Un índice de 15 páginas al final permite localizar los diferentes tópicos discutidos y contribuye ampliamente a la utilidad del volumen.

En general, esta obra es una referencia esencial para las bibliotecas agrícolas, sean de enseñanza o de investigación. La inmensa cobertura del volumen lo hace especialmente útil en lugares donde la falta de facilidades de biblioteca de alto nivel hacen imposible el acceso a una parte grande de la bibliografía. Como esta condición se presenta en algunas condiciones de Latinoamérica, se recomienda con énfasis que esta obra de resumen no falte de ninguna manera en las bibliotecas similarmente como los otros volúmenes excelentes de la serie de "Agronomy" de la Sociedad Americana de Agronomía.

Después de una amplia introducción que incluye los factores de transformación entre unidades usuales de los EEUU y las unidades métricas, el volumen se inicia con un capítulo amplio sobre el origen y la distribución del nitrógeno en suelos. Aquí se presenta una visión general a cargo del editor del volumen, donde se considera el ciclo del N, su entrada

y pérdida del suelo y el efecto de los factores formadores del suelo sobre el contenido de N del mismo.

En el segundo capítulo se presenta la información sobre las formas inorgánicas del N en el suelo. Se pone énfasis en el nitrógeno amoniacal y sus formas fijadas, en las formas solubles y las formas de N gaseoso en el suelo.

El tercer capítulo, uno de los más amplios, estudia las formas orgánicas del N en suelos. Se considera su fraccionamiento, los aminoácidos, los amino azúcares y otros compuestos y su estabilidad. Un buen resumen final contribuye a la utilidad del capítulo.

El cuarto capítulo se dedica al estudio de la retención y fijación del amonio en suelos.

La bioquímica de la amonificación es el tópico del quinto capítulo. Se consideran aquí en subcapítulos aparte de los diversos materiales iniciales para la amonificación como las proteínas y sus derivados, los aminoazúcares, los ácidos nucleicos y sus derivados y la urea además de otros compuestos posibles. Como estos problemas han sido relativamente poco estudiados en suelos, el capítulo es una buena base para investigaciones en estos campos.

El sexto capítulo se dedica a la mineralización e inmovilización del nitrógeno en suelos. La transformación mineralización-inmovilización es el punto central del capítulo y se discute con detalle sus funciones, propiedades y relaciones con otros procesos en suelos.

En el séptimo capítulo se revisa los conocimientos sobre nitrificación en suelos. Se considera aquí el proceso de la nitrificación en sí, sus bases microbianas, las bacterias en el suelo que oxidan amonio, o nitrito, la población de nitrificadores en suelos y su regulación y crecimiento.

El octavo capítulo estudia la desnitrificación biológica. Se ven aquí las bases microbiológicas y bioquímicas y la desnitrificación en suelos. Unos comentarios finales resumen las técnicas nuevas existentes y señalan rumbos necesarios para la investigación.

Las pérdidas de nitrógeno gaseoso que no se deben a la desnitrificación son el tópico del capítulo noveno. Se considera primero las pérdidas de amoníaco de suelos y luego las pérdidas debidas a la reacción de nitritos. Se estudia también las pérdidas por reacción entre nitratos e hidroxilamina y se concluye el capítulo considerando técnicas de manejo para reducir las pérdidas gaseosas.

El capítulo décimo se dedica a la fijación biológica del nitrógeno. Se considera aquí los aspectos generales del proceso, su microbiología, la fisiología y la agronomía de la fijación de N y se consideran finalmente sus aplicaciones prácticas.

En el onceavo capítulo se presenta la información sobre los procesos de transporte de nitrógeno en suelos. Se analiza aquí brevemente el movimiento del agua y de los solutos en el suelo, como el medio de movimiento del N. Este capítulo requiere conocimientos avanzados de física de suelos para su comprensión.

El doceavo capítulo estudia las transformaciones de nitrógeno en suelos inundados. Es un capítulo breve sobre un tópico muy especializado y de gran importancia por la contribución del arroz inundado a la nutrición mundial.

En el treceavo capítulo, dos de los expertos más conocidos en estudios de nitrógeno Bremner y Hauck discuten los adelantos en técnicas para investigaciones sobre transformaciones de N en suelos. Se puso énfasis en cinco campos que son:

- La determinación de las diferentes formas del nitrógeno;
- Técnicas de marcadores;
- Métodos para análisis de enzimas que promueven cambios del N en suelos;
- Métodos de investigación sobre la fijación biológica de N, y
- Métodos para investigación sobre desnitrificación.

Los balances de nitrógeno en el suelo son el tópico del catorceavo capítulo, el más largo del libro. Se analiza aquí el ciclo del N en relación a balances de N, las fuentes de N en el sistema suelo-planta; las pérdidas de N del sistema suelo-planta; y las aplicaciones del balance de N a problemas de suelos y plantas. El capítulo se concluye con un resumen y conclusiones que resumen la información.

En el quinceavo capítulo se estudia las necesidades, la utilización y la aplicación de N a las diversas cosechas. Se discute aquí el uso de N por plantas; el rol de este elemento en la producción de cosechas, la influencia del clima y de los sistemas de cultivo sobre el uso del N; y finalmente el abonamiento con N en el futuro.

El capítulo 16 está dedicado al manejo de N para eficiencia máxima y contaminación mínima del am-

biente. En este capítulo se da mucho énfasis a los problemas de contaminación ambiental y a la manera de evitarla con un manejo cuidadoso del N.

En el capítulo décimo séptimo se estudia la estimación de la disponibilidad de N en suelos. Se consideró aquí la estimación del N inorgánico residual en el suelo, índices químicos de la disponibilidad de N orgánico, interpretación de los análisis químicos y biológicos del N en suelos.

El capítulo 18 estudia los efectos de los plaguicidas sobre las transformaciones del N en suelos. Se analiza aquí la variabilidad de suelos, el comportamiento de plaguicidas, los efectos de plaguicidas sobre transformaciones de N, las implicaciones agronómicas y los efectos y las regulaciones del ambiente.

El capítulo 19 estudia los modelos del ciclo del N en suelos. Se estudia aquí modelos de simulación y para computadoras; modelos representativos de N y para crítica técnica y filosófica de estos principios.

El veinteavo capítulo analiza las implicaciones económicas de los controles al uso de nitrógeno. Este es un campo muy novedoso y así la información que se presenta aquí es muy difícil de obtener de otras fuentes.

Evidentemente el material de este capítulo corto representa las regiones agrícolamente más adelantadas.

En el capítulo 21 se analiza las posibilidades de reciclaje del N por su aplicación a la tierra en forma de residuos agrícolas, de la tecnología de alimentos y basuras municipales. El volumen de estos materiales es muy grande y contienen cantidades importantes de nutrimentos. Se tratan aparte los residuos agrícolas, los municipales y del procesamiento de alimentos.

Los aspectos energéticos de las transformaciones de N son el tópico del capítulo 22, uno de los más amplios del volumen. El capítulo requiere menos conocimientos de química para su uso y comprensión y también presenta enfoques muy novedosos del tópico, corrientemente poco familiares al investigador agrícola.

El último capítulo estudia el traspaso del N y los balances de masas del mismo. En el primer subcapítulo se ve las transformaciones y los trasposos del elemento. El segundo subcapítulo se dedica a los balances de nutrimentos y modelos que los representan.

En general este volumen de referencia es muy útil y debe figurar entre las máximas prioridades de adquisición para todas las bibliotecas agrícolas y personas interesadas en este campo.

ELEMER BORNEMISZA
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

NASCA, A. J., TERAN, A. L., FERNANDEZ, R. V y PASQUALINI, A. J. Animales perjudiciales y beneficiosos a los cítricos en el noroeste argentino. Centro de Investigaciones sobre Regulaciones de Poblaciones de Organismos Nocivos, (CIRPON), Tucumán, República Argentina. 1981. 532 p.

Esta guía, es la primera publicación del CIRPON, tiene como propósito orientar a los agricultores y extensionistas sobre la fitosanidad del cítrico. El libro trata de los animales beneficiosos y perjudiciales a los citricultores, subrayando tanto los animales que deben ser protegidos para controlar las plagas, como las

plagas mismas. El libro abarca tanto los vertebrados como los invertebrados.

Cada plaga y enemigo natural se trata por separado, con discusiones sobre su importancia, su ciclo de vida, distinción de especies vecinas, los daños ocasionados, sus enemigos naturales, su control y recomendaciones. Para la mayoría de las plagas y enemigos naturales, se incluyen fotografías a color del animal y/o de los daños que producen. Sin duda esta obra será indispensable para los extensionistas y citricultores no solo de la Argentina, sino también en los países vecinos.

En cada página se puede apreciar la labor dedicada de los autores, y la misión única del CIRPON. Si el primer libro del CIRPON refleja la misión, entonces el CIRPON se convertirá en un centro importante de biología aplicada tanto para la Argentina como para toda la América Latina.

HAROLD G. FOWLER
DEPARTMENT OF ENTOMOLOGY &
NEMATOLOGY
UNIVERSITY OF FLORIDA
GAINESVILLE, FLORIDA 32611

Resumen

Los autores presentan los resultados a veces contradictorios obtenidos sobre terneros (destetados y no destetados), bovinos para engordar, vacas lecheras y ovinos alimentados con raciones de yuca y/o forrage.

Introduction

Depuis le début de ce siècle, date des premiers travaux réalisés, l'utilisation du manioc dans l'alimentation des ruminants est envisagée sous trois aspects: i) soit pour augmenter l'apport énergétique de rations de médiocre qualité (racines de manioc); ii) soit pour réduire les coûts de production en le substituant à d'autres sources d'énergie comme les céréales (racines de manioc) et iii) soit pour couvrir en partie les besoins azotés des animaux (parties aériennes du manioc).

Nous présentons ici les résultats obtenus par divers auteurs avec des veaux (sevrés et non sevrés), des bovins à l'engrais, des vaches laitières et des ovins.

Jeunes: veaux de boucherie et veaux d'élevage (Tableau 1)

Veaux

L'utilisation traditionnelle du lait entier pour la production de veaux de boucherie (veaux blancs) s'est très tôt heurtée à un problème économique lié au prix du lait et des produits laitiers. L'alimen-

tation des jeunes s'oriente alors vers l'utilisation des laits écrémés que l'on s'efforce de rééquilibrer par l'addition d'amidon (fécula de pomme de terre et manioc) destinés à compenser la perte énergétique due à l'extraction des matières grasses. Pernot (49), Gouin et Andouard (25), Dechambre (13) et Heim et Dechambre (26) démontrent ainsi la supériorité du manioc utilisé à des doses variant de 60 à 120 g par litre de lait écrémé, sur la fécula de pomme de terre. L'intérêt de cette technique est confirmé par Assan (5) et par Furnemont (22) qui l'applique au Rwanda.

Jeunes ruminants

Très tôt, les veaux d'élevage reçoivent des aliments solides et en particulier des concentrés riches en énergie et donc en céréales. Plus tard, au moment du sevrage, l'alimentation complémentaire est souvent maintenue surtout si les fourrages sont de qualité médiocre. Dans cette optique, l'utilisation de divers substituts des céréales comme la mélasse ou le manioc peut être économiquement intéressante. Les résultats des études conduites sur ce thème sont très divers. Avec le manioc, la croissance des animaux peut être plus faible (32, 62), équivalente (15, 16, 64) ou supérieure (14, 30, 50) à celles obtenues avec d'autres compléments et en particulier avec des céréales. Le manioc semble en outre un très bon support glucidique pour l'utilisation de l'urée (4).

Dans divers essais, l'introduction de manioc dans les rations pour jeunes donne des résultats parfois contradictoires. Il semble que l'on puisse attribuer

¹ Reçu le 14 Juillet 1982.

* Station de Recherches Zootechniques - Centre I.N.R.A. Antilles - Guyane. 97170 PETIT-BOURG Guadeloupe (Antilles Françaises).

** Finca "La Cabaña", Ubaté Cundinamarca. Colombia.

Tableau 1. Utilisation du manioc dans les rations pour veaux de boucherie (préruminants) et veaux d'élevage (jeunes ruminants) mode d'utilisation et résultats.

Auteurs	Type d'animal	Ration	Mode d'utilisation du manioc	Résultats
Pernot (49)	Préruminants (boucherie)	Lait écrémé + féculé de pomme de terre	La farine de manioc se substitue à la féculé de pomme de terre	Amélioration des performances
Dechambre (13)	Préruminants (boucherie)	Lait écrémé + manioc	60 g à 120 g de farine de manioc par litre de lait écrémé. (Préparation d'une bouillie)	Réduction très intéressante du coût de production pour des croissances équivalentes
Valdieso et de Alba (64)	Préruminants (élevage)	Lait + aliment starter à base de maïs et de manioc	Le manioc et le maïs représentent 10 et 35% du concentré et inversement	Croissance non significativement différente
Furnemont (22)	Préruminants (élevage)	Lait écrémé + manioc + complément azoté	60 g de farine de manioc par litre de lait écrémé	La croissance moyenne journalière est de 566 g pour les mâles et de 528 g pour les femelles
Johnson, Rose et Mills (30)	Jeunes ruminants	Comparaison de: concentré - son de maïs concentré - maïs + balles de maïs concentré - farine de manioc		La croissance est plus élevée avec le concentré manioc
Amriti-Kumar M.N., Mathur, M. L. 1970	Jeunes ruminants	Fourrage + concentré manioc-urée	Le manioc représente 40, 45 et 53% du concentré	Croissances non significativement différentes
Pineda et Rubio (50)	Jeunes ruminants (génisses)	Sommet de canne + concentré maïs ou manioc	Le manioc se substitue au maïs poids à poids	La croissance est plus élevée avec le manioc et la puberté apparaît plus tôt
Labbe <i>et al.</i> (32)	Jeunes ruminants	Fourrage - concentré mélasse - concentré mélasse-urée- manioc	Le manioc représente 20% du concentré	La croissance est plus élevée avec le concentré manioc
Soewardi <i>et al.</i> (65)	Jeunes ruminants (génisses)	Fourrage vert + maïs ou manioc	Le manioc se substitue au maïs	La croissance est plus élevée avec le concentré manioc
Devendra et Lee Kon Choo (14)	Jeunes ruminants (génisses)	Fourrage + tourteau de coprah + mélasse-urée ou manioc	Le manioc représente 30% de la ration et se substitue à la mélasse	La croissance est significativement plus faible avec le manioc
Devendra et Lee Kok Choo (15, 16)	Jeunes ruminants (génisses)	Fourrage (Merker) + tourteau de coprah + mélasse-urée + concentré	Le manioc représente 40, 60 et 80% du concentré	Croissance non significativement différente. Amélioration de la qualité des carcasses

ces différences au non-rééquilibrage de la ration en azote comme c'est le cas dans l'étude conduite par Soewardi *et al.* (62) qui compare un maïs à un manioc dont les teneurs en matières azotées totales sont respectivement de 10,7% et 2,0%.

Bovins à l'engraissement (Tableau 2)

La presque totalité des travaux que nous rapportons ici ont été réalisés en milieu tropical. En effet, si dans ces régions, les disponibilités fourragères sont très importantes (jusqu'à 50 t de matière sèche par hectare et par an selon (56, 65), l'ingestibilité et la qualité de ces fourrages est en revanche médiocre (9, 10, 40). La production de viande jeune ou la finition d'animaux maigres implique donc une complémentation énergétique importante. Cette complémentation fera appel aux ressources locales lorsqu'elles existent: céréales, mais il y a alors très souvent compétition entre l'homme et l'animal, mélasse, amidons divers dont le manioc. Dans ces essais, le manioc sec est utilisé soit comme supplément à une ration, soit comme substitut des céréales ou de la mélasse.

Avec un apport supplémentaire d'énergie sous forme de manioc, la vitesse de croissance des animaux augmente (38, 45, 54, 61, 66, 67), n'est pas modifiée (34) ou diminue (61). Les réponses obtenues en substituant la mélasse ou les céréales (maïs essentiellement) par le manioc sont inférieures (8, 59), identiques (1, 3, 18, 23, 28, 29) ou supérieures (24, 33, 37, 55, 60) à celles observées avec la mélasse ou les céréales.

Comme précédemment, des contradictions apparentes dans les résultats obtenus par les divers auteurs sont liées à la complémentation azotée des rations et plus particulièrement aux différences dans les apports. Si en milieu tropical, les disponibilités en aliments à haute concentration énergétique peuvent être un facteur limitant du développement de certaines productions intensives, l'absence quasi totale d'aliment riche en azote en est un autre. Les parties aériennes du manioc (repousses de 3 mois en moyenne) peuvent, quand elles sont disponibles, être avantageusement utilisées comme complément azoté des rations de base, se substituant en partie ou en totalité à toute autre source d'azote comme les tourteaux (20, 21, 38, 42, 58).

Enfin parmi les sous-produits de l'industrie du manioc signalons, l'utilisation des peaux de manioc séchées ou ensilées comme complément du pâturage.

Bovins laitiers (Tableau 3)

Dès le début de ce siècle Lucas (35), Henke (27) et Cossettes (12) ont mis en évidence la possibilité d'utiliser le manioc dans l'alimentation des vaches laitières sans préjudice pour la production. Il faut cependant attendre les années 50 pour voir se développer un certain nombre d'études tendant à définir les modalités d'utilisation du manioc comme substitut du maïs, ou des céréales en général dont la valeur marchande est plus élevée.

En substituant le maïs ou une autre céréale par la farine de manioc dans des rations pour vaches laitières, seul Peixoto *et al.* (48) enregistrent une réduction de la production laitière; pour les autres auteurs, le niveau de la production n'est pas modifié (35, 36, 41, 52) ou mieux il augmente (2, 7, 43, 46, 57). Il semble en outre que, parmi les différentes sources d'énergie disponibles en milieu tropical (patate douce, *Canna edulis*) utilisables dans l'alimentation des vaches laitières, le manioc soit la meilleure (6, 53).

L'intérêt de l'utilisation de la partie aérienne du manioc comme source de fourrage et de protéines a été mis en évidence dès le début de ce siècle (25) mais l'application pratique n'a pas suivi. Dans les années 50, on redécouvre les possibilités nutritionnelles de la partie foliaire du manioc (31) qui peut se substituer avantageusement à la luzerne dans des rations pour vaches laitières (44) sans modifier le niveau et la qualité de la production.

Il ne semble pas cependant que les applications aient été ou soient très nombreuses.

Ovins (Tableau 4)

Si l'utilisation du manioc dans des rations pour ovins a fait l'objet de nombreuses études destinées à définir la valeur alimentaire de ces rations, l'utilisation de tels régimes dans l'alimentation d'animaux en production n'a, en revanche, que peu retenu l'attention. Les quelques résultats dont nous disposons sont cependant concluants puisque l'apport de manioc dans la ration, soit en substitution (11, 51), soit en complément de la ration de base (47) améliore la croissance des animaux.

Conclusions et perspectives

Dans les régions tropicales, le développement de l'élevage des ruminants, devenu une nécessité, tant pour l'économie générale que pour la satisfaction

Tableau 2. Utilisation du manioc dans les rations pour bovins à l'engraissement: mode d'utilisation et résultats.

Auteurs	Type d'animal	Ration	Mode d'utilisation du manioc	Résultats
Alquier J. (3)	Taurillons	Foin + paille concentré ↑↑ orge ↑↑ manioc	Le manioc se substitue au son de blé et à l'orge	La croissance est plus faible avec le manioc qu'avec le son de blé mais équivalente à celle obtenue avec l'orge
Wanderley <i>et al.</i> (3)	Taurillons	Sommet de canne	Supplémentation par manioc frais (3, 8 kg par animal et par jour)	La croissance est plus élevée avec le manioc
Estima <i>et al.</i> (18)	Taurillons	Ensilage de tête de canne + complément ↑↑ mélasse ↑↑ manioc ↑↑ tourteau de coton	Le manioc se substitue à la mélasse et représente 0.5 kg par 100 kg de poids vif	La croissance est plus faible avec le manioc qu'avec le tourteau de coton mais équivalente à celle obtenue avec la mélasse
Rovero <i>et al.</i> (54)	Taurillons	Paille de riz + tourteau de coton	Supplémentation par farine de manioc	La croissance est plus élevée avec le manioc
Neves <i>et al.</i> (45)	Taurillons	Canne à sucre + mélasse-urée	Supplémentation par farine de manioc (0.872 et 1.5 kg par jour et par animal)	La croissance est plus élevée avec le manioc
Shultz <i>et al.</i> (59)	Taurillons	Fourrage (Herbe de Guinée) + concentré ↑↑ farine de riz ↑↑ maïs ↑↑ manioc	Le manioc représente 70% du concentré	Les quantités ingérées sont identiques mais la croissance est plus faible avec le manioc
García <i>et al.</i> (23)	Taurillons	Fourrage + complément ↑↑ mélasse-urée ↑↑ manioc-urée	Le manioc se substitue à la mélasse	Croissance non significativement différente
Zapata et Rubio (67)	Taurillons	- ensilage de maïs + canne à sucre + frais	Supplément de la ration de base	La croissance la plus élevée est obtenue avec l'association ensilage de maïs-manioc

Continuation Tableau 2.

Auteurs	Type d'animal	Ratton	Mode d'utilisation du manioc	Résultats
Contijo <i>et al.</i> (24)	Boeufs	Ensilage et fourrage + maïs ou + tourteau de coton-manioc + mélasse-urée	Le manioc se substitue au maïs	La croissance est plus élevée avec le manioc
Ahmed et Kay (1)	Taurillons	Fourrage deshydraté + mélasse ou manioc	Le manioc se substitue à la mélasse	Croissance non significativement différente
Castro <i>et al.</i> (8)	Taurillons	Ensilage de sorgho + concentré maïs-manioc	Le manioc se substitue à 0, 25, 50, 75 ou 100% du maïs	La croissance décroît linéairement quand la proportion de manioc augmente
Teixeira (63)	Taurillons	Fourrage (Merker) + urée ou stylosanités	Supplémentation par 1, 2 kg de manioc par animal et par jour	La croissance est plus élevée avec le manioc
Mello <i>et al.</i> (37)	Taurillons et génisses	Ensilage de Sorgho + complément → maïs → manioc	Le manioc se substitue au maïs	La croissance est plus élevée avec le manioc
Languidey <i>et al.</i> (33)	Taurillons	Fourrage (Merker) + complément → mélasse-urée → manioc-urée	Le manioc se substitue à la mélasse	La croissance est plus élevée avec le manioc
Hutanuvar et Gornoongner (28)	Taurillons	Balles de maïs + maïs ou manioc	Le manioc se substitue à 0, 46 et 100% du maïs	Croissance non significativement différente
Silva <i>et al.</i> (60)	Taurillons	Fourrage (Merker) + complément → mélasse-urée → manioc-urée	Le manioc se substitue à la mélasse	La croissance est plus élevée avec le manioc
Meyreles et Preston (39)	Taurillons	Canne à sucre + fourrage de manioc	Supplémentation par 500 g par jour et par animal de farine de manioc	La croissance est plus élevée avec le manioc
Silvestre (61)	Taurillons	1) canne à sucre + urée 2) mélasse urée + bagasse + sommets de canne	Supplémentation par 1 000 g par jour et par animal de farine de manioc	1) La croissance est plus élevée avec le manioc 2) La croissance est plus faible avec le manioc

Continuation Tableau 2.

Auteurs	Type d'animal	Ration	Mode d'utilisation du manioc	Résultats
Hutanuwart <i>et al.</i> (29)	Taurillons	Balles de maïs + maïs	Le manioc se substitue à 0, 45 et 100% du maïs	Croissance non significativement différente
Rubio (55)	Taurillons	Ensilage de maïs + mélasse ou manioc	Le manioc se substitue à 0, 50, et 100% de la mélasse	La croissance est plus élevée avec le manioc
MANIOC - FOURRAGE				
Moore (42)	Taurillons	1) Fourrage (Merker) 2) Canne à sucre + Tourteau de coton. Desmodium	Le manioc fourrage se substitue à 0, 25, 50% du merker Le manioc fourrage se substitue au desmodium	La croissance est plus élevée avec le manioc fourrage La croissance est plus élevée avec le manioc qu'avec le desmodium, est équivalente à celle obtenue avec le tourteau de coton
Meyreles <i>et al.</i> (38)	Taurillons	Canne à sucre	Le fourrage de manioc se substitue à 0, 15, 30 45% de la canne à sucre	La croissance augmente avec la proportion de manioc dans la ration
Fernández et Preston (20)	Bouvillons	Fourrage de manioc + mélasse avec ou sans tourteau de soja	Le niveau d'ingestion du fourrage est de 2, 3 et 4% du poids vif	Le fourrage de manioc peut être utilisé comme seule source de protéine dans la ration
Fpoukes et Preston (21)	Bouvillons	Fourrage (manioc - patate douce) avec ou sans complément azoté		La croissance est plus élevée avec le manioc fourrage
PEAUX DE MANIOC				
Larsen et Amaning (1976)	Bouvillons	Pâturage	Supplémentation par 0.7 kg de matière sèche par 100 kg de poids vif de: - peau mélassée séchée - peau mélassée	Dans le 2 cas la croissance est plus élevée avec l'apport de peaux de manioc

Tableau 3. Utilisation du manioc dans les rations pour vaches laitières: mode d'utilisation et résultats.

Auteurs	Type d'animal	Ration	Mode d'utilisation du manioc	Résultats
Lacas (35)	Vaches	Betteraves, paille, foin de luzerne, son de blé + gluten de maïs	La farine de manioc se substitue au gluten de maïs	La production laitière n'est pas significativement différente mais le gain de poids des animaux est plus élevé avec le régime manioc
Mormoto (43)	Vaches	Fourrage + tourteau de soja + pulpe de betteraves	Le manioc se substitue à 76,8% de la pulpe	Augmentation de la production laitière et du TB
Ser (57)	Vaches	Fourrage + concentré	L'apport de manioc dans la ration est de 1 à 2 kg	Augmentation de la production laitière
Alba <i>et al.</i> (2)	Vaches	Fourrage + concentré maïs manioc	Le manioc se substitue au maïs	La production laitière est significativement plus élevée avec le manioc
Peixoto <i>et al.</i> (48)	Vaches	Fourrage + concentré maïs	Le manioc se substitue au maïs	Diminution de la production laitière
Assis <i>et al.</i> (6)	Vaches	Pâturage + complément patate douce, manioc ou canna	Concentré patate douce - manioc - canna	La production laitière est significativement plus élevée avec le manioc
Cardoso <i>et al.</i> (7)	Vaches	Pâturage + concentré maïs	Le manioc se substitue au maïs	La production laitière est significativement plus élevée avec le manioc
Mathur <i>et al.</i> (36)	Vaches	Fourrage + concentré à base d'avoine ou de maïs	Le manioc se substitue à 12,5 ou 25% de l'avoine	Pas de différence significative
Olaloku <i>et al.</i> (46)	Vaches	Fourrage + concentré maïs ou manioc	Le manioc se substitue au maïs et représente 80% du concentré	Augmentation de la production laitière
Mohme et Pfeffer (41)	Vaches	Fourrage deshydraté avec ou sans manioc	Le manioc est incorporé au fourrage au taux de 0, 8, 4 et 18,8%.	Pas de différence significative
Ribeiro <i>et al.</i> (52)	Vaches	Fourrage + concentré maïs ou manioc-mélasse	Le manioc-mélasse se substitue à 50% du maïs	Pas de différence significative
Murillo (44)	Vaches	Luzerne ou fourrage de manioc	Le fourrage de manioc se substitue à la luzerne	Pas de différence significative

Tableau 4. Utilisation du manioc dans les rations pour ovins: mode d'utilisation et résultats.

MANIOC - RACINES			
Auteurs	Type d'animal	Mode d'utilisation du manioc	Résultats observés
Chicco <i>et al.</i> (11)	Mâles à l'engrais	Fourrage (sorgho) + concentré maïs, mélasse, pulpe d'agrumes ou manioc	Le manioc représente 60% du concentré La croissance est plus élevée avec le manioc
Reddy et Reddy (51)	Agneaux	1) Comparaison paille de riz traitee sous produits d'ami- donerie; 2) Même ration + 200 g con- centre	Le manioc se substitue à la paille de riz Croissance non significative- ment différente La croissance est plus élevée avec le manioc
MANIOC - PEAUX			
Otenere <i>et al.</i> (47)	Agneaux et agnelles	Pâturage + complément mé- lasse urée sur paille de riz ou peaux de manioc sèches	Les peaux de manioc se sub- stituent poids à poids à la paille de riz La croissance est plus élevée avec le manioc

des besoins des populations, est souvent limité par la médiocrité des ressources alimentaires disponibles. Le manioc, susceptible de s'adapter aux différentes conditions écologiques de ces zones pourrait, comme le souligne Ferrer (19) "se substituer en partie aux fourrages traditionnels et jouer un rôle important dans l'alimentation du bétail laitier et des animaux à viande".

L'intérêt de cette culture est double; en effet, si le manioc est universellement connu comme source d'énergie, il peut produire de 2 000 à 40 000 UFV par hectare et par an, il est beaucoup moins connu comme source de protéines bien qu'il soit susceptible de produire de 300 à 6 200 kg de matières azotées totales par hectare et par an soit 3 fois plus qu'une bonne luzernière.

De nos jours, la plus grande partie du manioc destiné à l'alimentation animale (veaux, bovins à l'engrais, vaches laitières) est utilisé à l'état sec sous forme de farine, de cossettes ou autres préparées à partir de la racine et ou de farine de feuilles. Ces produits dont la toxicité a été éliminée par les divers traitements technologiques (séchage, broyage . . .) sont directement et avantageusement utilisable par l'animal. Il n'en est pas de même en revanche des produits frais ou conservés par ensilage dont on peut envisager l'utilisation pour l'élevage sur les lieux de production que ce soit isolément (racines ou partie aérienne) ou en mélange (plante entière) en vue de constituer une ration complète (énergie + azote).

Dans cette perspective, le problème de la toxicité du manioc lié à sa teneur, très variable, en cyanoglycosides reste entier. Une étude approfondie permettant, d'apprécier la toxicité de la plante à l'aide de tests simples accessibles à tout éleveur, de préciser les conditions de conservation par ensilage susceptibles de réduire fortement la toxicité sans altérer la qualité du produit et enfin de définir le mode d'utilisation par l'animal et l'intérêt de certains additifs tels que les sels soufrés et ou les acides aminés soufrés, reste un préalable à toute vulgarisation d'une telle technique d'alimentation des ruminants.

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une étude sur "l'utilisation du manioc plante entière par les ruminants" entreprise avec le concours de la D.G.R.S.T. (Délégation Générale à la Recherches Scientifique et Technique).

Summary

The authors present the results, sometimes contradictory, obtained on calves (weaned and un-

weaned), fattening cattle, dairy cattle and sheep fed with cassava roots and/or forage rations.

Literature citee

- 1 AHMED, F. A., et KAY, M. A note on the value of molasses and tapioca as energy supplements to forage for growing steers *Animal Production* 21:191-194 1975.
- 2 ALBA, de J., GARCIA, H., PEREZ-CANO, F. et ULLOA, G. Valor nutritivo de la cáscara de cacao para producción de leche en comparación con maíz molido y harina de yuca. *Turrialba* 4(1):29-34. 1954
- 3 ALQUIER, J. Valeurs nutritives comparées pour les bovins des gros sons de blé, des issues de rose de riz et de la mouture de manioc. *Bulletin de la Société Scientifique d'Hygiène Alimentaire et d'Alimentation Rationnelle de l'Homme* 15:294-314. 1927
- 4 AMRITH-KUMAR, M. N. et MATHUR, M. L. Effect of feeding urea along with tapioca in the ration on the growth of calves. *Indian Journal of Dairy Science* 23:198-200 1970
- 5 ASSAN, B. E. Contribution à l'étude de la digestion intestinale de l'amidon chez le veau préruminant. Thèse. Université de Clermont Ferrand, 1974.
- 6 ASSIS, F. de P., ROCHA, G. L., da MEDINA, P., GUARAGNA, P. N., BECKER, M., POHL, R. et KALIL, E. B. Efeitos da administração de raízes e tubérculos como suplemento de inverno, na alimentação de vacas em lactação *Boletim de Indústria Animal (Brasil)* 20:55-61. 1962.
- 7 CARDOSO, R. M., CAMPOS, J., HILL, D. L. et SILVA, J. F. C. da. Efeito da substituição gradativa de milho pela raspa de mandioca, na produção de leite. *Revista Ceres (Brasil)* 16:308-330. 1968.
- 8 CASTRO, M. E. D., SILVA, J. F. C. da et BARBOSA, T. Substituição do milho desintegrado com palha e sabugo pela raspa de mandioca integral em rações para ruminantes. II. Confinamento de bovinos. *Experientiae (Brasil)* 20:204-216. 1975.

9. CHENOST, M. Observations préliminaires sur la comparaison du potentiel digestif et de l'appétit des caprins et des ovins en zone tropicale et en zone tempérée. *Annales de Zootechnie* 21:107-111. 1972.
10. CHENOST, M. Observations préliminaires sur les variations saisonnières de la quantité d'aliment ingérée par des caprins en milieu tropical humide. *Annales de Zootechnie* 21: 113-12. 1972.
11. CHICCO, C. F., DUQUE, C. M., SHULTZ, E., et SHULTZ, T. A. Evaluación de la yuca, pulpa de cítrico y melaza en el engorde de corderos. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 23:587-592. 1973.
12. COSSETTES, L. Et la farine de manioc "Nosy-beene" dans l'alimentation des animaux. *Bulletin Ecom. Madagascar* 3:293-296. 1921.
13. DECHAMBRE, M. L'élevage des veaux à l'aide du lait écrémé. *L'Industrie Laitière* 38(50): 801-811. 1913.
14. DEVENDRA, C. et LEE-KOK, CHOO, T. Studies on kedah-kelantan cattle I. Effect on improved nutrition on growth. *MARDI Research Bulletin* 3:68-86. 1975.
15. DEVENDRA, C. et LEE-KOK, CHOO, T. Studies on kedah-kelantan cattle II. The effect of feeding increasing levels of tapioca. *MARDI Research Bulletin* 4:80-89. 1976.
16. DEVENDRA, C. et LEE KOK, CHOO, T. Studies on kedah-kelantan cattle III. Body composition and carcass characteristics. *MARDI Research Bulletin* 4:81-89. 1976.
17. DEVENDRA, C. Cassava as a feed source for ruminants. In Nestel, B and Graham, M. eds *Cassava as animal feed Proceedings of a workshop, Univervisty of Guelph, 1977. (I.D.R.C. 095è) pp. 107-119.*
18. ESTIMA, A. L., CALDAS, G. C., VIANA, S. P., CAVALCANT, M. F. de M., CARVALHO, A. R. L. de, FARIAS, M. L. et LOFGREEN, G. P. Molasses, cassava and cotton seed meal as supplements to fresh or ensiled sugar cane tops. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 2:411-420. 1967.
19. FERRER, D. A. Cassava as a feed for cattle *Agricultor Venezolano* 30:57-61. 1968.
20. FERNANDEZ, et PRESTON, T. R. Cassava forage as a fibre and protein supplement in molasses based diets: effect of level of forage and supplementation with soybean meal. *Tropical Animal Production (México)* 3:109-113. 1978.
21. FFOULKES, D., PRESTON, T. R. Cassava or sweet potato forage as combined sources of protein and roughage in molasses based diets: effect of supplementation with soybean meal. *Tropical Animal Production* 3:186-192. 1978.
22. FURNEMONT, A. Alimentation artificielle des veaux (type économiseur de lait). *Bulletin Agricole du Rwanda* 9:163-170. 1976.
23. GARCIA, J. A., CAMPOS, J., et PERES, F. L. Melaço/ureia x raspa de mandioca/ureia na engorda de bovinos em confinamento. *Seiva* 30:9-22. 1970.
24. GONTIJO, R. M., VILELA, H., CARNEIRO, G. G. VIDIGAL, G. T., et MIRANDA, J. J. E. Estudo comparativo entre raspa de mandioca lavada et milho desintegrado como fontes de energia, para engorda de novilhos azebuados em confinamento. *Arquis Escuela Veterinaria* 24:27-31. 1972.
25. GOUIN, A., et ANDONARD, P. Tapioca leaves for raising calves. *Bull. Sco Natl. Agric (France)* 68:776-779. 1910.
26. HEIM, F. et DECHAMBRE, H. Le manioc dans l'alimentation du bétail. *Bull. Ecom. de L'Indochine* 130:466-468. 1918.
27. HENKE, A. Cassava meal as a feed for dairy cattle. *Coll. Hawaií Bulletin* 6:20-21. 1919.
28. HUTANUWARTR, N., et SORNSOOGNERN, N. The utilisation of cassava root meal as energy source for finishing beef cattle. Annual report of Khon-kaen University Faculty of Agriculture. Thaïlande, 1977. pp. 173-181.
29. HUTANUWARTR, N., SAENGHIRAN, C., SORNSOOGNERN, N., et SONTICH, M. Pelleted cassava root meal as an energy source for finishing steers. Annual report of Khon-kaen University Faculty of Agriculture. Thaïlande. 1978. pp. 131-135.
30. JOHNSON, P. T. C., ROSE, C. J., et MILLS, W. R. Nutritional studies with early beef

- calves. *Rhodesian Journal of Agricultural Research* 6:5-11 1968.
31. JUAREZ, G. L., Las hojas y tallos de yuca como forraje. Estación experimental agrícola de la "Molina" Boletín 58, 1955. 66 p.
32. LABBE, S. URDANETA, R., PEROZO, T. OLIVARES, R., et AVENDANO, A. Utilización con suplementación, con melaza, urea y yuca en el crecimiento becerros criollos limoneros *Agronomía Tropical* (Venezuela) 25:201-205. 1975.
33. LANGUIDEY, P. H., MOREIRA, H. A., SANTOS, K. A. de S., VIANA, de A. C., et RODRIGUEZ, N. M. Melaço de cana e/ou mandioca dessecada em raços contendo ureia para novilhod de corte Arquins da Escuela Veterinaria U.F.M.G. 28:307-315 1976.
34. LOSADA, H., et ALDERETE, R. Effects on cassava root meal and urea level on the performance of sters grazed on poor quality pasture with free access to molasses. *Tropical Animal Production* 4:47-50 1979.
35. LUCAS, J. E. Expérience sur l'emploi de la farine de manioc dans l'alimentation des vaches laitières. *Bulletin Econ. Madagascar* 15:67-71 1914.
36. MATHUR, M. L., SAMPATH, S. R., et GHOSH, S. N. Studies on tapioca: Effect of 50 and 100 percent replacement of oats by tapioca in the concentrate mixture of dairy cows. *Indian Journal of Dairy Science* 22:193-199. 1969.
37. MELLO, R. R. de, SILVA, J. F. C., da CAMPOS, O. F., et MOTTA, V. A. F. Milho desintegrado con palha e sabugo e raspa de mandioca combinados con diferentes fontes proteicas no arraçoamento de novilhos em confinamento *Revista da Sociedade Brasileira Zootecnica* 5:70-82. 1976.
38. MEYRELES, LUZ, Mac LEOD, N. A., et PRESUPPLEMENT in sugar cane diets for cattle. Effect of different levels on growth and rumen fermentation. *Tropical Animal Production* 2:73-80. 1977
39. MEYRELES, LUZ, et PRESTON, T. R. Cassava forage as a protein source in sugar cane diets for cattle: effect of supplementary sulphur and dried cassava root. *Tropical Animal Production* 2:280-283. 1977.
40. MINSON, D. J., et McLEOD, M. N. The digestibility of temperate and tropical grasses. *Proc. XIth International Grassl. Congr.* 1970. pp 719-722.
41. MOHME, H., et PFEFFER, E. Briketts aus heissluftgetrocknet ein grass mit Unterschiedlicher Tapioca-erganzun alleinfutter für Milchkuhe. *Wirtschaftseinge Futter* 19:247-253. 1973
42. MOORE, C. P. El uso de forraje de yuca en la alimentación de ruminantes *International seminar in tropical livestock products.* Acapulco, 1976. 21 p.
43. MORIMOTO, H. Un the feeding values of pineapple bran and tapioca ampas for dairy cows. *Japanese Journal of Zootechnical Science* 21:49-53. 1950.
44. MURILLO, O. E. Valor de la harina de hojas y tallos deshidratados de yuca en la producción de leche. *Turrialba* 2:166-169 1952.
45. NEVES, J. D., ZOBY, J. L. F., ESTIMA, A. L., CALDAS, G. C., HAINES, C. Urea, melaço e raspa de Mandioca na engorda de bovinos. Instituto de pesquisas agronômicas de Pernambuco, Boletim tecnico Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco 37, 18 p. 1969.
46. OLALOKU, E. A., EGBUIWE, A. M., OYENUGA, V. A. The influence of cassava in the producción ration on the yield and composition of milk of white Fulani cattle. *Nigerian Agriculture Journal* 8:36-43. 1971.
47. OTCHERE, E. O., DADZIE, C. B. M., ERBYNN, K. G., AYEBO, D. A. Response of sheep to rice straw or cassava peels fortified with urea and molasses as supplemental feeds to grazing *Ghana Journal Agricultural Science* 10:61-66. 1977.
48. PEIXOTO, R., GROSSMAN, J. R., OLIVIERA, DE W. M. A raiz da mandioca comparada como grão de milho na produção de leite *Boletim da Diretoria da Produção Animal* 12:24-27 1955.
49. PERNOT, S. L'utilisation de la farine de manioc dans l'alimentation des jeunes veaux. *Agriculture pratique des pays chauds.* 9:427 1909.

50. PINEDA, M. J., RUBIO, R. R. Un concepto nuevo en el levante de novillas para ganadería de leche. *Revista ICA (Colombia)* 7:405-413. 1972.
51. REDDY, T. K., REDDY, M. R. Studies on the utilization of urea molasses enriched paddy straw and tapioca residue in lambs rations. *Indian Veterinary Journal* 56:400-407. 1979.
52. RIBEIRO, P. J., MOREIRA, H. A., VILELA, H. Melaço desidratado e raspa de mandioca como substitutos parciais do milho para produção de leite. *ARQ. Esc. U.F.M.G.* 28:193-200. 1976.
53. ROCHA, G. L. da Mandioca, batata doce e leite no inverno. São Paulo: Departamento da Produções animal. 1968.
54. ROVERSO, E. A., TUNDISI, A. G. A., et LIMA, F. P. Melaço mandioca e capa de açúcar integral no arraçoamento de bovinos Nelore. *Revista de Medicina Veterinaria* 5:36-40. 1969.
55. RUBIO, E. C. Efecto comparativo de la melaza de caña y harina de yuca en la utilización de urea en la alimentación de rumiantes. *Revista ICA (Colombia)* 13:537-542. 1978.
56. SALETTE, J. E. Nitrogen used and intensive management of grass in the wet tropics. *Proc. XIth Intern Grassl. Congr.* 1970 pp. 404-407.
57. SER, E. S. do. A mandioca na alimentação das vacas leiteiras. *Boletim da cooperativa central dos produtores de leite.* 1953. pp. 342-349.
58. SERRES, H. L'engraissement des zébus dans la région de Tananarive selon la technique du boeuf de fosse. *Rev. Elev. Med. Vét. Pays Trop.* 22:429-439. 1969.
59. SHULTZ, T. A., CHICCO, C. F., SHULTZ, E. et CARNEVALI, A. A. Evaluación de diferentes fuentes de energía (yuca, maíz, arroz y melaza) sobre la utilización de altos niveles de urea en bovinos. *Agronomía Tropical* 20:1985-194. 1970.
60. SILVA, J. F. C., da CARDOSO, B. M., CAMPOS, O. F., VILELA, H. Raspa de mandioca e melaço como veiculos da ureia para bovinos em confinamento. *Revista Ceres* 24:134-140. 1977.
61. SILVESTRE, R., Mac LEOD, N. A., PRESTON, T. R. Effect of meat meal, dried cassava root and groundnut oil in diets based on sugar cane/urea or molasses/urea. *Tropical Animal Production* 2:151-157. 1977.
62. SOEWARDI, B., SASTRADIPRAJA, D., NASUTION, A. H., HUTASOIT, J. M. The influence of corn and cassava meal supplementation on the feeding value of alangalang (*Imperata cylindrica* (L) Beauv.) for ongle grade heifers. *Malaysian Agricultural Research Journal* 4:123-130. 1975.
63. TEIXEIRA, L. B. Ureia, estilosantes e raspa de mandioca como suplementos de capim elfante para bovinos em confinamento. *Thèse unversidade Federal de Viçosa (Brasil)* 1975.
64. VALDIVIESCO, A., et ALBA, C. Y. J. de Uso del maíz y la harina de yuca en mezclas simples para criar terneras de lechería. *Turrialba (Costa Rica)* 8:148-152. 1958.
65. VINCENTE-CHANDLER, J., GARO-COSTA, PEARSON, R. N., ABRUNA, F., FIGAROLA, J., et SILVA, S. The intensive management of tropical forages in Puerto-Rico. *Bulletin* 187. University of Puerto-Rico. Agric. Exp. Station Rio-Pedras 1964.
66. WANDERLEY, R. de C., FILHO, N. C., LOFGREEN, G. P., BARROS, A. de R. Engorda confinada de bovinos na zona da mata unida de permambuco (pontas de cana, melaço, mandioca, farelo de algodão, farelo de mamona disintoxicada, torula o sais minerais). *Recije Instituto de pesquisas e experimentação agropecuarias do Nordeste (Brasil).* 1966. 10 p.
67. ZAPATA, A. O., RUBIO, R. R. Empleo de la yuca en levante de novillas Holstein en el Valle del Cauca. *ICA regional No. 5* 1972 pp. 43-45.

RELACIONES FOSFORO-ZINC EN TRES SUELOS ACIDOS DE COSTA RICA.
I. COMPORTAMIENTO EN EL SUELO¹ /

E. GUZMAN*
E. BORNEMISZA*

Summary

The effects of high P and Zn applications and their interactions were studied in three acid (pH 5.3-5.9) soils of Costa Rica. It was observed that as all three soils fixed P strongly, the obtained available P levels, were much smaller than expected based on retention curves. Adding the lowest P level resulted in a good growth of the test plants.

An application to the soils resulted in increases in soluble Zn proportional to the added amounts. However, the observed increases were smaller than the expected ones, based on retention curves. The application of the Zn level needed for twice the estimated soluble amount (18 µg/g) which was 99-178 µg/ml soil, resulted in only 10 to 15 µg/ml soil of extractable Zn.

The treatments were generally reflected by the soil P/Zn ratios and indicated low values (< 1.75) for the zero P treatment. The values for P treated pots varied between 1.97 and 10.05, considered normal

Introducción

En Centroamérica, el aumento de la población y el mejoramiento de la tecnología han dado como resultado un uso más intensivo de los suelos y fertilizantes. Existe evidencia de que los cambios en el aprovechamiento de los oligoelementos, causados por fuertes aplicaciones de fosfatos, han provocado reducciones en el rendimiento del cultivo (1, 3, 14, 17). La interacción P-Zn en varios cultivos ha sido estudiado en climas templados (3) y en algunos sitios de Latinoamérica (5, 9, 13).

Una alta aplicación de fertilizante fosfatado, con cierta frecuencia necesaria en suelos ácidos, puede

afectar la absorción de Zn por las plantas y reducir su rendimiento. Por esta razón se decidió estudiar, en invernadero, la influencia de altas aplicaciones de P sobre la disponibilidad de Zn en el caso del tomate, las relaciones P/Zn en esta planta, el comportamiento de los mismos elementos en el suelo y la influencia de sus relaciones sobre la producción de tomate en invernadero como su contenido de P y Zn. Lo referente a los aspectos de suelo se expone en primera parte del informe y el experimento de invernadero en la segunda parte del mismo.

Materiales y métodos

Suelos estudiados

Se escogió para el estudio tres suelos ácidos y bajos en Zn extraíble; dos que se clasifican como *Entic Dystrandeps* (Cariari y Guácimo) y uno como *Ustoxic Palehumult* (Buenos Aires). Sus características químicas y físicas se presentan en el Cuadro 1.

Se aprovechó para el estudio la capa arable (0.20 cm) de estos suelos. Para los análisis y el trabajo de invernadero se usó suelos secos al aire y pasados por un tamiz de 2 mm de apertura.

¹ Recibido para publicación el 18 de enero de 1983.
Este trabajo está basado parcialmente en la tesis de M.Sc. presentada por la primera autora a la Comisión de Posgrado UCR-CATIE

* Estudiante de postgrado, actualmente investigadora del Instituto Salvadoreño de Investigación Agropecuario y de Pesca y Profesor de Suelos en el Programa de Posgrado UCR-CATIE

Cuadro 1. Características químicas y físicas de los tres suelos estudiados.

Características	Suelos		
	Cariari	Guácimo	Buenos Aires
pH en agua	5.4	5.9	5.3
P, $\mu\text{g}/\text{ml}$	9	6.5	3.5
Zn, $\mu\text{g}/\text{ml}$	1.4	1.1	1.5
K, meq/100 ml	0.29	0.43	0.21
Ca, meq/100 ml	5.15	5.64	0.85
Mg, Meq/100 ml	0.81	1.41	0.30
Ac. extraíble, meq/100 ml	0.6	0.3	0.8
S, $\mu\text{g}/\text{ml}$	14.6	12.5	6.2
Cu, $\mu\text{g}/\text{ml}$	1.48	1.17	7.7
Materia orgánica, (%)	7.68	6.51	2.20
Densidad aparente, g/cm^3	0.62	0.93	0.95
Arena, (%)	47	37	9
Limo, (%)	42	48	24
Arcilla, (%)	11	15	67
Tipo de textura	Franco	Franco	Arcilloso

Análisis de suelos y estudios de retención

Para el análisis de textura se empleó el método de Bouyoucos modificado y para la densidad aparente el método del cilindro de volumen conocido, descrito por Forsythe (7).

Las determinaciones de pH en agua y de K, P, Zn, Cu, Mn y Fe extraídos con la solución de Olsen modificado, se realizaron con la metodología resumida por días-Romeu y Hunter (6). La materia orgánica se determinó por digestión húmeda con dicromato (19) y el de azufre por el método de Nasmoumi y Cornfield (15). En adición, el Zn se extrajo con HCl 1 0.1 N (16) y con DPTA (ácido dietilentriamino pentacético) (12).

Para establecer los niveles de fertilidad necesarios para el trabajo de invernadero se realizó estudios de retención de los diferentes nutrientes, usando la técnica de Díaz-Romeu y Hunter (6).

Técnicas de invernadero

Se usó el tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) var. "Tropic" como planta indicadora, por su sensibilidad a problemas nutricionales y por su semilla pequeña, con reducidas reservas de nutrientes.

Después de aplicar los tratamientos, el suelo fue colocado en macetas plásticas, regadas por gravedad, en las cuales se cultivó seis plantas de tomate por maceta. La cosecha se realizó después de seis semanas de la siembra. Se determinó el peso fresco y el peso seco de las plantas.

El material seco se pasó por un molino Micro-Wiley tamizando la muestra por una malla no. 40. Para determinar P, Zn, K, Ca y Mg se digirió muestras del material molido en una mezcla nitro-perclórica (5:1) y se determinó por colorimetría (P) y absorción atómica.

Con base en las curvas de retención (Fig. 1) se determinó la cantidad correspondiente de P y Zn en un "nivel crítico", el cual corresponde a 36 $\mu\text{g}/\text{ml}$ de P y a 9 $\mu\text{g}/\text{ml}$ de Zn según Díaz-Romeu y Hunter (6). Los tratamientos de aplicación de fósforo fueron de 0, suficientes para establecer los niveles de 36, 72 y 144 $\mu\text{g}/\text{ml}$ de P; los de zinc fueron también de 0, suficientes para 4.5 $\mu\text{g}/\text{ml}$, 9 y 18 $\mu\text{g}/\text{ml}$ de Zn soluble como se indica en el Cuadro 2. Se aplicó también los demás tratamientos cuando fue necesario para alcanzar una fertilidad adecuada.

Diseño del experimento

Se empleó un arreglo factorial 3 x 4 x 4 (suelos x niveles de P x niveles de Zn) repetido 4 veces. Los tratamientos fueron adecuados a un diseño de bloques al azar, resultando 192 macetas. Se comparó también diferentes variables buscando la correlación entre ellas.

Resultados y discusión

Fósforo en el suelo

Los niveles iniciales de P se presentan en el Cuadro 1 y los niveles posteriores al experimento de inverna-

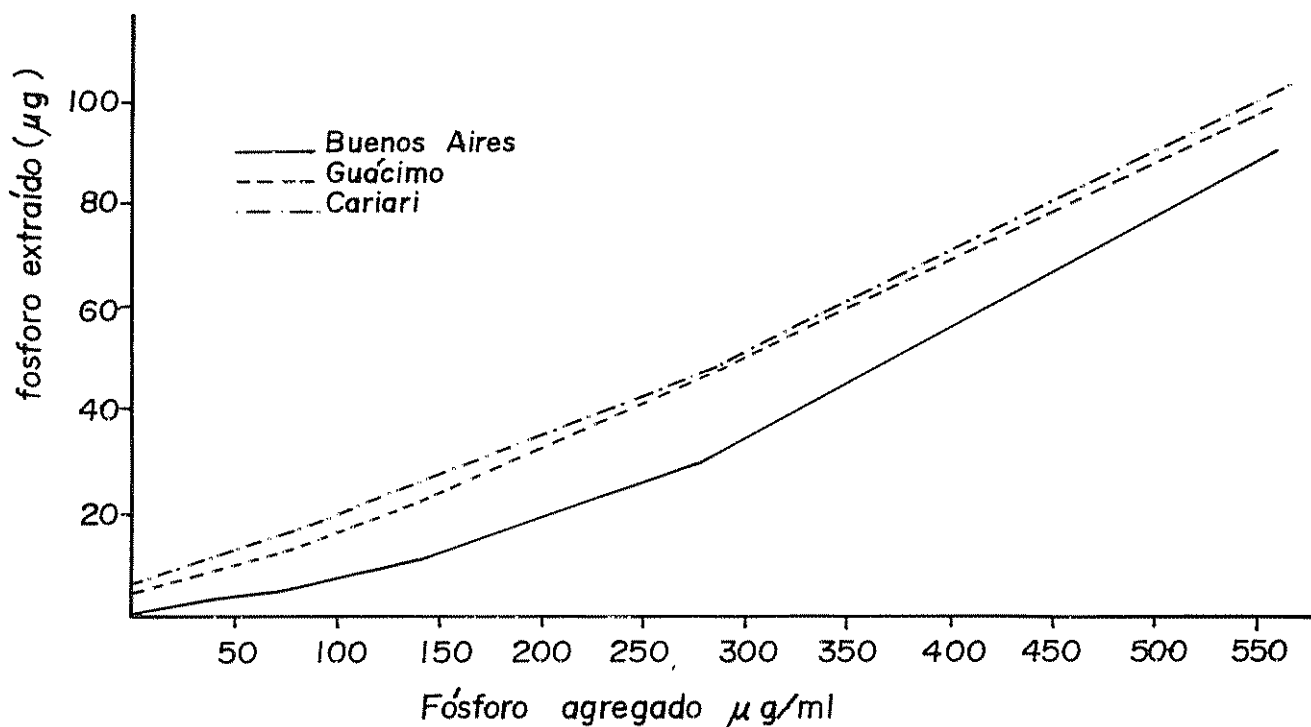


Fig. 1. Curvas de retención de fósforo para los suelos Cariari, Guácimo y Buenos Aires

Cuadro 2. Cantidades de fosfato de amonio ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) y sulfato de zinc ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) aplicadas a los suelos de Cariari, Guácimo y Buenos Aires.

Niveles estudiados	Nutrimento agregado al suelo		
	Cariari	Guácimo	Buenos Aires
	(mg/1 000 ml de suelo)		
P ₀	—	—	—
P ₁	761.3	798.4	799.9
P ₂	1 522.5	1 596.8	1 559.7
P ₃	3 045.2	3 193.7	3 119.5
Z ₀	—	—	—
Z ₁	44.45	38.27	24.69
Z ₂	88.90	76.55	49.38
Z ₃	177.8	153.10	98.78

dero en el Cuadro 3. Se observó solamente cambios muy pequeños en los suelos que no recibieron P. Estos niveles bajos resultaron también en un crecimiento vegetal muy pobre, indicando que estos suelos son fuertemente deficientes en P y requieren de su aplicación.

La adición del primer nivel (P₁) de fósforo elevó el nivel residual del elemento en el suelo a un promedio de 20 μg/ml. Se observa que, aunque se aplicó sufi-

ciente P para un nivel de 36 ppm, la absorción de las plantas y la fijación redujeron casi a la mitad la cantidad aplicada; lográndose un vigoroso crecimiento de las plantas, lo que es fácil de entender ya que aún después de la cosecha, el nivel de P era superior al nivel crítico de 12 ppm.

Cuando se aplicó el segundo nivel (P₂), las cantidades residuales encontradas fueron de 32-79 μg/ml con un promedio de 49 μg/ml, que corresponde apenas a

más de la mitad de los 72 $\mu\text{g}/\text{ml}$ suministrados al inicio del experimento. Las plantas extrajeron un promedio de 24 $\mu\text{g}/\text{ml}$, valor similar al encontrado con el nivel P_1 y que concuerda con el crecimiento observado. Con el tratamiento P_2 , el suelo experimentó un aumento promedio de 28 ppm de P, un 78% de las 36 ppm, añadidos en exceso a P_1 .

Cuando se aplicó el tercer nivel (P_3) se encontró la mayor variación en el suelo, notándose una concentración entre 20 y 103 $\mu\text{g}/\text{ml}$, con un promedio de 65 $\mu\text{g}/\text{ml}$; sin embargo, el del suelo Guácimo fue inferior y el de Buenos Aires fue superior al promedio general. Con este tratamiento se recuperó un 17 ppm de P de los 36 ppm añadidos, en decir aproximadamente la mitad. Como se observa en la Figura 1, los tres suelos retienen con eficiencia el fósforo, lo que posiblemente explica esta recuperación tan reducida.

Se advirtió también que durante la primera aplicación de zinc (Z_1) aumentó la cantidad de P residual disponible en el suelo, probablemente debido a una mejor mineralización de P orgánico. A niveles mayores de Zn no se observó una tendencia clara en los cambios de P en el suelo.

Zinc en el suelo

Los niveles iniciales de Zn se dan en el Cuadro 1 y los posteriores al experimento en el Cuadro 4. Se detectó que aunque la aplicación de Zn resultó en cambios continuos en los niveles de este elemento, estos

eran mucho menores que las cantidades añadidas, probablemente por la fuerte extracción del mismo, por las plantas cultivadas. La retención de Zn en los tres suelos fue similar, así se ilustra en la Figura 2.

Esta conversión rápida del Zn aplicado al suelo, en forma soluble a otro poco disponible, fue observado por Boawn (2), quien encontró inmobilizaciones de hasta un 90% del elemento suministrado.

Se concluye que las aplicaciones al suelo elevan la cantidad del elemento disponible, aunque el aumento sea mucho menor que las cantidades aplicadas (de 99 a 178 $\mu\text{g}/\text{ml}$ para Z_3). Existe un incremento de Zn en el suelo con mayores niveles adjudicados, aunque la aplicación Zn 2 (cuatro veces superior a Zn 1) apenas duplicó el nivel del elemento como se observa en el Cuadro 4. Este coincide con la fuerte retención presentada en la Figura 2. El comportamiento de estos tres suelos es parecido y coincide con lo observado por Mainho e Igue para suelos similares (13).

El Zn recuperado, con niveles altos de aplicación, representa menos de un décimo del elemento. Los niveles de extracción del zinc fueron bajos, apenas excedieron 1 mg de Zn/maceta (muy poco en comparación a lo añadido en el caso del tratamiento Z_3).

En el Cuadro 5 se observa que los niveles de P aplicados no tuvieron una influencia tangible sobre los de Zn en el suelo, probablemente por la fuerte fijación de P (Fig. 1). Esta aseveración coincide con lo

Cuadro 3. Contenido promedio de fósforo por repeticiones y determinación de los niveles medios de Zn (en $\mu\text{g}/\text{ml}$ de suelo).

Tratamiento	Suelos			Promedio Total
	Cariari	Guácimo	Buenos Aires	
P_0	6	9	6	7
P_1	20	17	22	20
P_2	38	60	49	49
P_3	69	31	94	65

Cuadro 4. Contenido promedio de Zinc de las repeticiones y de los niveles de fósforo (en $\mu\text{g}/\text{ml}$ de suelo).

Tratamiento	Suelos			Promedio Total
	Cariari	Guácimo	Buenos Aires	
Zn_0	5	5	6	5
Zn_1	6	7	7	7
Zn_2	8	9	7.5	8
Zn_3	12	12.5	11.5	12

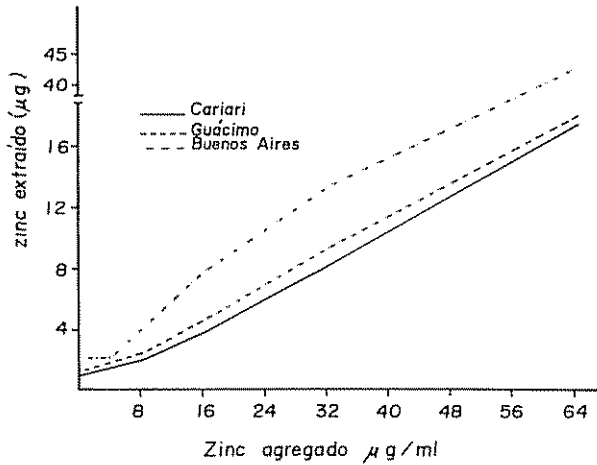


Fig 2 Curvas de retención de zinc para los suelos Cariari, Guácimo y Buenos Aires.

encontrado por Friesen *et al* (8) en el caso de los ultisoles de Nigeria, en el mismo ámbito de pH en suelos ácidos.

El tratamiento P₂ representa un apreciable aumento de la relación sobre P₁ (promedio P₂: 19.32 en contra 9.3 para P₁). Se observa que el contenido de P en el suelo creció más rápidamente que el de Zn, el que fue muy lento (Cuadros 3 y 4 y la Figura 2). En promedio, esta tendencia es más notable todavía para el nivel P₃, fenómeno explicado de la misma manera.

Relación P/Zn en el suelo

Las relaciones P/Zn originales de los tres suelos pueden ser calculadas a partir de los datos en el Cuadro 1, resultando en 6.4 para Cariari, 5.9 para Guácimo y 2.3 para Buenos Aires.

En los suelos que recibieron el tratamiento P₀, este valor disminuyó al extraer las plantas las muy escasas reservas de P del suelo como se observa en el Cuadro 6. Cuando se aplicó el tratamiento P₁, las relaciones fueron bajas y similares para los tres suelos con valores entre 2.8 a 3.2. Se cree que la fuerte extracción de P, asociada al crecimiento vigoroso de las plantas, bajo el tratamiento P₁, fue la responsable del insuficiente, aumento del valor mencionado. La relación P/Zn decreció al incrementarse la cantidad de Zn y se mantuvo constante la dosis de P, como se ilustra en el Cuadro 6.

Extracción de Zn de los suelos con diferentes soluciones

Después de realizar el experimento de invernadero, se determinó el Zn del suelo por tres métodos: el de Olsen modificado (6, 11), el de HCl 0.1 N (16) y el de DTPA (12).

Como se observa en el Cuadro 7, el extractor menos eficiente fue siempre la solución de Olsen modificada, aunque esta refleja también las diferencias debi-

Cuadro 5. Contenido de Zn (µg/ml) en el suelo después del experimento de invernadero. Promedios de cuatro repeticiones.

Tratamiento	Suelo			Promedio total para zinc
	Cariari	Guácimo µg Zn/ml	Buenos Aires	
P ₀ Zn ₀	5	5	5	5
P ₁ Zn ₀	5	5	5	
P ₂ Zn ₀	6	6	6	
P ₃ Zn ₀	5	5	7	
P ₀ Zn ₁	7	6	7	6.5
P ₁ Zn ₁	6	7	6	
P ₂ Zn ₁	6	8	7	
P ₃ Zn ₁	6	6	7	
P ₀ Zn ₂	8	7	7	8
P ₁ Zn ₂	8	9	7	
P ₂ Zn ₂	8	10	7	
P ₃ Zn ₂	9	8	9	
P ₀ Zn ₃	12	12	10	12
P ₁ Zn ₃	11	11	10	
P ₂ Zn ₃	14	15	15	
P ₃ Zn ₃	11	12	11	

Cuadro 6. Relación fósforo-zinc (P/Zn) en el suelo después del corte de tomate (seis semanas de edad), Promedio de cuatro repeticiones.

Tratamiento	Suelo		
	Cariari	Guácimo	Buenos Aires
P ₀ Z ₀	1.70	1.75	0.74
P ₀ Z ₁	0.81	1.47	0.50
P ₀ Z ₂	0.60	1.17	0.53
P ₀ Z ₃	0.57	0.98	0.77
P ₁ Z ₀	2.96	4.94	3.59
P ₁ Z ₁	3.50	2.50	3.44
P ₁ Z ₂	2.82	2.11	2.56
P ₁ Z ₃	1.97	3.38	3.42
P ₂ Z ₀	6.00	11.19	8.78
P ₂ Z ₁	5.20	10.90	6.01
P ₂ Z ₂	5.64	4.89	7.67
P ₂ Z ₃	3.47	4.04	3.48
P ₃ Z ₀	7.96	7.35	14.00
P ₃ Z ₁	14.97	4.91	16.05
P ₃ Z ₂	8.03	4.69	13.24
P ₃ Z ₃	7.24	1.77	7.96

Cuadro 7. Contenido de zinc en tres suelos.

Tratamiento	Cariari			Guácimo			Buenos Aires		
	HCl	Olsen modif.	DTPA	HCl	Olsen Modif.	DTPA	HCl	Olsen Modif.	DTPA
	ppm			ppm			ppm		
P ₀ Z ₀	6	8	8	8	5	7	2	5	6
P ₀ Z ₁	19	11	11	26	7	12	6	7	17
P ₀ Z ₂	28	13	20	24	8	13	17	7	28
P ₀ Z ₃	49	19	31	50	13	10	39	11	66
P ₁ Z ₀	8	8	15	13	5	10	4	5	4
P ₁ Z ₁	17	10	20	16	8	9	10	6	17
P ₁ Z ₂	23	13	32	34	10	20	21	7	28
P ₁ Z ₃	40	18	55	52	12	35	25	16	56
P ₂ Z ₀	9	10	9	8	7	9	8	4	21
P ₂ Z ₁	12	10	17	20	9	19	11	7	17
P ₂ Z ₂	16	13	14	38	11	26	20	7	45
P ₂ Z ₃	51	23	55	62	16	43	31	16	62
P ₃ Z ₀	5	8	8	12	5	9	2	7	12
P ₃ Z ₁	12	10	13	17	7	16	7	7	17
P ₃ Z ₂	24	15	37	27	9	22	12	9	39
P ₃ Z ₃	52	18	37	63	13	36	66	11	74
Promedio	23	13	24	29	9	18	18	8	32

do a la adición de Zn. No se denota una reducción del Zn disponible en los suelos, a ningún nivel de aplicación de P; a pesar de que en el caso de las aplicaciones altas de este elemento (P₂ y P₃), los niveles de P extraíble alcanzaron valores altos, como se observa en el Cuadro 3. Para el ultisol de Buenos Aires, el DTPA extrajo más Zn que los otros dos.

Los resultados más similares fueron obtenidos con HCl 0.1, cuyos promedios son 17, 5, 13 y 29 ppm. Este método fue también el que reflejó en forma más marcada los tratamientos y por lo tanto se estima como el más conveniente. Este coincide con lo observado por Saed y Fox para suelos ácidos en Hawaii (18). En general no se dio una buena correla-

ción entre el Zn detectado al final y la cantidad extraída por el tomate.

Resumen

Se estudió el efecto por aplicación de altas dosis de P y de Zn y sus interacciones en tres suelos ácidos (pH 5.3-5.9) de Costa Rica. Se observó que por el carácter de los tres suelos como fuertes fijadores de P, los niveles disponibles de este elemento agregados de acuerdo a las curvas de retención, resultaron en aumentos menores en contenido soluble de lo esperado. La aplicación del nivel más bajo de P resultó en un buen crecimiento vegetal.

La aplicación de Zn a los suelos causó un aumento de su nivel como fracción soluble y en forma proporcional a las cantidades añadidas. Sin embargo, similar a lo sucedido con el P, los aumentos fueron menores de lo esperado. Así la aplicación de suficiente Zn, para establecer un nivel de 18 $\mu\text{g}/\text{ml}$ Zn (99-178 $\mu\text{g}/\text{ml}$), resultó solamente en términos de 10 a 15 $\mu\text{g}/\text{ml}$ de la forma extraíble del elemento.

Las relaciones P/Zn en suelos reflejaron, en forma general, los tratamientos aplicados, con valores bajos (menores que 1.75) para los carentes en P y entre 1.97 y 16.05 para los potes con P.

Literatura citada

- BINGHAM, F.T. y MARTIN, J.P. Effects of soil P on growth and minor element nutrition of citrus. Soil Science Society of America. Proceedings 20(3):382-385. 1956.
- BOAWN, L. C. Residual availability of fertilizer zinc. Soil Science Society of America Journal. 38(5):800-803. 1974.
- BROWN, A.L., KRANTZ, B.A. y EDDINGS, J.L. Zinc-phosphorus interactions as measured by plant response and soil analysis. Soil Science 110(6):415-420. 1970.
- BURLESON, L.C. The effect of phosphorus fertilization on zinc nutrition of several irrigated crops. Soil Science Society of America Proceedings 25(5):365-368. 1961.
- CHAVERRI, B.A. y BORNEMISZA, E. Interacción fósforo-zinc en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en la zona de Pacayas. Agronomía Costarricense 1(2):83-92. 1977.
- DIAZ-ROMEY, R. y HUNTER, A. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 68 p.
- FORSYTHE, W. Manual de laboratorio de física de suelos. San José, Costa Rica, IICA, 1980. 212 p. (IICA. Libros y Materiales Educativos No. 25).
- FRIESEN, D.K., JUO, A.S.R. y MILLER, M.H. Liming and lime-phosphorus-zinc interactions in two Nigerian ultisols. I. Interactions in the soil. Soil Science Society of America Journal 44(6):1221-1226. 1980.
- GRISOLIA, F. y BORNEMISZA, E. Interacciones fósforo, zinc y manganeso en ocho suelos de Costa Rica. In Congreso Latinoamericano de Suelos, 5°, Medellín, Colombia, 1977 pp. 355-357.
- HARDY, F. y BAZAN, R. Análisis de textura: Método de Bouyoucos. Presentado en el curso de Productividad y Fertilidad de Suelos. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 5 p.
- HUNTER, A. Soil analysis procedure using the modified NaHCO_3 extracting solution. Raleigh, North Carolina State University International, Soil Fertility Evaluation and Improvement Program, 1977. 6 p.
- LINDSAY, W.L. y NORWELL, W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal 42(3):421-428. 1978.
- MARINHO, M.L. y IGUE, K. Factors affecting zinc absorption by corn from volcanic ash soils. Agronomy Journal 64(1):3-8. 1972.
- MARTENS, D.C. Plant availability of extractable boron, copper and zinc as related to soil properties. Soil Science 106(1):23-28. 1968.
- MASSOUMI, A. y CORNFIELD, A. A rapid method for determining sulfate in water extracts of soils. Analysis 88:321-322. 1963.
- NELSON, J.L., BOAWN, L.C. y VIETS, L.G. Jr. A method for assessing zinc status of soil using acid-extractable zinc and titratable alkalinity values. Soil Science 88:275-283. 1959.

17. PAULI, A.W., ELLIS, R. y MOSER, H.C. Zinc uptake and translocation as by phosphorus and calcium carbonate. *Agronomy Journal* 60(4):394-396. 1968.
18. SAED, M. y FOX, R.L. Relations between suspension pH and zinc solubility in acid and calcareous soils. *Soil Science* 124(4):199-204. 1977.
19. SAIZ DEL RIO, J.F. y BORNEMISZA, E. Análisis químico de suelos; método de laboratorio para diagnosis de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1961. 107 p.
20. THORNE, W., LAWS, W.D. y WALLACE, A. Zinc relationships in some Utah soils. *Soil Science* 54:463-468. 1942.

Notas y comentarios

Las hormigas, excelentes niñeras para los periquitos.

Los periquitos, insectos membrácidos del orden de los homópteros, que chupan la savia de las plantas y que transfieren sus deberes maternos a las hormigas, pueden ser los primeros ejemplos de una nueva clase de interacciones mutualísticas en las que individuos no participantes se benefician indirectamente, según lo sostiene Catherine Bristow, del Imperial College, de Londres (*Science*, Vol. 220, p. 532).

Muchos insectos chupadores de las plantas (los áfidos son un ejemplo clásico) exudan una sustancia dulce, llamada en España melazo o melera (en inglés, "honeydew"), mientras se alimentan bien enchufados al floema de la planta hospedante. Este néctar es apetecido por las hormigas, que recogen la secreción y, al mismo tiempo, protegen a los chupadores de predadores tales como arañas y mariquitas (coccinélidos). Hasta hace poco se creía que solamente las ninfas cuidadas por las hormigas eran las que se beneficiaban de esta relación. Sin embargo, Bristow ha mostrado

ahora que las hembras de *Publilia reticulata*, que normalmente permanecen cerca de sus jóvenes ninfas protegiéndolas de predadores y parásitos, las dejan solas temprano, para producir una segunda lechigada, a veces en la misma planta, a veces en otra, si es que hay hormigas en la primera planta. La investigadora llegó a observar casos de madres que, al notar la presencia de las hormigas niñeras, no esperaban la eclosión de los huevos que había puesto, en su prisa por salir a buscar otras ocupaciones menos tediosas que la de cuidar a recién nacidos.

Bristow seleccionó plantas que tenían colonias de periquitos y excluyó a las hormigas de algunas plantas mediante una barrera pegajosa en la base del tallo. Anotó durante el verano las posiciones de hembras adultas marcadas, y encontró que las madres dejaban a sus crías, en promedio, 32.2 días después de la eclosión de los huevos, en las colonias que no tenían hormigas niñeras. En cambio, si las hormigas estaban presentes, el abandono se producía en un promedio de sólo 5.9 días. Además, mucho más madres procedentes de colonias cuidadas por hormigas se halló que habían formado una segunda colonia después de dejar la primera. No solamente las ninfas se benefician de su mutualismo con las hormigas, sino también los periquitos adultos, los cuales, al renunciar a sus deberes maternos, consiguen otra oportunidad de reproducirse... un efecto indirecto del mutualismo no observado hasta ahora. Adalberto Gorbiz.

RELACIONES FOSFORO-ZINC EN TRES SUELOS ACIDOS DE COSTA RICA.
II. ABSORCION DE LOS ELEMENTOS POR TOMATE EN EL INVERNADERO¹ /

E. GUZMAN*
E. BORNEMISZA*

Summary

In a greenhouse experiment with tomato as indicator plant and using three acid, low Zn soils from Costa Rica the effects were studied of four P levels (zero, sufficient to supply 36 ug/ml of available P, twice and four times this amount) and four Zn levels (zero, sufficient to supply 4.5 ug/ml of available Zn, twice and four times this amount) determined by the Diaz-Romeu and Hunter (4) technique.

It was observed that P was the limiting element in all soils and even its highest applications did not reduce Zn absorption. In two soils yields increased up to twice the recommended optimum level and for one soil even up to four times this level.

The foliar P/Zn ratios varied between 27 and 48 for the optimum production pots and between 16 and 56 for the level of more than 85% of the optimum production. The zero P plants were characterized by very low productions and P/Zn ratios of less than 15 except in one case.

The Zn application increased the absorption of the element proportionally to its application but had no important effect on plant production.

Introducción

La relación entre los elementos P y Zn en plantas ha sido origen de numerosas investigaciones en parte por la cantidad de datos contradictorios publicados para diferentes cultivos y suelos tales como maíz, tomate (14) y trébol (19). En Costa Rica, Marinho e Igue (10) observaron que la aplicación de P en suelos volcánicos influyó sobre el Zn total absorbido por maíz, con una disminución de la concentración foliar de Zn cuando aumentó el P aplicado.

Este trabajo incluye la información relacionada con la absorción de P y Zn por plantas de tomate, como parte de otro estudio más largo sobre los cambios químicos en los suelos, presentados en un informe previo (6).

Materiales y métodos

En tres suelos descritos previamente (6), se cultivó tomate (*Lycopersicon esculentum* M.), variedad "Tropic", en macetas de 1 litro de capacidad con fondos perforados colocadas sobre pequeños platos para evitar pérdidas por lavado. Se usó riego por gravedad para mantener la humedad adecuada y se dejó seis plantas por maceta, que fueron cosechadas a las 6 semanas.

Las plantas fueron secadas a 70°C, pesadas y medidas. Para los análisis se realizó una digestión nitro-perclórica (5:1) y en este extracto se determinó el Zn, según Johnson y Ulrich (8), y el P por colorimetría.

Las aplicaciones de P y Zn se efectuaron con base en la metodología de Díaz-Romeu y Hunter (4) apli-

¹ Recibido para publicación el 18 de junio 1983.

Este trabajo está basado parcialmente en la tesis de M.Sc. presentada por la autora a la Comisión de Posgrado UCR-CATIE; asimismo recibió apoyo parcial del CONICIT.

** Estudiante de postgrado, investigadora del Instituto Salvadoreño de Investigación Agropecuaria y de Pesca, y profesor del curso Química de Suelos en el Programa de Posgrado UCR-CATIE.

cando los múltiples de fósforo de 0, 1, 2 y 4 veces al nivel crítico (36 ppm) y los múltiples de zinc de 0, 0.5, 1 y 2 veces el valor para este elemento según las curvas de retención indicadas previamente (6). Otros nutrimentos se aplicaron de acuerdo a las necesidades determinadas para los tres suelos a fin de asegurar que no fueran limitantes de la fertilidad, usando la técnica de Díaz-Romeu y Hunter (4).

Los niveles de P y Zn aplicados y repetidos cuatro veces resultaron en 192 macetas. El modelo matemático del experimento se expresa por

$$x_{ij} = \mu + T_i + B_j + (TB)_{ij} + E_{ij},$$

donde T = tratamientos (Suelos P, Zn), B = bloques y E = error.

Resultados y discusión

Absorción de fósforo por las plantas

La cantidad promedio de fósforo extraído por las plantas se presenta en el Cuadro 1. En los tres suelos,

la extracción de P para el nivel 0 fue muy baja, ya que su concentración inicial era muy baja. Aún la aplicación de la cantidad correspondiente al nivel óptimo, según la metodología de Díaz-Romeu y Hunter (4), está alejada de las necesidades de la planta para su crecimiento óptimo; así puede observarse los valores de P absorbido y los pesos secos obtenidos, ambos indicados en el Cuadro 2.

Para los suelos Cariari y Buenos Aires, el crecimiento máximo fue alcanzado aplicando dos veces el nivel óptimo recomendado (4); mientras que para el suelo Guácimo el óptimo real se logró al aplicar cuatro veces el nivel óptimo recomendado más la adición de Zn. El análisis de varianza indica una respuesta significativa al P para los tres suelos y para Zn en el caso del suelo Buenos Aires, como se observa en el Cuadro 3.

Se notó que para un suelo fuertemente fijador de fósforo, el nivel de 36 ppm propuesto con base en la metodología de Díaz-Romeu y Hunter (4) no es suficiente para asegurar la máxima producción de biomasa en el invernadero. Datos similares fueron obtenidos por Bertsch para andosoles de Guanacaste (1).

Cuadro 1. Extracción de fósforo ($\mu\text{g}/\text{maceta}$) por planta de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) a las seis semanas de edad. Promedio de cuatro repeticiones.

Tratamiento	Suelo		
	Cariari	Guácimo	Buenos Aires
	$\mu\text{g}/\text{maceta}$		
P ₀ Z ₀	100	200	100
P ₀ Z ₁	200	200	100
P ₀ Z ₂	200	200	100
P ₀ Z ₃	140	300	100
P ₁ Z ₀	4 900	12 000	12 900
P ₁ Z ₁	6 200	12 200	15 400
P ₁ Z ₂	3 400	12 000	14 100
P ₁ Z ₃	3 300	10 800	17 700
P ₂ Z ₀	29 900	21 700	26 700
P ₂ Z ₁	23 700	21 000	32 900
P ₂ Z ₂	25 400	21 900	31 700
P ₂ Z ₃	23 800	21 100	34 400
P ₃ Z ₀	11 200	17 800	28 000
P ₃ Z ₁	12 200	28 900	30 600
P ₃ Z ₂	15 200	26 500	24 500
P ₃ Z ₃	13 300	34 300	31 500

- P₀ = 0 fósforo,
P₁ = nivel óptimo de fósforo para cada suelo (36 $\mu\text{g}/\text{ml}$ P extraíble),
P₂ = dos veces el nivel óptimo,
P₃ = cuatro veces el nivel óptimo,
Z₀ = 0 zinc,
Z₁ = 0.5 del nivel óptimo de zinc para cada suelo,
Z₂ = nivel óptimo (9 $\mu\text{g}/\text{ml}$ de Zn extraíble),
Z₃ = dos veces el nivel óptimo.

Cuadro 2. Promedio de cuatro repeticiones para el rendimiento de materia seca (g/maceta).

Tratamiento	Suelo		
	Cariari	Guácimo	Buenos Aires
	g/maceta		
P ₀ Z ₀	0.14 f	0.19 e	0.12 e
P ₀ Z ₁	0.17 f	0.18 e	0.13 e
P ₀ Z ₂	0.17 ef	0.19 e	0.13 e
P ₀ Z ₃	0.17 f	0.28 e	0.11 e
P ₁ Z ₀	4.41 def	6.24 ed	9.83 d
P ₁ Z ₁	5.60 cde	6.43 cd	11.23 bc
P ₁ Z ₂	3.30 ef	4.05 d	11.60 bc
P ₁ Z ₃	3.25 ef	5.66 d	13.3 bc
P ₂ Z ₀	15.13 a	11.33 b	12.0 bc
P ₂ Z ₁	11.68 b	11.15 b	15.1 a
P ₂ Z ₂	14.15 b	11.26 b	13.8 bc
P ₂ Z ₃	11.08 bc	11.13 b	16.1 a
P ₃ Z ₀	8.95 bc	9.48 bc	11.7 bc
P ₃ Z ₁	8.90 cd	12.88 b	13.2 bc
P ₃ Z ₂	10.68 bc	11.51 b	10.3 d
P ₃ Z ₃	9.80 bc	14.88 a	12.7 bc

* Todos los promedios seguidos por la misma letra no difieren significativamente del nivel de 1% según la prueba de Duncan.

En el caso de los suelos Cariari y Buenos Aires, el nivel de cuatro veces el óptimo propuesto resultó excesivo, reduciéndose en general la producción. Esta merma fue menor cuando se aplicó el nivel máximo de Zn.

En el caso del suelo Cariari no se observó una tendencia estadística clara de la interacción P-Zn, como se puede notar en el Cuadro 3. Para el suelo Guácimo, las aplicaciones de Zn aumentaron la absorción de P en la planta de tomate, como lo significa la interacción P-Zn indicada.

Absorción de Zn por las plantas

La extracción de Zn por las plantas se presenta en el Cuadro 4. Los datos de la misma son relativamente altos si se los compara con los valores de Mengel (11) y Cannell *et al* (3). Se observa que la extracción de P correspondiente al nivel 0 fue muy baja, confirmando por la ley de Liebig, que el elemento más limitante en este caso fue el fósforo; incluso al nivel P uno seguía causando una reducción en el crecimiento y de extracción de Zn.

En general, la extracción de Zn aumentó con la aplicación del elemento y también con el incremento en la aplicación de P hasta el nivel de P 2. Esta observación discrepa de los resultados obtenidos en suelos de zonas templadas por Bingham y Garber (2), quienes encontraron que el P aplicado redujo el Zn en las plantas. En dos de los tres suelos ocurrió una reduc-

ción de Zn absorbido a nivel de P 3. El suelo Guácimo fue la excepción y también tuvo un comportamiento diferente en relación a la absorción de fósforo por las plantas de tomate.

Se observó de que en presencia de cantidades constantes de P, el contenido de Zn aumentó en forma proporcional a la adición de este elemento. En Costa Rica, Marinho e Igue (10) han hecho anotaciones similares a las indicadas anteriormente, como una absorción de Zn muy reducida y un mal crecimiento de las plantas cuando no se aplicó fósforo. Resultados semejantes se han logrado bajo condiciones (7, 9, 12, 13, 14, 16).

Relaciones P/Zn en las plantas

En el Cuadro 5 se presentan las relaciones P/Zn en las plantas; en el cual los valores extremos de 4 y 117 corresponden a plantas que crecieron en el suelo Buenos Aires. Como era de esperar, los valores máximos de la relación pertenecen a los tratamientos con Zn igual a cero y su reducción progresiva al aumentar los niveles de Zn aplicados. Para las plantas de tomate cultivadas en los suelos Buenos Aires y Guácimo, los valores aumentaron también con la aplicación de P, mientras que para el suelo Cariari no se presentó una tendencia clara.

Excepto cuando el valor de la relación fuera muy bajo (< 15), lo que se asoció con plantas muy deficientes en P (tratamiento 0 con este elemento), no se

Cuadro 3. Análisis de varianza para P extraído por tomate de los tres suelos.

Factor	G.L.	Suelo					
		Guácimo		Cariari		Buenos Aires	
		C.M.	Error	C.M.	Error	C.M.	Error
Aplicación Zn	3	0.432	2.227	0.049	0.157	0.551	5.448**
Aplicación P	3	22.410	115.477**	20.156	63.876**	33.029	362.344**
Interacción Zn-P	9	0.565	2.931**	0.164	0.521	0.153	1.514
Repetición	3	0.368	1.901	0.617	1.956	0.255	2.521
Error	45	0.194	—	0.315	—	0.101	—

** Diferencia estadística altamente significativa

Cuadro 4. Extracción de zinc en $\mu\text{g}/\text{maceta}$ en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) de seis semanas de edad. Promedio de cuatro repeticiones.

Tratamiento	Suelo		
	Cariari	Guácimo	Buenos Aires
P ₀ Z ₀	4	24	12
P ₀ Z ₁	24	26	19
P ₀ Z ₂	34	32	24
P ₀ Z ₃	34	45	21
P ₁ Z ₀	296	248	385
P ₁ Z ₁	424	505	708
P ₁ Z ₂	273	324	790
P ₁ Z ₃	469	550	1 163
P ₂ Z ₀	679	443	465
P ₂ Z ₁	761	783	735
P ₂ Z ₂	1 091	764	1 080
P ₂ Z ₃	1 224	953	1 095
P ₃ Z ₀	412	442	284
P ₃ Z ₁	561	752	580
P ₃ Z ₂	740	867	482
P ₃ Z ₃	1 180	1 298	1 174

- P₀ = 0 Fósforo,
P₁ = nivel óptimo de fósforo para cada suelo (36 $\mu\text{g}/\text{ml}$ de suelo),
P₂ = dos veces el nivel óptimo,
P₃ = cuatro veces el nivel óptimo,
Z₀ = 0 Zinc,
Z₁ = 0.5 del nivel óptimo de zinc para cada suelo,
Z₂ = nivel óptimo (9 $\mu\text{g}/\text{ml}$ de zinc extraíble),
Z₃ = dos veces el nivel óptimo.

observó correlaciones claras entre el peso seco producido y la relación P/Zn. Con una excepción, todos los valores fueron inferiores al valor de 100, el cual según Terman *et al* (15) es un valor correcto en el caso del maíz. Es probable que siendo más jóvenes los tejidos de tomate estudiados se presentaran relaciones más estrechas.

Por otra parte, con la máxima producción (grupo Duncan a) la relación P/Zn osciló entre 27-48, ámbito considerado como un posible óptimo para plantas de

tomate. Para el siguiente grupo (Duncan b) fue mucho más amplio (la relación varió de 11 a 117), aunque un subgrupo de este conjunto varió entre 16 y 56 y representó mucho menos variación, incluyendo un 82% de los datos.

Rendimiento de materia seca

El factor que más influyó sobre la producción fue la aplicación de P; para los suelos Buenos Aires y

Cuadro 5. Relación fósforo-zinc (P/Zn) en plantas de tomate de seis semanas de edad.

Tratamiento	Suelo		
	Cariari	Guácimo	Buenos Aires
P ₀ Z ₀	60	10	10
P ₀ Z ₁	15	8	6
P ₀ Z ₂	6	6	4
P ₀ Z ₃	13	6	5
P ₁ Z ₀	17	46	34
P ₁ Z ₁	16	27	24
P ₁ Z ₂	10	21	18
P ₁ Z ₃	7	19	16
P ₂ Z ₀	48	54	58
P ₂ Z ₁	35	28	45
P ₂ Z ₂	24	29	30
P ₂ Z ₃	19	23	36
P ₃ Z ₀	26	66	117
P ₃ Z ₁	21	42	56
P ₃ Z ₂	20	32	58
P ₃ Z ₃	11	27	31

Cariari el óptimo se logró con el nivel P₂ y para Guácimo con nivel P₃. Se notó, al igual que Bertsch (1) que cuando no se agregó P, los rendimientos fueron muy bajos.

Los niveles de Zn no incidieron directamente en la producción de materia seca, a pesar de los bajos niveles de Zn nativo en los suelos (6), excepto para el suelo Buenos Aires y ligeramente para Guácimo como se observa en el Cuadro 2. Para suelos cañeros en Costa Rica, las altas aplicaciones de P requieren de altas aplicaciones de Zn (5).

Resumen

Se estudió en el invernadero el efecto de la aplicación de cero, del nivel requerido para suplir 36 µg/ml de P, el doble y el cuadruple de esta cantidad, la cantidad necesaria para suplir 4.5 µg/ml, el doble y el cuadruple de esta cantidad de Zn disponible, determinados con base en curvas de absorción según la metodología de Díaz-Romeu y Hunter (4) y usando el tomate como planta indicadora en tres suelos ácidos y bajos en Zn de Costa Rica.

Se observó que el elemento limitante era P y que incluso aplicaciones más altas no redujeron la absorción de Zn. Se obtuvo respuesta hasta dos veces del nivel óptimo recomendado de P en dos suelos hasta cuatro veces esta cantidad en un suelo.

La relación P/Zn varió entre 27 y 48 para la producción óptima y de 16 a 56 para el 85 % de la buena producción. Las plantas de los tratamientos de P igual

a 0, de muy baja producción, se caracterizaron por relaciones P/Zn bajas (menos 15), con una sola excepción.

Literatura citada

- BERTSCH, F. Fertilidad de nueve suelos clasificados como Typic Dystrandepths en Costa Rica. Tesis M.Sc. Programa UCR-CATIE, 1982. 122 p.
- BINGHAM, F.T. y GARBER, M.J. Solubility and availability of micronutrients in relation to phosphorus fertilization. Soil Science Society of America Proceedings 24(3):209-213. 1960.
- CANNELL, G.H., BINGHAM, F.T. y GARBER, M.J. Effects of irrigation and phosphorus on vegetative growth and nutrient composition of tomato leaves. Soil Science 89:53-60. 1960.
- DIAZ-ROMEU, R. y HUNTER, A. Metodología de muestreo de suelo, análisis químico de suelos y tejido vegetal, e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1978. 68 p.
- GRISOLIA, F. y BORNEMISZA, E. Interacciones fósforo, zinc y manganeso en ocho suelos de Costa Rica. Congreso Latinoamericano de Suelos, 5^o Medellín, Colombia. 1975. pp. 355-357.

6. GUZMAN, M.E. y BORNEMISZA, E. Relaciones fósforo-zinc en tres suelos ácidos de Costa Rica I. Turrialba. 33(3):257-264. 1983.
7. JACKSON, T.L. HAY, J. y MOORE, D.P. The effect of Zn on yield and chemical composition of sweet corn in Willamette Valley. Journal American Society of Horticultural Sciences 91:462-471. 1967.
8. JOHNSON, C.M. y ULRICH, A. Analytical methods for use in plant analysis. California Agricultural Experimental Station Bulletin No. 766. 1959. pp. 28-45.
9. LONERAGAN, J.F. *et al.* Phosphorus toxicity as a factor in zinc-phosphorus interactions in plants. Soil Science Society America Journal 43(5):966-972. 1979.
10. MARINHO, M.L. e IGUE, K. Factors affecting zinc absorption by corn from volcanic ash soils. Agronomy Journal 64(1):3-8. 1972.
11. MENGEL, K. Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Jena DDR, G. Fischer Verlag. 1965. pp. 245-258.
12. MILLIKAN, C.R. Effects of different levels of zinc and phosphorus on the growth of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) Australian Journal Agricultural Research 14:180-205. 1963.
13. REUTHER, W. *et al.* Phosphorus trials with oranges in Florida. I. Effects on yield, growth and leaf and soil composition. Proceedings of the American Society Horticultural Sciences 52:71-84. 1949.
14. SHARMA, K.C. *et al.* Interaction of Zn and P in top and root of corn and tomato. Agronomy Journal 60(5):453-456. 1968.
15. TERMAN, G.L., GIORDANO, P.M. y ALLEN, S.E. Relationships between dry matter yields and concentrations of Zn and P in young corn plants. Agronomy Journal 64:684-687. 1972.
16. WATANABE, F.S., LINDSAY, W.E. y OLSEN, S.R. Nutrient balance involving phosphorus, iron and zinc. Soil Science Society of America Proceedings 29:562-565. 1965.

D.L. HAZLETT*
 S.P. GESSEL**
 R.B. WALKER**

Resumen

El crecimiento de plántulas de Cecropia obtusifolia bajo nueve niveles de fertilización fue estudiado en un invernadero en Washington, EE.UU. Después de ocho meses, la biomasa total fue mayor en los tratamientos con calcio (más otros elementos) y menor en los tratamientos sin nitrógeno y/o fósforo. Las concentraciones de N, P y K fueron más altas en el follaje nuevo que en el follaje viejo. Se discuten posibles adaptaciones de Cecropia que podrían favorecer su establecimiento en áreas de crecimiento secundario, tales como la eficiencia en la absorción de nutrimentos o la capacidad para redistribuir nutrimentos dentro de la planta misma.

Introduction

C*ecropia obtusifolia* Bertol. is a fast-growing tree species characteristic of disturbed sites in many lowland forests of tropical America. The early colonization and rapid growth of pioneer species, such as *Cecropia*, has been suggested as a means by which second-growth ecosystems recover and immobilize nutrients that would otherwise have been lost (1, 9, 11). This assumes that there is a greater possibility of nutrient loss from ecosystems at times of increased nutrient availability (e.g. after a burn or after fertilization) and that second-growth ecosystems respond to increased nutrient availability by accumulating more biomass. This, however, did not occur in a fertilization study by Harcombe (7). Harcombe showed that biomass production in a Costa Rican forest ecosystem was not stimulated by fertilization;

rather, fertilization promoted the growth of forbs, which suppressed shrub and tree growth (one of which was *C. obtusifolia*), and resulted in a lower biomass and nutrient standing crop. In fact, the more rapid growth of *Cecropia* in the absence of surplus nutrients suggested that *C. obtusifolia* may be more competitive on less fertile than on fertile sites. On second-growth sites where *C. obtusifolia* does immobilize relatively large amounts of nutrients, nutrient immobilization through rapid growth seems to be more a consequence of an autoecological adaptation to establishment in disturbed areas (4), rather than the initiation of a "strategy" for ecosystem development. The mechanisms involved in the rapid growth adaptation of *Cecropia* species may relate to an efficient uptake of nutrients on nutrient-poor soils (6) or to inherently low requirements for certain critical elements (8).

In addition to nutrient uptake and requirement mechanisms, another means by which plants can conserve certain nutrients (especially nitrogen) is the redistribution of elements from senescing foliage to younger and actively growing plant parts. Although species vary considerably in their capabilities to redistribute nutrients from senescing foliage, deciduous species (including deciduous conifers) seem to redistribute more nutrients than do evergreen conifers (2).

¹ Received for publication in November 11, 1982. Supported by funds from the National Science Foundation (GB 7805 and GB 25592).

* Project Manager, Univ. of Florida project, Apto. 72, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

** Professors, College of Forest Resources and Botany Departments, Univ. of Washington, Seattle, U.S.A.

The importance of redistribution as a nutrient conservation mechanism for *C. obtusifolia* (a tropical evergreen) is unknown, but the good growth of this species on seemingly infertile soils may in part be sustained by a high degree of nutrient redistribution from senescing foliage.

This greenhouse study was designed to provide preliminary information on the nutrient requirements of *C. obtusifolia* and to examine any effect fertilization may have on nutrient redistribution within the plant.

Materials and methods

The growing medium for the *Cecropia* seedlings was a well-mixed and homogeneous topsoil (Everett series) from the Cedar River watershed of the Cascade mountains, Washington, U.S.A. Topsoil analyses showed the following: 0.15% total nitrogen, 39% base saturation, and 0.25, 1.88 and 2.10 M eq per 100 g for potassium, calcium and magnesium respectively (3). Nitrogen, phosphorus and calcium were relatively low in this soil.

On November 15, 1975, seed was collected from a single *C. obtusifolia* tree near the Organization for Tropical Studies Research Station at La Selva, Costa Rica. Seed from one tree was collected to provide as uniform genetic material as possible. The La Selva research station has been described elsewhere (5). In

January, 1976 these seeds were sown on silica sand in the University of Washington greenhouse and were periodically watered with distilled water. On April 21, twenty-eight *Cecropia* seedlings of subjectively equal size and vigor were each transplanted into plastic pots. Pots were approximately 15 cm high and 15 cm in diameter at the top, tapering to 11 cm in diameter at the base. Each pot was filled with approximately 3 000 g (air dry weight) of soil medium. On June 4, after allowing six weeks for seedlings to adjust to the soil, nine treatments were established. There was one control treatment and eight fertilizer treatments (Table 1). Five of the fertilizer treatments had four replications and three of the fertilizer treatments plus the control had two replications. Nitrogen, phosphorus and potassium subscripts on Table 1 indicate hundreds of pounds per acre (89 kg/ha) of a particular element. Treatments receiving lime each had 3.2 g CaCO₃ sprinkled on the pot soil. Magnesium treatments each received 0.4 mg MgCl and the boron treatment received 2.8 mg boron. With the exception of lime, all elements were applied in aqueous solutions.

After fertilization (June 4) pots were watered to field capacity twice weekly for eighty-one days. On August 24 all plants were harvested and oven dried for 72 hours at 70°C. Initial (June 4) and final (August 24) height measurements were taken. After harvest, oven dry weights of shoots and roots were determined for each plant.

Table 1. Summary of significant differences among treatments in height increment and biomass production for 8-month old *Cecropia obtusifolia* seedlings. For each column, the appearance of two identical letters denotes a treatment mean that is significantly higher (5% level) than the mean of treatments followed by only one of that same letter.

Treatments*	No. of Replicates	Biomass			Height
		Total	Above ground	Below ground	
N ₃ P ₈ K ₁ Mg Lime	4	a a	a a	a a	
N ₃ P ₈ K ₁ Lime	4			b b	
N ₃ P ₈ K ₁ B Lime	4	b b	b b		a a
N ₃ P ₈ K ₀	2	c c	c c	c c	a
N ₃ P ₈ K ₁	4		a		a
N ₃ P ₈ K ₁ Mg	4				a
N ₀ P ₀ K ₀	2	a	a	a b c	a
N ₀ P ₈ K ₁	2	a b c	a b c	a b c	a
N ₃ P ₀ K ₁	2	a b c	a b c	a b c	a

* Nitrogen, phosphorus and potassium subscripts indicate hundreds of pounds per acre (89 kg/ha) of a particular element.

The two uppermost and two lowest leaves of each plant were collected for chemical analyses. Within treatments upper leaves of two plants were combined and lower leaves of two plants were combined to produce an analysis pair. Treatments with four replicates yielded two analysis pairs; treatments with two replicates, only one. In total, 14 analysis pairs of upper and lower foliage (28 determinations) were each ground in a Wiley mill to pass a 40 mesh screen and were analyzed for N, P and K following Parkinson and Allen (10).

Results

Aboveground biomass, belowground biomass, total biomass and total height increment of all treatments (Figure 1 and Table 1) were each analyzed by Duncan's multiple range test for significant differences. Treatments that produced significantly greater biomass or height increment are indicated on Table 1. Biomass production was less in treatments without nitrogen and/or phosphorus fertilizer and greater in treatments receiving lime plus other elements (Figure 1). The mean height increment of *Cecropia* seedlings eight months of age ranged from a low of 10.8 cm in the $N_3 P_0 K_1$ treatment to a high of 28.5 cm in the $N_3 P_8 K_1 B$ lime treatment (Figure 2). Height incre-

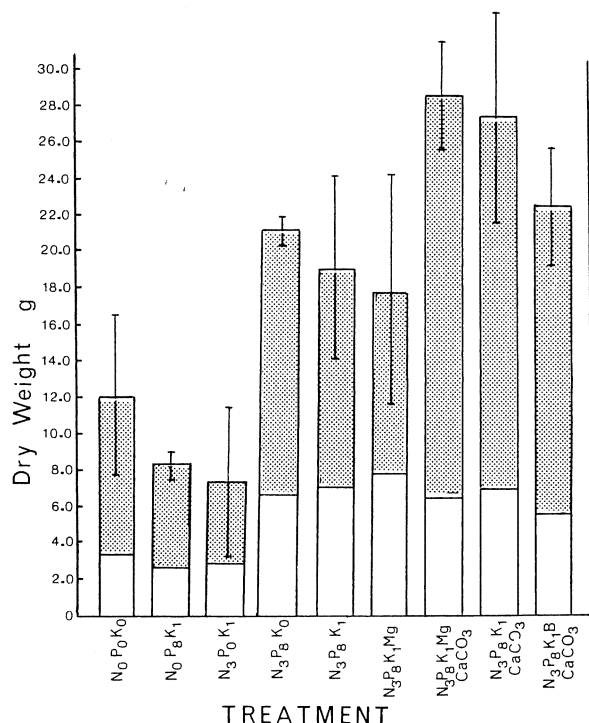


Fig. 1. Total dry weight of eight-month-old *Cecropia obtusifolia* seedlings from nine fertilizer treatments. Clear portions of histograms are below ground biomass. Vertical bars are one standard deviation on both sides of the mean.

ment of this latter treatment was significantly greater than the increment of six of the remaining treatments (Table 1).

To examine fertilizer response and evidence of nutrient redistributions, the concentration of N, P and K in upper relative to lower foliage was examined (Table 2). Nitrogen concentrations in both upper and lower leaves were always less in treatments that did not receive nitrogen fertilizer. Phosphorus concentrations in lower leaves were always less and in upper leaves were nearly always less (one exception) in treatments that did not receive phosphorus fertilizer. Treatments without phosphorus and/or nitrogen fertilizer also had the least total biomass. This suggested that the absence of either nitrogen or phosphorus could limit growth. With only two exceptions, the concentration of N, P, and K in an analysis pair (upper vs. lower leaves) indicated greater nutrient concentrations in upper or younger foliage. This suggested redistribution of nutrients from older to younger plant parts.

Shoot to root ratios (calculated from data in Figure 1) indicated a 2.9 average ratio for the three lime plus other element treatments and a 2.1 average shoot to root ratio for the six treatments without lime. When subjected to a two-tailed t-test, however, this apparent difference was not significant ($P \leq 0.05$).

Discussion

The biomass data indicated a response of *C. obtusifolia* seedlings to fertilization. Application of N and P increased seedling biomass, but if either or both of these elements were excluded from a treatment, biomass production was reduced. Of special interest was that among treatments receiving both N and P, the greatest biomass was in treatments receiving lime. Although an influence of other elements was not excluded, this situation suggested a growth response of *Cecropia* seedlings to calcium. This response could be an adaptive mechanism to increase the competitiveness of *Cecropia* on second-growth sites high in calcium. A second mechanism that can help explain the competitiveness of *Cecropia* is the survival of seedlings in treatments without N and/or P. In field conditions N or P availability may continually fluctuate due to input from decomposition, rainfall, etc. Since *Cecropia* seedlings can survive low nutrient conditions for at least 8 months, established plants are available to respond, perhaps more quickly than competitive species, to times of greater nutrient availability. This possible competitive advantage for *Cecropia* seedlings on nutrient-poor soils is substantiated by Harcombe (7) who indicated that when nutrients

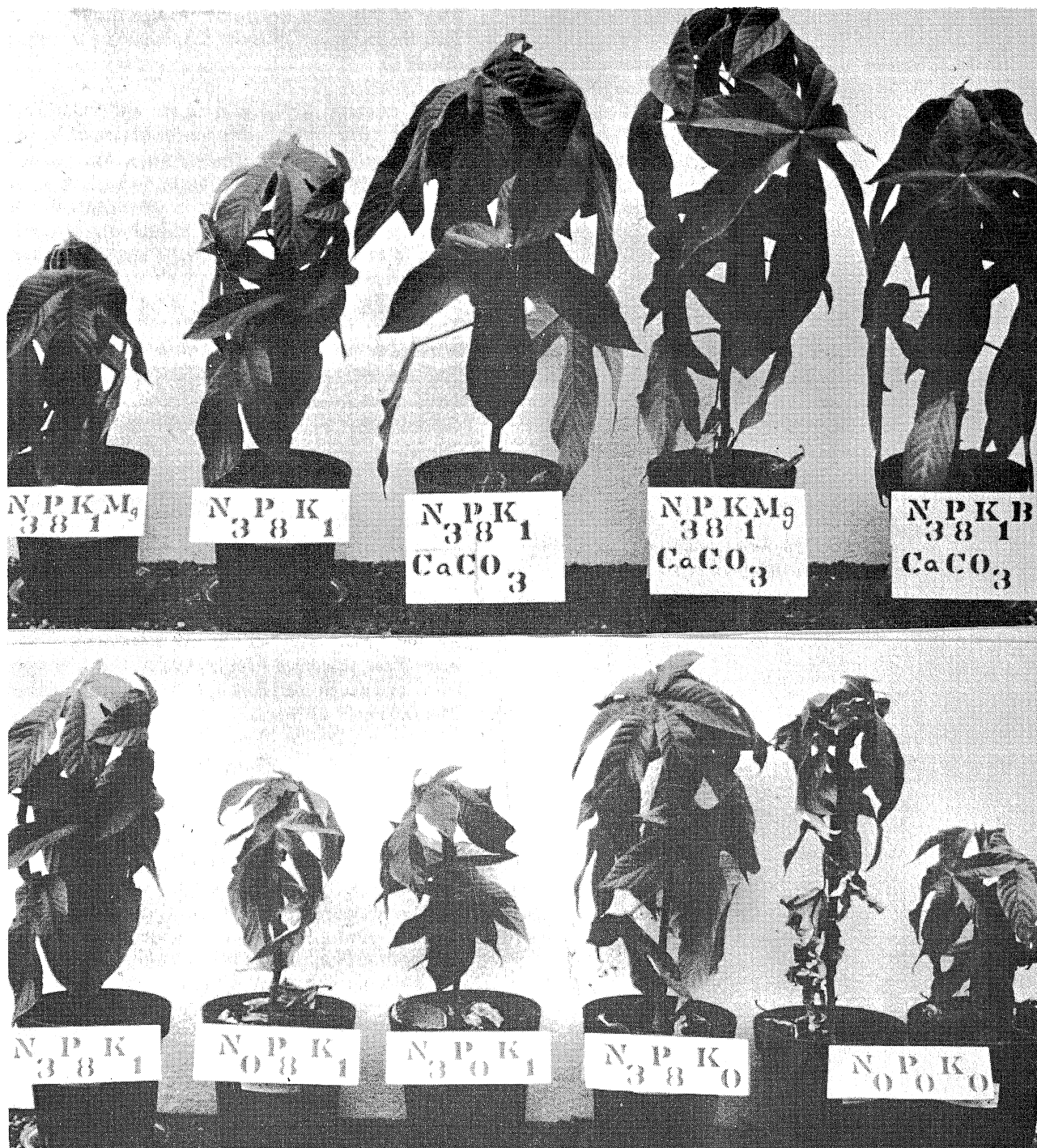


Fig. 2. Appearance of *Cecropia obtusifolia* plants from each fertilizer treatment. Scale: Pot Height = 15 cm.

were made available, the biomass of *Cecropia* was reduced.

The greater concentration of N, P, and K in younger than in older leaves was indirect evidence that redistribution of these elements from senescing to

younger foliage had occurred. An alternative, less likely explanation could be that the first formed, lowermost leaves were low in nutrients as juvenile leaves and sustained a low nutrient concentration until senescence. In this greenhouse study there was no leaching by rain of foliar elements, substantiating

Table 2. Concentrations of N, P, and K in the two uppermost and two lowest leaves of greenhouse-grown *Cecropia obtusifolia*.

Treatment	Shoot dry wt (g)	Percent nitrogen		Percent phosphorus		Percent potassium	
		upper	lower	upper	lower	upper	lower
1. *N ₃ P ₈ K ₁ Mg Lime	20.5	2.05	1.84	0.518	0.371	1.26	0.79
2. *N ₃ P ₈ K ₁ Lime	20.4	2.17	1.81	0.638	0.371	1.32	0.80
3. *N ₃ P ₈ K ₁ B Lime	16.7	2.03	1.82	0.684	0.362	1.25	0.72
4. N ₃ P ₈ K ₀	14.7	2.17	1.56	0.421	0.614	1.45	1.63
5. *N ₃ P ₈ K ₁	12.2	2.11	1.98	0.472	0.275	1.62	1.35
6. *N ₃ P ₈ K ₁ Mg	11.4	2.11	1.64	0.480	0.264	1.66	0.94
7. N ₀ P ₀ K ₀	8.5	1.51	1.07	0.355	0.183	1.47	1.16
8. N ₀ P ₈ K ₁	6.0	1.52	1.01	0.204	0.488	0.61	1.13
9. N ₃ P ₀ K ₁	4.7	2.11	1.64	0.295	0.170	1.97	1.21

* Values of these treatments are the mean of two chemical analyses, and the others, only one analysis

the possibility that low nutrient levels in senescing foliage were the result of redistribution to younger plant parts.

The difference in foliar nitrogen levels between upper and lower leaves was similar for nitrogen-fertilized and nitrogen-unfertilized treatments. Since greater redistribution did not occur in treatments without nitrogen, by harvest time plants of all treatments may have been nitrogen deficient. Alternatively, *Cecropia* plants may redistribute similar amounts of foliar nitrogen from senescing foliage in quite different nutrient regimes. Redistribution of foliar elements from senescing foliage suggests a more efficient utilization of these elements. Further data may determine the redistribution patterns in *Cecropia* as different from those in tropical species from later successional stages.

Summary

The growth response of *Cecropia obtusifolia* seedlings at nine fertilization levels was studied in a greenhouse in Washington, USA. After eight months, total biomass was greatest for treatments receiving lime plus other elements and least for treatments without nitrogen and/or phosphorus. Concentrations of N, P and K were greater in younger than in senescing foliage. Adaptations of *Cecropia* relating to nutrient uptake and redistribution within the plant that could contribute to the success of this species in second growth situations are discussed.

Literature cited

- BUDOWSKI, G. Forest succession in tropical lowlands. Turrialba (Costa Rica) 13(1): 42-44. 1963.
- COLE, D. Nitrogen uptake and translocation by forest ecosystems. In Clark, F. E. y Ross-wall, T., eds. Terrestrial nitrogen cycles: processes ecosystem strategies and management impacts. Stockholm, Swedish Natural Science Research Council, 1981. 714 p. (Swedish Natural Science Research Council. Ecological bulletins No. 33).
- COLE, D. W., GESSEL, S. P. and DICE, S. F. Distribution and cycling of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium in a second-growth Douglas-fir ecosystem. In Symposium on Primary Productivity and Mineral Cycling in Natural Ecosystems. University Maine Press, 1967. pp. 197-232.
- DRURY, W. H. and NISBET, I. C. T. Succession. Journal of the Arnold Arboretum 54:331-368. 1973.
- FRANKIE, G. W., BAKER, H. G. and OPLER, P. A. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. Journal of Ecology 62:881-919. 1974.
- GOMEZ-POMPA, A., and VASQUEZ-YANES, C. Studies on the secondary succession of tropical lowlands: The life cycle of secondary species. Proc. First International Congress Ecology, The Hague 1974. pp. 336-342.
- HARCUMBE, P. A. The influence of fertilization on some aspects of succession in a humid tropical forest. Ecology 58:1375-1383. 1977.

-
8. KELLMAN, M. C. Some environmental components of shifting cultivation in upland Mindanao. *Journal Tropical Geography* 28:40-56. 1969.
 9. MARKS, P. L., BORMANN, F. H. Revegetation following forest cutting: mechanisms for return to steady-state nutrient cycling. *Science* 176:914-915. 1972.
 10. PARKINSON, J. A. and S. E. ALLEN. A wet oxidation procedure suitable for the determination of nitrogen and mineral nutrients in biological material. *Communications Soil Science and Plant Analysis* 6(1): 1-11. 1975.
 11. VAN STENNIS, C. G. G. J. Rejuvenation as a factor for judging the status of vegetation types: the biological nomad theory. In *Study of Tropical Vegetation*. Paris, UNESCO, 1958. pp. 212-218.

Summary

This work contains volume tables for Pinus caribaea var hondurensis located in La Yeguada Forestry Reserve, Panamá. The tables were calculated for total volume and minimum top diameters of 5 and 10 cm for trees with and without bark.

A sample of 105 trees between 7 and 13 years old was selected from 14 different sites in the Reserve. DBH ranged from 9-35 cm and heights from 5-20 m. Among 15 mathematical models were tested. The model $\ln v = \ln d + \ln h$, showed the highest correlation coefficients and lowest Furnival Index Values.

Introducción

P*inus caribaea* var *hondurensis* es una de las especies que mejor desarrollo ha presentado en ensayos de introducción realizados en el trópico, especialmente en zonas húmedas con una estación seca. Esta especie se ha introducido en diferentes zonas de Panamá tanto a nivel experimental como en plantaciones pequeñas privadas.

Con base en los resultados prometedores obtenidos con esta especie a nivel experimental (4), la Dirección Nacional de Recursos Naturales Renovables (RENARE), inició el establecimiento de plantaciones a mayor escala en varios sitios del país. En la Provincia de Veraguas se encuentra ubicada la Reserva Forestal La Yeguada, que cuenta ahora con cerca de 2 000 ha plantadas de *P. caribaea* var *hondurensis*, aproximadamente a 20 kilómetros al norte del pueblo de Calobre, con una elevación que se extiende desde los 400 msnm hasta los 1 000 msnm.

La Reserva se caracteriza por una temperatura media mensual de 22.8°C. La precipitación es relativamente alta con un total anual de 2 463 mm siendo el período de mayor precipitación de abril

a diciembre y los meses de menor precipitación de enero hasta marzo con promedios inferiores a 50 mm mensuales (2). En su mayor parte la Reserva se ubica dentro de la zona ecológica del bosque muy húmedo premontano según la clasificación de Holdridge (3).

Los suelos en esta zona son litosoles, en su mayoría de textura franco-arcillosa y de color amarillo-rojizo. La roca madre es de tipo sedimentario, fácilmente meteorizable y los suelos derivados de ella tienen poca estructura y una baja fertilidad combinada con una alta acidez (5). Estos suelos se encuentran altamente degradados por antiguas prácticas de tala incontrolada, usos agrícolas inadecuados y pastoreo excesivo, con una vegetación natural pobre.

El presente trabajo tiene como objetivo la elaboración de tablas de volumen de doble entrada para *P. caribaea* var *hondurensis* con y sin corteza, para un diámetro mínimo en el extremo superior del fuste de 5 y 10 cm y para volumen total que faciliten en el futuro la cubicación de rodales.

Materiales y métodos

Para la elaboración de las tablas de volumen se escogió una muestra de 105 árboles con edades entre 7 y 13 años, en 14 sitios diferentes de la Reserva, correspondientes a clases diamétricas desde 9 cm hasta 35 cm y clases de alturas de 5 m hasta 20 m (Cuadro 1). La muestra se limitó debido a que no se encontraron árboles con diámetro superior a 35 cm.

¹ Recibido para publicación el 11 de marzo de 1982. Se agradece a la Biometrista Heather J Palmer, su colaboración en el análisis estadístico de este estudio.

* Silvicultor. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

Cuadro 1. Distribución de clases diamétricas y de alturas de los 105 árboles de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* utilizadas para la elaboración de cuadros de volumen.

Diámetro Altura Pecho (cm)	Clases de altura (m)								Total
	5.0*	7.0	9.0	11.0	13.0	15.0	17.0	19.0	
9.0**	0	2	0	0	0	0	0	0	2
11.0	1	9	3	2	0	0	0	0	15
13.0	2	12	11	1	0	0	0	0	26
15.0	0	7	9	0	3	2	0	0	21
17.0	0	0	1	0	3	1	0	0	5
19.0	0	0	0	0	2	2	0	0	4
21.0	0	0	0	0	1	1	4	0	6
23.0	0	0	0	0	0	1	1	1	3
25.0	0	0	0	0	0	0	2	2	4
27.0	0	0	0	2	1	3	2	0	8
29.0	0	0	0	0	1	1	0	2	4
31.0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
33.0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
35.0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
TOTAL	3	30	24	5	11	16	11	5	105

* 5.0 = 4.5 - < 5.5

** 9.0 = 8.5 - < 9.5

Cuadro 2. Coeficientes de correlación e índice de Furnival entre el volumen, el diámetro y la altura de *P. caribaea* var. *hondurensis* con y sin corteza establecidos con 15 modelos matemáticos.

Modelos probados	Coeficiente de correlación (r)		Índice de Furnival ($\times 10^{-3}$)	
	con corteza	sin corteza	con corteza	sin corteza
1 $v = d$	0.968	0.959	37.60	32.20
2 $v = d + d^2$	0.973	0.965	34.58	30.05
3 $v = d^2$	0.973	0.965	34.76	30.08
4 $v = d^2 h$	0.993	0.990	17.06	16.20
5 $v = d^2 + h + d^2 h$	0.994	0.991	16.77	15.31
6 $v = d^2 + dh + d^2 h$	0.994	0.991	16.77	15.32
7 $\ln v = \ln d$	0.976	0.966	19.21	16.05
8 $\ln v = \ln d + \ln h^*$	0.997	0.992	7.16	7.93
9 $v = d + d^2$ ponderado para d^2	0.778	0.815	19.92	16.78
10 $v = d^2$ ponderado para d^2	0.750	0.779	20.85	18.09
11 $v = d^2 h$ ponderado para $d^2 h$	0.523	0.462	7.35	8.12
12 $v = d^2 + h + d^2 h$ ponderado para $d^2 h$	0.967	0.957	8.09	8.49
13 $v = d^2 + h + d^2 h$ ponderado para $d^2 h$	0.558	0.535	7.22	7.31
14 $v = d^2 + dh + d^2 h$ ponderado para $d^2 h$	0.968	0.956	8.01	8.52
15 $v = d^2 + dh + d^2 h$ ponderado para $d^2 h$	0.572	0.535	7.14	7.81

v = volumen total, con o sin corteza, (m^3); d = diámetro a la altura del pecho, (cm); h = altura total, (m) y \ln = logaritmo natural en base de e.

* Modelo seleccionado

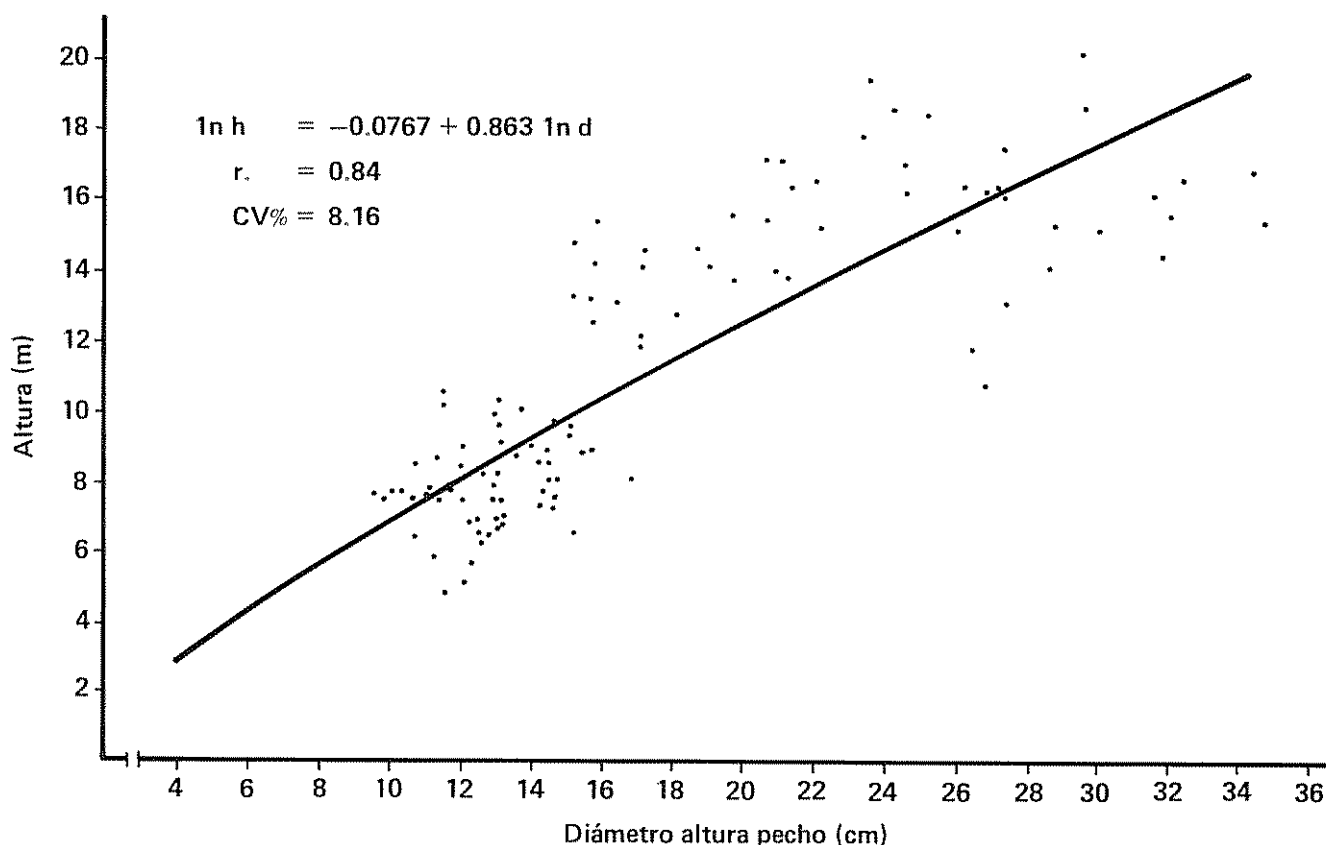


Fig 1 Curva de regresión de la altura en función del diámetro para 105 árboles de *Pinus caribaea* var *hondurensis* en La Yeguada, Panamá

Cuadro 3. Ecuaciones estimadas con el modelo $\ln v = \ln d + \ln h$, para árboles con y sin corteza.

Variable	Ecuaciones estimadas con el modelo 8
Volumen total	
con corteza	$\ln v = 1.826 \ln d + 1.019 \ln h - 9.914$
sin corteza	$\ln v = 1.933 \ln d + 1.301 \ln h - 11.366$
Para diámetro mínimo de 5 cm:	
con corteza	$\ln v = 1.859 \ln d + 1.030 \ln h - 10.063$
sin corteza	$\ln v = 2.052 \ln d + 1.314 \ln h - 11.796$
Para diámetro mínimo de 10 cm:	
con corteza	$\ln v = 2.397 \ln d + 0.977 \ln h - 11.696$
sin corteza	$\ln v = 2.613 \ln d + 1.482 \ln h - 14.184$

Los árboles seleccionados se cortaron dejando un tocón de aproximadamente 20-25 cm; seguidamente se les determinó la altura total y la medición de los diámetros para la cubicación se hizo en dos formas. A 81 árboles se les midió en 1978 el diámetro con y sin corteza a cada metro de largo; los restantes 24 árboles se midieron en 1979/80 a cada 2

metros y a la última troza se le midió el diámetro en la sección media. La Figura 1 muestra la relación diámetro-altura para la muestra de árboles utilizada.

Los datos de campo se analizaron utilizando 4 programas en lenguaje IBM 5110 BASIC. Para la obtención de volúmenes de árboles individuales se

Cuadro 4. Valores de doble entrada para volumen* total con corteza para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en La Yeguada, Panamá. (Modelo 8: $\ln v = 1.826 \ln d + 1.019 \ln h - 9.914$).

Diam. (cm)**	Altura (m)**																
	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	
9.0	0.0141	0.0170	0.0198	0.0227	0.0256	0.0285	0.0315	0.0344	0.0373	0.0402	0.0431	0.0461	0.0490	0.0519	0.0549	0.0578	
10.0	0.0171	0.0206	0.0241	0.0276	0.0311	0.0346	0.0381	0.0417	0.0452	0.0487	0.0523	0.0558	0.0594	0.0630	0.0665	0.0701	
11.0	0.0203	0.0245	0.0286	0.0328	0.0370	0.0412	0.0454	0.0496	0.0538	0.0580	0.0622	0.0665	0.0707	0.0749	0.0792	0.0834	
12.0	0.0238	0.0287	0.0336	0.0384	0.0433	0.0483	0.0532	0.0581	0.0630	0.0680	0.0729	0.0779	0.0829	0.0878	0.0928	0.0978	
13.0	0.0276	0.0332	0.0388	0.0445	0.0502	0.0553	0.0615	0.0672	0.0730	0.0787	0.0844	0.0902	0.0959	0.1016	0.1074	0.1132	
14.0	0.0316	0.0380	0.0445	0.0509	0.0574	0.0639	0.0705	0.0770	0.0835	0.0901	0.0966	0.1032	0.1098	0.1164	0.1230	0.1296	
15.0	0.0358	0.0431	0.0504	0.0578	0.0651	0.0725	0.0799	0.0873	0.0947	0.1022	0.1096	0.1171	0.1245	0.1320	0.1395	0.1470	
16.0	0.0403	0.0485	0.0567	0.0650	0.0733	0.0816	0.0899	0.0982	0.1066	0.1150	0.1233	0.1317	0.1401	0.1485	0.1569	0.1653	
17.0	0.0450	0.0542	0.0634	0.0726	0.0819	0.0911	0.1004	0.1097	0.1191	0.1284	0.1378	0.1471	0.1565	0.1659	0.1753	0.1847	
18.0	0.0499	0.0601	0.0703	0.0806	0.0909	0.1012	0.1115	0.1218	0.1322	0.1425	0.1529	0.1633	0.1737	0.1841	0.1946	0.2050	
19.0	0.0551	0.0664	0.0776	0.0890	0.1003	0.1117	0.1231	0.1345	0.1459	0.1573	0.1688	0.1802	0.1917	0.2032	0.2147	0.2263	
20.0	0.0605	0.0729	0.0853	0.0977	0.1101	0.1226	0.1351	0.1477	0.1602	0.1728	0.1853	0.1979	0.2106	0.2232	0.2358	0.2485	
21.0	0.0662	0.0797	0.0932	0.1068	0.1204	0.1341	0.1477	0.1614	0.1751	0.1889	0.2026	0.2164	0.2302	0.2440	0.2578	0.2716	
22.0	0.0720	0.0867	0.1015	0.1163	0.1311	0.1459	0.1608	0.1757	0.1907	0.2056	0.2206	0.2356	0.2506	0.2656	0.2806	0.2957	
23.0	0.0781	0.0941	0.1100	0.1261	0.1422	0.1583	0.1744	0.1906	0.2068	0.2230	0.2392	0.2555	0.2718	0.2881	0.3044	0.3207	
24.0	0.0844	0.1017	0.1189	0.1363	0.1536	0.1711	0.1885	0.2060	0.2335	0.2410	0.2586	0.2761	0.2937	0.3113	0.3290	0.3466	
25.0	0.0910	0.1095	0.1281	0.1468	0.1655	0.1843	0.2031	0.2219	0.2408	0.2596	0.2786	0.2975	0.3164	0.3354	0.3544	0.3734	
26.0	0.0977	0.1177	0.1377	0.1577	0.1778	0.1980	0.2182	0.2384	0.2586	0.2789	0.2992	0.3196	0.3399	0.3603	0.3807	0.4011	
27.0	0.1047	0.1260	0.1475	0.1690	0.1905	0.2121	0.2337	0.2554	0.2771	0.2988	0.3206	0.3424	0.3642	0.3860	0.4079	0.4298	
28.0	0.1119	0.1347	0.1576	0.1806	0.2036	0.2267	0.2498	0.2729	0.2961	0.3193	0.3426	0.3659	0.3892	0.4125	0.4359	0.4593	
29.0	0.1193	0.1436	0.1680	0.1925	0.2171	0.2417	0.2663	0.2910	0.3157	0.3405	0.3653	0.3901	0.4149	0.4398	0.4647	0.4896	
30.0	0.1269	0.1528	0.1788	0.2048	0.2309	0.2571	0.2833	0.3096	0.3359	0.3622	0.3886	0.4150	0.4414	0.4679	0.4944	0.5209	
31.0	0.1347	0.1622	0.1898	0.2174	0.2452	0.2729	0.3008	0.3287	0.3566	0.3845	0.4125	0.4406	0.4687	0.4968	0.5249	0.5530	
32.0	0.1427	0.1719	0.2011	0.2304	0.2598	0.2892	0.3187	0.3483	0.3779	0.4075	0.4372	0.4669	0.4966	0.5264	0.5562	0.5861	
33.0	0.1510	0.1818	0.2127	0.2437	0.2748	0.3059	0.3371	0.3684	0.3997	0.4310	0.4624	0.4939	0.5253	0.5568	0.5884	0.6199	
34.0	0.1595	0.1920	0.2246	0.2574	0.2902	0.3231	0.3560	0.3890	0.4221	0.4552	0.4883	0.5215	0.5547	0.5880	0.6213	0.6546	
35.0	0.1681	0.2024	0.2369	0.2714	0.3060	0.3406	0.3754	0.4102	0.4450	0.4799	0.5149	0.5499	0.5849	0.6200	0.6551	0.6902	

* Volumen en m³

** 5 = 4.5 - < 5.5

*** 9 = 8.5 - < 9.5

Cuadro 5. Valores de doble entrada para volumen* total sin corteza para *Pinus caribaea* var. *trinitensis* en La Yeguada, Panamá. (Modelo 8: $\ln v = 1.933 \ln d + 1.301 \ln h - 11.366$).

Diam. (cm)**	Altura (m)**															
	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0
9.0	0.0066	0.0083	0.0192	0.0121	0.0141	0.0162	0.0183	0.0205	0.0228	0.0251	0.0274	0.0298	0.0323	0.0348	0.0373	0.0399
10.0	0.0081	0.0102	0.0125	0.0148	0.0173	0.0198	0.0225	0.0252	0.0279	0.0307	0.0336	0.0366	0.0396	0.0426	0.0458	0.0489
11.0	0.0097	0.0123	0.0150	0.0178	0.0208	0.0239	0.0270	0.0302	0.0336	0.0370	0.0404	0.0440	0.0476	0.0513	0.0550	0.0588
12.0	0.0115	0.0145	0.0177	0.0211	0.0246	0.0282	0.0320	0.0358	0.0397	0.0437	0.0478	0.0520	0.0563	0.0607	0.0651	0.0696
13.0	0.0134	0.0170	0.0207	0.0246	0.0287	0.0330	0.0373	0.0418	0.0464	0.0511	0.0559	0.0607	0.0657	0.0708	0.0760	0.0812
14.0	0.0154	0.0196	0.0239	0.0284	0.0332	0.0380	0.0430	0.0482	0.0535	0.0589	0.0645	0.0701	0.0759	0.0817	0.0877	0.0937
15.0	0.0176	0.0224	0.0273	0.0325	0.0379	0.0435	0.0492	0.0551	0.0611	0.0673	0.0736	0.0801	0.0867	0.0934	0.1002	0.1071
16.0	0.0200	0.0253	0.0309	0.0368	0.0429	0.0492	0.0557	0.0624	0.0693	0.0763	0.0834	0.0907	0.0982	0.1058	0.1135	0.1213
17.0	0.0225	0.0285	0.0348	0.0414	0.0483	0.0556	0.0627	0.0702	0.0779	0.0857	0.0938	0.1020	0.1104	0.1189	0.1276	0.1364
18.0	0.0251	0.0318	0.0389	0.0462	0.0539	0.0618	0.0700	0.0784	0.0870	0.0958	0.1048	0.1139	0.1233	0.1328	0.1425	0.1523
19.0	0.0278	0.0353	0.0431	0.0513	0.0598	0.0686	0.0777	0.0870	0.0965	0.1063	0.1163	0.1265	0.1369	0.1474	0.1582	0.1691
20.0	0.0307	0.0390	0.0476	0.0567	0.0661	0.0758	0.0858	0.0961	0.1066	0.1174	0.1284	0.1397	0.1511	0.1628	0.1747	0.1867
21.0	0.0338	0.0428	0.0523	0.0623	0.0726	0.0833	0.0943	0.1055	0.1171	0.1290	0.1411	0.1535	0.1661	0.1789	0.1919	0.2052
22.0	0.0370	0.0469	0.0573	0.0681	0.0794	0.0911	0.1031	0.1155	0.1282	0.1411	0.1544	0.1679	0.1817	0.1957	0.2100	0.2245
23.0	0.0403	0.0511	0.0624	0.0742	0.0865	0.0993	0.1124	0.1258	0.1397	0.1538	0.1682	0.1830	0.1980	0.2133	0.2288	0.2446
24.0	0.0437	0.0554	0.0678	0.0806	0.0940	0.1078	0.1220	0.1366	0.1516	0.1670	0.1827	0.1987	0.2150	0.2316	0.2484	0.2656
25.0	0.0473	0.0600	0.0733	0.0872	0.1017	0.1166	0.1320	0.1478	0.1641	0.1807	0.1977	0.2150	0.2326	0.2506	0.2688	0.2874
26.0	0.0510	0.0647	0.0791	0.0941	0.1097	0.1258	0.1424	0.1595	0.1770	0.1949	0.2132	0.2319	0.2509	0.2703	0.2900	0.3100
27.0	0.0549	0.0696	0.0851	0.1012	0.1180	0.1353	0.1532	0.1716	0.1904	0.2097	0.2293	0.2494	0.2699	0.2908	0.3119	0.3335
28.0	0.0589	0.0747	0.0913	0.1086	0.1266	0.1452	0.1643	0.1840	0.2042	0.2249	0.2460	0.2676	0.2896	0.3119	0.3347	0.3578
29.0	0.0630	0.0799	0.0977	0.1162	0.1355	0.1554	0.1759	0.1970	0.2186	0.2407	0.2633	0.2864	0.3099	0.3338	0.3581	0.3829
30.0	0.0673	0.0853	0.1043	0.1241	0.1446	0.1659	0.1878	0.2103	0.2334	0.2570	0.2811	0.3058	0.3309	0.3564	0.3824	0.4088
31.0	0.0717	0.0909	0.1111	0.1322	0.1541	0.1767	0.2001	0.2241	0.2486	0.2738	0.2995	0.3258	0.3525	0.3797	0.4074	0.4355
32.0	0.0763	0.0967	0.1181	0.1406	0.1638	0.1879	0.2127	0.2382	0.2644	0.2911	0.3185	0.3464	0.3748	0.4038	0.4332	0.4631
33.0	0.0809	0.1026	0.1254	0.1492	0.1739	0.1994	0.2258	0.2528	0.2806	0.3090	0.3380	0.3676	0.3978	0.4285	0.4597	0.4915
34.0	0.0857	0.1087	0.1328	0.1580	0.1842	0.2113	0.2392	0.2678	0.2972	0.3273	0.3581	0.3895	0.4214	0.4540	0.4870	0.5207
35.0	0.0907	0.1149	0.1405	0.1671	0.1948	0.2235	0.2530	0.2833	0.3144	0.3462	0.3707	0.4119	0.4457	0.4801	0.5151	0.5507

* Volumen en m³

** 5 = 4.5 - < 5.5

*** 9 = 8.5 - < 9.5

Cuadro 6. Tabla de doble entrada para volumen* con corteza hasta un diámetro mínimo en la parte superior del fuste de 5 cm para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en La Yeguada, Panamá. (Modelo 8: $ln v = 1.859 ln d + 1.030 ln h - 10.063$).

Diam. (cm)**	Altura (m)**															
	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0
9.0	0.0133	0.0160	0.0188	0.0216	0.0244	0.0272	0.0300	0.0328	0.0356	0.0384	0.0412	0.0441	0.0469	0.0497	0.0526	0.0555
10.0	0.0162	0.0195	0.0229	0.0262	0.0296	0.0330	0.0364	0.0398	0.0433	0.0467	0.0501	0.0536	0.0571	0.0605	0.0640	0.0675
11.0	0.0193	0.0233	0.0273	0.0313	0.0354	0.0394	0.0435	0.0476	0.0517	0.0558	0.0599	0.0640	0.0681	0.0722	0.0764	0.0805
12.0	0.0227	0.0274	0.0321	0.0368	0.0416	0.0463	0.0511	0.0559	0.0607	0.0656	0.0704	0.0752	0.0801	0.0849	0.0898	0.0947
13.0	0.0263	0.0318	0.0372	0.0427	0.0483	0.0538	0.0593	0.0649	0.0705	0.0761	0.0817	0.0873	0.0929	0.0985	0.1042	0.1098
14.0	0.0302	0.0365	0.0427	0.0490	0.0554	0.0617	0.0681	0.0745	0.0809	0.0873	0.0937	0.1002	0.1066	0.1131	0.1196	0.1261
15.0	0.0344	0.0415	0.0486	0.0558	0.0630	0.0702	0.0774	0.0847	0.0920	0.0992	0.1066	0.1139	0.1212	0.1286	0.1359	0.1433
16.0	0.0387	0.0467	0.0548	0.0629	0.0710	0.0791	0.0873	0.0955	0.1037	0.1119	0.1201	0.1284	0.1367	0.1450	0.1533	0.1616
17.0	0.0434	0.0523	0.0613	0.0704	0.0794	0.0886	0.0977	0.1069	0.1160	0.1252	0.1345	0.1437	0.1530	0.1623	0.1716	0.1809
18.0	0.0482	0.0582	0.0682	0.0783	0.0884	0.0985	0.1086	0.1188	0.1290	0.1393	0.1495	0.1598	0.1701	0.1805	0.1908	0.2011
19.0	0.0533	0.0643	0.0754	0.0865	0.0977	0.1089	0.1201	0.1314	0.1427	0.1540	0.1654	0.1767	0.1881	0.1995	0.2110	0.2224
20.0	0.0586	0.0708	0.0830	0.0952	0.1075	0.1198	0.1321	0.1445	0.1570	0.1694	0.1819	0.1944	0.2069	0.2195	0.2321	0.2447
21.0	0.0642	0.0775	0.0908	0.1042	0.1177	0.1312	0.1447	0.1583	0.1719	0.1855	0.1992	0.2129	0.2266	0.2403	0.2541	0.2679
22.0	0.0700	0.0845	0.0990	0.1136	0.1283	0.1430	0.1578	0.1726	0.1874	0.2023	0.2172	0.2321	0.2470	0.2620	0.2770	0.2921
23.0	0.0760	0.0918	0.1076	0.1234	0.1393	0.1553	0.1714	0.1874	0.2035	0.2197	0.2359	0.2521	0.2683	0.2846	0.3009	0.3172
24.0	0.0823	0.0993	0.1164	0.1336	0.1508	0.1681	0.1855	0.2029	0.2203	0.2378	0.2553	0.2728	0.2904	0.3080	0.3257	0.3434
25.0	0.0888	0.1071	0.1256	0.1441	0.1627	0.1814	0.2001	0.2188	0.2377	0.2565	0.2754	0.2943	0.3133	0.3323	0.3514	0.3704
26.0	0.0955	0.1153	0.1351	0.1550	0.1750	0.1951	0.2152	0.2354	0.2556	0.2759	0.2962	0.3166	0.3370	0.3575	0.3779	0.3984
27.0	0.1025	0.1236	0.1449	0.1663	0.1877	0.2093	0.2309	0.2525	0.2742	0.2960	0.3178	0.3396	0.3615	0.3834	0.4054	0.4274
28.0	0.1096	0.1323	0.1550	0.1779	0.2009	0.2239	0.2470	0.2702	0.2934	0.3167	0.3400	0.3634	0.3868	0.4102	0.4337	0.4573
29.0	0.1170	0.1412	0.1655	0.1899	0.2144	0.2390	0.2636	0.2884	0.3132	0.3380	0.3629	0.3869	0.4129	0.4379	0.4630	0.4881
30.0	0.1246	0.1504	0.1763	0.2023	0.2283	0.2545	0.2808	0.3071	0.3335	0.3600	0.3865	0.4131	0.4397	0.4664	0.4931	0.5199
31.0	0.1325	0.1598	0.1873	0.2150	0.2427	0.2705	0.2984	0.3264	0.3545	0.3826	0.4108	0.4390	0.4673	0.4957	0.5241	0.5525
32.0	0.1405	0.1695	0.1987	0.2280	0.2575	0.2870	0.3166	0.3463	0.3760	0.4059	0.4358	0.4657	0.4958	0.5258	0.5560	0.5861
33.0	0.1488	0.1795	0.2104	0.2415	0.2726	0.3039	0.3352	0.3667	0.3982	0.4298	0.4614	0.4932	0.5249	0.5568	0.5887	0.6206
34.0	0.1573	0.1898	0.2224	0.2552	0.2882	0.3212	0.3543	0.3876	0.4209	0.4543	0.4878	0.5213	0.5549	0.5886	0.6223	0.6560
35.0	0.1660	0.2003	0.2347	0.2694	0.3041	0.3390	0.3740	0.4090	0.4442	0.4794	0.5148	0.5502	0.5856	0.6211	0.6567	0.6924

* Volumen en m³

** 5 = 4.5 - < 5.5

*** 9 = 8.5 - < 9.5

Cuadro 7. Valores de doble entrada para volumen* sin corteza hasta un diámetro mínimo en la parte superior del fuste de 5 cm para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en La Yeguada, Panamá. (Modelo 8: $\ln v = 2.052 \ln d + 1.314 \ln h - 11.796$).

Diam. (cm)***	Altura (m)**																
	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	
9.0	0.0057	0.0072	0.0089	0.0105	0.0123	0.0141	0.0160	0.0179	0.0199	0.0219	0.0240	0.0261	0.0283	0.0305	0.0328	0.0350	
10.0	0.0070	0.0089	0.0110	0.0130	0.0152	0.0175	0.0198	0.0222	0.0247	0.0272	0.0298	0.0324	0.0351	0.0379	0.0407	0.0435	
11.0	0.0086	0.0109	0.0133	0.0159	0.0185	0.0213	0.0241	0.0270	0.0300	0.0331	0.0362	0.0394	0.0427	0.0461	0.0494	0.0529	
12.0	0.0102	0.0130	0.0159	0.0190	0.0221	0.0254	0.0288	0.0323	0.0359	0.0396	0.0433	0.0472	0.0511	0.0551	0.0591	0.0632	
13.0	0.0121	0.0153	0.0188	0.0224	0.0261	0.0300	0.0340	0.0381	0.0423	0.0466	0.0511	0.0556	0.0602	0.0649	0.0697	0.0745	
14.0	0.0140	0.0178	0.0218	0.0260	0.0304	0.0349	0.0395	0.0443	0.0493	0.0543	0.0594	0.0647	0.0701	0.0755	0.0811	0.0867	
15.0	0.0162	0.0205	0.0252	0.0300	0.0350	0.0402	0.0456	0.0511	0.0567	0.0625	0.0685	0.0745	0.0807	0.0870	0.0934	0.0999	
16.0	0.0185	0.0235	0.0287	0.0342	0.0400	0.0459	0.0520	0.0583	0.0648	0.0714	0.0782	0.0851	0.0922	0.0993	0.1067	0.1141	
17.0	0.0209	0.0266	0.0325	0.0388	0.0453	0.0520	0.0589	0.0660	0.0734	0.0809	0.0885	0.0964	0.1044	0.1125	0.1208	0.1292	
18.0	0.0235	0.0299	0.0366	0.0436	0.0509	0.0584	0.0662	0.0743	0.0825	0.0909	0.0996	0.1084	0.1173	0.1265	0.1358	0.1453	
19.0	0.0263	0.0334	0.0409	0.0487	0.0569	0.0653	0.0740	0.0830	0.0922	0.1016	0.1112	0.1211	0.1311	0.1413	0.1517	0.1623	
20.0	0.0292	0.0371	0.0454	0.0541	0.0632	0.0725	0.0822	0.0922	0.1024	0.1129	0.1236	0.1345	0.1457	0.1570	0.1686	0.1803	
21.0	0.0323	0.0410	0.0502	0.0598	0.0698	0.0802	0.0909	0.1019	0.1132	0.1248	0.1366	0.1487	0.1610	0.1736	0.1863	0.1993	
22.0	0.0355	0.0451	0.0552	0.0658	0.0768	0.0882	0.1000	0.1121	0.1245	0.1373	0.1503	0.1636	0.1771	0.1909	0.2050	0.2193	
23.0	0.0389	0.0494	0.0605	0.0721	0.0841	0.0966	0.1095	0.1228	0.1354	0.1504	0.1646	0.1792	0.1940	0.2092	0.2246	0.2402	
24.0	0.0424	0.0539	0.0660	0.0787	0.0918	0.1055	0.1195	0.1340	0.1489	0.1641	0.1796	0.1955	0.2118	0.2283	0.2451	0.2622	
25.0	0.0461	0.0586	0.0718	0.0855	0.0998	0.1147	0.1300	0.1457	0.1619	0.1784	0.1953	0.2126	0.2303	0.2482	0.2665	0.2851	
26.0	0.0500	0.0635	0.0778	0.927	0.1082	0.1243	0.1409	0.1579	0.1754	0.1934	0.2117	0.2304	0.2496	0.2690	0.2888	0.3090	
27.0	0.0540	0.0686	0.0840	0.1002	0.1169	0.1343	0.1522	0.1706	0.1896	0.2089	0.2288	0.2490	0.2696	0.2907	0.3121	0.3338	
28.0	0.0582	0.0740	0.0906	0.1079	0.1260	0.1447	0.1640	0.1839	0.2042	0.2251	0.2465	0.2683	0.2905	0.3132	0.3363	0.3597	
29.0	0.0625	0.0795	0.0973	0.1160	0.1354	0.1555	0.1762	0.1976	0.2195	0.2419	0.2649	0.2883	0.3122	0.3366	0.3614	0.3865	
30.0	0.0671	0.0852	0.1043	0.1243	0.1451	0.1667	0.1889	0.2118	0.2353	0.2594	0.2840	0.3091	0.3347	0.3608	0.3874	0.4144	
31.0	0.0717	0.0911	0.1116	0.1330	0.1552	0.1783	0.2021	0.2266	0.2517	0.2774	0.3037	0.3306	0.3580	0.3859	0.4143	0.4432	
32.0	0.0765	0.0973	0.1191	0.1419	0.1657	0.1903	0.2157	0.2418	0.2686	0.2961	0.3242	0.3529	0.3821	0.4119	0.4422	0.4731	
33.0	0.0815	0.1036	0.1269	0.1512	0.1765	0.2027	0.2297	0.2576	0.2861	0.3154	0.3453	0.3759	0.4070	0.4388	0.4711	0.5039	
34.0	0.0867	0.1102	0.1349	0.1607	0.1876	0.2155	0.2443	0.2738	0.3042	0.3353	0.3671	0.3996	0.4327	0.4665	0.5008	0.5357	
35.0	0.0920	0.1169	0.1431	0.1706	0.1991	0.2287	0.2592	0.2906	0.3228	0.3559	0.3896	0.4241	0.4593	0.4951	0.5315	0.5686	

* Volumen en m³

** 5 = 4.5 - < 5.5

*** 9 = 8.5 - < 9.5

Modelo 8. $\ln v = 2.052 (\ln d) + 1.314 (\ln h) - 11.796$

Cuadro 8. Valores de doble entrada para volumen* con corteza hasta un diámetro mínimo en la parte superior del fuste de 10 cm para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en La Yeguada, Panamá. (Modelo 8: $\ln v = 2.397 \ln d + 0.977 \ln h - 11.696$).

Diam. (cm)***	Altura (m)**																		
	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0			
9.0	0.0078	0.0093	0.0108	0.0123	0.0138	0.0153	0.0168	0.0183	0.0198	0.0212	0.0227	0.0242	0.0257	0.0272	0.0286	0.0301			
10.0	0.0100	0.0120	0.0139	0.0158	0.0178	0.0197	0.0216	0.0235	0.0254	0.0273	0.0293	0.0312	0.0331	0.0350	0.0369	0.0387			
11.0	0.0126	0.0150	0.0175	0.0199	0.0223	0.0247	0.0272	0.0296	0.0320	0.0344	0.0368	0.0392	0.0415	0.0439	0.0463	0.0487			
12.0	0.0155	0.0185	0.0215	0.0245	0.0275	0.0305	0.0334	0.0364	0.0394	0.0423	0.0453	0.0482	0.0512	0.0541	0.0570	0.0600			
13.0	0.0188	0.0224	0.0261	0.0297	0.0333	0.0369	0.0405	0.0441	0.0477	0.0513	0.0549	0.0584	0.0620	0.0656	0.0691	0.0727			
14.0	0.0224	0.0268	0.0311	0.0355	0.0398	0.0441	0.0484	0.0527	0.0570	0.0613	0.0655	0.0698	0.0740	0.0783	0.0825	0.0868			
15.0	0.0264	0.0316	0.0367	0.0418	0.0469	0.0520	0.0571	0.0622	0.0672	0.0723	0.0773	0.0823	0.0874	0.0924	0.0974	0.1024			
16.0	0.0309	0.0369	0.0429	0.0488	0.0548	0.0607	0.0667	0.0726	0.0785	0.0844	0.0902	0.0961	0.1020	0.1078	0.1137	0.1195			
17.0	0.0357	0.0426	0.0496	0.0565	0.0634	0.0702	0.0771	0.0839	0.0907	0.0976	0.1044	0.1111	0.1179	0.1247	0.1315	0.1382			
18.0	0.0409	0.0489	0.0568	0.0648	0.0727	0.0805	0.0884	0.0962	0.1041	0.1119	0.1197	0.1275	0.1352	0.1430	0.1508	0.1585			
19.0	0.0466	0.0557	0.0647	0.0737	0.0827	0.0917	0.1006	0.1096	0.1185	0.1274	0.1362	0.1451	0.1539	0.1628	0.1716	0.1804			
20.0	0.0527	0.0629	0.0732	0.0834	0.0935	0.1037	0.1138	0.1239	0.1340	0.1440	0.1541	0.1641	0.1741	0.1841	0.1941	0.2040			
21.0	0.0592	0.0708	0.0822	0.0937	0.1051	0.1165	0.1279	0.1392	0.1506	0.1619	0.1732	0.1844	0.1957	0.2069	0.2181	0.2293			
22.0	0.0662	0.0791	0.0920	0.1048	0.1175	0.1303	0.1430	0.1557	0.1683	0.1810	0.1936	0.2062	0.2188	0.2313	0.2439	0.2564			
23.0	0.0736	0.0880	0.1023	0.1165	0.1307	0.1449	0.1591	0.1732	0.1873	0.2013	0.2153	0.2294	0.2434	0.2573	0.2713	0.2852			
24.0	0.0815	0.0974	0.1133	0.1291	0.1448	0.1605	0.1761	0.1918	0.2074	0.2229	0.2385	0.2540	0.2695	0.2850	0.3004	0.3159			
25.0	0.0899	0.1075	0.1249	0.1423	0.1597	0.1770	0.1942	0.2115	0.2287	0.2458	0.2630	0.2801	0.2972	0.3143	0.3313	0.3483			
26.0	0.0988	0.1180	0.1372	0.1563	0.1754	0.1944	0.2134	0.2323	0.2512	0.2701	0.2889	0.3077	0.3265	0.3452	0.3639	0.3826			
27.0	0.1081	0.1292	0.1502	0.1711	0.1920	0.2128	0.2336	0.2543	0.2750	0.2956	0.3163	0.3368	0.3574	0.3779	0.3984	0.4189			
28.0	0.1180	0.1410	0.1639	0.1867	0.2095	0.2322	0.2549	0.2775	0.3000	0.3226	0.3451	0.3675	0.3899	0.4123	0.4347	0.4570			
29.0	0.1283	0.1534	0.1783	0.2031	0.2279	0.2526	0.2772	0.3018	0.3264	0.3509	0.3753	0.3998	0.4241	0.4485	0.4728	0.4971			
30.0	0.1392	0.1663	0.1934	0.2203	0.2472	0.2740	0.3007	0.3274	0.3540	0.3806	0.4071	0.4336	0.4600	0.4865	0.5128	0.5392			
31.0	0.1506	0.1799	0.2092	0.2383	0.2674	0.2964	0.3253	0.3541	0.3829	0.4117	0.4404	0.4690	0.4977	0.5262	0.5548	0.5833			
32.0	0.1625	0.1942	0.2257	0.2572	0.2885	0.3198	0.3510	0.3821	0.4132	0.4442	0.4752	0.5061	0.5370	0.5678	0.5986	0.6294			
33.0	0.1749	0.2090	0.2430	0.2768	0.3106	0.3443	0.3779	0.4114	0.4448	0.4782	0.5116	0.5449	0.5781	0.6113	0.6445	0.6776			
34.0	0.1879	0.2245	0.2610	0.2974	0.3336	0.3698	0.4059	0.4419	0.4778	0.5137	0.5495	0.5853	0.6210	0.6566	0.6923	0.7278			
35.0	0.2014	0.2407	0.2798	0.3188	0.3576	0.3964	0.4351	0.4737	0.5122	0.5507	0.5891	0.6274	0.6657	0.7039	0.7421	0.7802			

* Volumen en m³

** 5 = 4.5 - < 5.5

*** 9 = 8.5 - < 9.5

Cuadro 9. Valores de doble entrada para volumen* sin corteza hasta un diámetro mínimo en la parte superior del fuste de 10 cm para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en La Yeguada, Panamá. (Modelo 8: $\ln v = 2.613 \ln d + 1.482 \ln h - 14.184$).

Diam. (cm)**	Altura (m)**																
	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	
9.0	0.0023	0.0031	0.0039	0.0047	0.0056	0.0065	0.0075	0.0086	0.0097	0.0108	0.0119	0.0131	0.0144	0.0156	0.0169	0.0183	
10.0	0.0031	0.0040	0.0051	0.0062	0.0074	0.0085	0.0099	0.0113	0.0127	0.0142	0.0157	0.0173	0.0189	0.0206	0.0223	0.0241	
11.0	0.0040	0.0052	0.0065	0.0079	0.0095	0.0111	0.0127	0.0145	0.0163	0.0182	0.0202	0.0222	0.0243	0.0264	0.0286	0.0309	
12.0	0.0050	0.0065	0.0082	0.0100	0.0119	0.0139	0.0160	0.0182	0.0205	0.0228	0.0253	0.0278	0.0305	0.0332	0.0359	0.0388	
13.0	0.0061	0.0080	0.0101	0.0123	0.0146	0.0171	0.0197	0.0224	0.0252	0.0282	0.0312	0.0343	0.0376	0.0409	0.0443	0.0478	
14.0	0.0074	0.0097	0.0122	0.0149	0.0178	0.0208	0.0239	0.0272	0.0306	0.0342	0.0379	0.0417	0.0456	0.0496	0.0538	0.0580	
15.0	0.0084	0.0117	0.0147	0.0179	0.0213	0.0249	0.0286	0.0326	0.0367	0.0409	0.0453	0.0499	0.0546	0.0594	0.0644	0.0695	
16.0	0.0105	0.0138	0.0173	0.0211	0.0252	0.0294	0.0339	0.0386	0.0434	0.0485	0.0537	0.0591	0.0646	0.0703	0.0762	0.0822	
17.0	0.0123	0.0162	0.0203	0.0248	0.0295	0.0345	0.0397	0.0452	0.0509	0.0568	0.0629	0.0692	0.0757	0.0824	0.0893	0.0963	
18.0	0.0143	0.0188	0.0236	0.0288	0.0342	0.0400	0.0461	0.0525	0.0591	0.0659	0.0730	0.0803	0.0879	0.0957	0.1037	0.1118	
19.0	0.0165	0.0216	0.0272	0.0331	0.0394	0.0461	0.0531	0.0604	0.0680	0.0759	0.0841	0.0925	0.1012	0.1102	0.1194	0.1288	
20.0	0.0109	0.0247	0.0311	0.0379	0.0451	0.0527	0.0607	0.0691	0.0778	0.0868	0.0962	0.1058	0.1158	0.1260	0.1365	0.1473	
21.0	0.0214	0.0201	0.0353	0.0430	0.0512	0.0599	0.0690	0.0785	0.0884	0.0986	0.1092	0.1202	0.1315	0.1431	0.1551	0.1673	
22.0	0.0242	0.0317	0.0399	0.0486	0.0579	0.0676	0.0779	0.0886	0.0998	0.1114	0.1234	0.1357	0.1485	0.1616	0.1751	0.1890	
23.0	0.0272	0.0356	0.0448	0.0546	0.0650	0.0760	0.0875	0.0995	0.1121	0.1251	0.1386	0.1525	0.1668	0.1815	0.1967	0.2122	
24.0	0.0304	0.0398	0.0500	0.0610	0.0726	0.0049	0.0978	0.1112	0.1253	0.1398	0.1549	0.1704	0.1864	0.2029	0.2198	0.2372	
25.0	0.0338	0.0443	0.0557	0.0679	0.0808	0.0945	0.1088	0.1238	0.1394	0.1555	0.1723	0.1896	0.2074	0.2257	0.2446	0.2639	
26.0	0.0375	0.0491	0.0617	0.0752	0.0895	0.1047	0.1205	0.1371	0.1544	0.1723	0.1909	0.2100	0.2298	0.2501	0.2710	0.2924	
27.0	0.0413	0.0542	0.0681	0.0830	0.0988	0.1155	0.1330	0.1513	0.1704	0.1902	0.2107	0.2318	0.2536	0.2760	0.2991	0.3227	
28.0	0.0455	0.0596	0.0749	0.0912	0.1087	0.1270	0.1463	0.1664	0.1874	0.2091	0.2317	0.2549	0.2789	0.3035	0.3289	0.3549	
29.0	0.0498	0.0653	0.0821	0.1000	0.1191	0.1392	0.1603	0.1824	0.2054	0.2292	0.2539	0.2794	0.3057	0.3327	0.3605	0.3889	
30.0	0.0544	0.0713	0.0897	0.1093	0.1301	0.1521	0.1752	0.1993	0.2244	0.2505	0.2774	0.3053	0.3340	0.3635	0.3938	0.4250	
31.0	0.0593	0.0777	0.0977	0.1190	0.1418	0.1657	0.1909	0.2171	0.2445	0.2729	0.3023	0.3326	0.3639	0.3960	0.4291	0.4630	
32.0	0.0644	0.0844	0.1061	0.1293	0.1540	0.1801	0.2074	0.2359	0.2656	0.2965	0.3284	0.3614	0.3953	0.4303	0.4662	0.5030	
33.0	0.0698	0.0915	0.1150	0.1402	0.1669	0.1951	0.2247	0.2557	0.2879	0.3213	0.3559	0.3916	0.4284	0.4663	0.5052	0.5451	
34.0	0.0755	0.0989	0.1243	0.1516	0.1805	0.2110	0.2430	0.2764	0.3112	0.3474	0.3848	0.4234	0.4632	0.5042	0.5462	0.5894	
35.0	0.0815	0.1067	0.1341	0.1635	0.1947	0.2276	0.2621	0.2982	0.3357	0.3747	0.4151	0.4567	0.4997	0.5438	0.5892	0.6358	

* Volumen en m³

** 5 = 4.5 - < 5.5

*** 9 = 8.5 - < 9.5

utilizó el programa denominado VOLPROG, en el que se utilizó la fórmula de Smalian para la cubicación de las trozas y la fórmula del cono para la última troza. Para frecuencias por clase de diámetro y altura se aplicó el programa STANDTAB, mientras que para las regresiones lineales y la elaboración de las tablas de volumen se utilizó el programa VOLREG. El programa SCATPLOT facilitó las comparaciones entre volúmenes observados y estimados con base en varios modelos de regresión y la elección de los modelos probados para la relación altura-diámetro.

Resultados

De los 15 modelos matemáticos comparados se seleccionó el modelo 8 tanto para las tablas de volumen total con y sin corteza como para las de un diámetro mínimo en la parte superior del fuste de 5 cm y 10 cm, debido a que resultó consistentemente con coeficientes de correlación altos, valores bajos para el Índice de Furnival (1) y valores de "t" altamente significativos para los coeficientes de las regresiones.

En el Cuadro 2 se presenta un ejemplo de los coeficientes de correlación e Índice de Furnival con y sin corteza para los 15 modelos probados para las tablas de volumen total. Se procedió de igual manera para el desarrollo de las otras tablas de volumen.

Conclusión

El modelo logarítmico seleccionado para la elaboración de las tablas de volumen presentó un coeficiente de correlación alto y un Índice de Furnival bajo dando un buen ajuste y una mejor predicción del volumen en comparación con los restantes modelos probados.

Como los cuadros elaborados en el presente estudio se basan en una muestra de árboles de una plantación, pueden ser aplicados a otras plantaciones en las que la relación diámetro-altura de los árboles sea parecido al de la plantación estudiada. El uso de estos cuadros en otras plantaciones con desarrollo diferente puede resultar arriesgado.

Las ecuaciones correspondientes al modelo 8 se presentan en el Cuadro 3.

Se incluyen los datos de volumen total (Cuadros 4 a 9) para un diámetro mínimo en la parte superior del fuste de 5 cm y 10 cm con y sin corteza respectivamente.

Resumen

En este trabajo se elaboraron tablas de volumen total con y sin corteza, así como para un diámetro mínimo en la parte superior del fuste de 5 cm y 10 cm para árboles de *Pinus caribaea* var *hondurensis* en la Reserva Forestal, La Yeguada, Panamá.

Se seleccionó una muestra de 105 árboles con edades entre 7 y 13 años, en 14 sitios diferentes de la Reserva, correspondientes a clases diamétricas desde 9 cm hasta 35 cm y clases de altura de 5 m hasta 20 m. Se probaron 15 modelos matemáticos seleccionándose el modelo $\ln v = \ln d + \ln h$, que mostró consistentemente para las diferentes tablas de volumen, coeficientes de correlación altos y valores bajos para el Índice Furnival.

Literatura citada

1. FURNIVAL, G. M. An index for comparing equations used in constructing volume tables. *Forest Science* 7(4):337-341. 1961.
2. GEWALD, N. J. Datos de crecimiento de *Pinus caribaea* var *hondurensis* en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1980.
3. HOLDRIGE, L. R. Ecología basada en zonas de vida. Trad. H. Jiménez Saa. San José, Costa Rica, IICA, 1978. 216 p. (IICA, Libros y Materiales Educativos No. 34).
4. HOWELL, J. H. Reforestación. Proyecto FAO/RENARE FO:SF/PAN 6 Inventariación y demostraciones forestales, Panamá. Informe Técnico No. 11. Roma, FAO, 1972. 132 p.
5. PANAMA. DIRECCION GENERAL DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. Plan de manejo Reserva Forestal La Yeguada. Panamá, 1975. 21 p.

ROLE OF EPICUTICULAR WAX IN ADAPTATION TO SALINITY STRESS IN PIGEON PEA AND GINGELLEY¹ /

G. GURURAJA RAO*

Resumen

Plantas de gandul y ajonjolí al crecer bajo condiciones de salinidad con NaCl mostraron una gran acumulación de grasa epicuticular, la cual aumentó con la maduración de las hojas. La acumulación de grasa epicuticular se asoció con una reducción de la transpiración cuticular bajo condiciones de salinidad. La reducción de la transpiración cuticular pudo determinarse por la presencia de altos contenidos de alcoholes primarios y secundarios y aldehídos. Se concluye que la acumulación de grasa epicuticular juega un papel relevante en atenuar el daño causado por la salinidad al reducir la transpiración cuticular como medio de adaptación.

Introduction

Stomatal closure reduces the loss of water from the leaves which is of special importance when water uptake from the soil is diminished or if the evaporative demand is high. If the availability of soil water is severely reduced, the only way for a higher plant to survive is to conserve sufficient water in the tissues. The main pathway for transpiration then is through the cuticle. The importance of the cuticle for survival during water stress has already been reported (10). Environmental factors like light intensity, temperature and humidity affect the cuticle development and wax deposition (1). Reports on changes in content and chemical composition of epicuticular wax and its role in plants growing under salinity are scanty. In the present study an attempt has been made to find out (a) whether moderate salinity causes an adaptive reduction in cuticular transpiration; and (b) the relationship between cuticular transpiration and amount and composition of epicuticular wax in pigeon pea and gingelley plants.

Materials and methods

After a preliminary screening of pigeon pea (*Cajanus indicus* Spreng var. LRG-30) and gingelley (*Sesamum indicum* L. var TMV-1), for levels of salinity (0.1% to 0.6% NaCl), a differential response to 0.4% salinity level was found, pigeon pea showing tolerance and gingelley being susceptible. The seeds, after surface sterilization with 0.1% HgCl₂ for 2-3 min, were sown in 18 cm earthenware pots containing soil and manure in the ratio of 3:1. Thinning was done to 3 plants per pot before giving the salt treatment. The salt treatments were given at two stages of growth, 15 and 30 days after sowing. The salt content of the soil was raised to 0.4% salinity level by adding NaCl solution to the soil on air dry weight basis. The pH of the soil was maintained at 7.2 ± 0.1. The plants were grown under natural photoperiod. The leaf material (first formed trifoliolate leaf from pigeon pea and first pair of leaves from gingelley) was collected at the following stages of growth for wax analysis and cuticular transpiration determination:

Stage 1: 7 days after first treatment (when the leaves showed full opening);

Stage 2: 15 days after first treatment (active period of growth);

Stage 3: 7 days after second treatment (maturation phase); and

Stage 4: 15 days after second treatment (initiation of senescence).

¹ Received for publication in January 22, 1982.

The receipt of CSIR research fellowship is gratefully acknowledged. The author is grateful to Dr. G. Rajeswara Rao, S.V. University, Tirupati for his encouragement during the investigation.

* Plant Physiology Division Rubber Research Institute of India Rubber Board Kottayam 686 009, INDIA.

As the plants showed some recovery symptoms at stage 2 in their physiological changes induced by salinity, an additional salt treatment was therefore given to maintain the same level of inhibition and to elicit a clear response from the plants (5).

Extraction and quantitative estimation of epicuticular wax were carried out colorimetrically (4). For qualitative studies, the wax components were fractionated by TLC as previously described (9). The individual wax components were identified by running purified *Brassica* wax components simultaneously.

Cuticular transpiration (CT) was determined according to Bengtson *et al.* (2) with a slight modification. Triplicate samples were analysed for each experiment.

Results and discussion

Levels of epicuticular wax (EW) and its chemical composition are shown in Tables 1 and 2, for pigeon pea and gingelley respectively. Total wax content increased in both the plants under salinity, the greater accumulation being observed in pigeon pea. An increase of 22.5, 22.7, 43.8 and 73.8 per cent in pigeon pea and 19.6, 22.1, 27.1 and 31.6 per cent over the controls in gingelley was observed at stages 1, 2, 3 and 4 respectively under salinity.

Fatty acids, primary and secondary alcohols, OH- β -diketones, β -diketones, aldehydes, hydrocarbons, esters and ketones and two unidentified spots (Un-1 and Un-2) were observed in pigeon pea under salinity. OH- β -diketones and Un-2 were

found to be absent in control pigeon pea plants. On the other hand, β -diketones, OH- β -diketones and Un-1 were found to be absent in gingelley both under control and saline conditions. The fatty acid content was found to be high (on spot density basis) in controls, while primary and secondary alcohols and aldehydes were found to be high in the leaves of salinized plants.

Cuticular transpiration (CT) of the controls as well as salinized plants decreased with age; higher rates were observed in the controls than in the salinized plants. CT showed a decrease of 40.2, 38.9, 40.1 and 42.8 per cent in pigeon pea, and 28.9, 27.2, 31.9 and 31.3 per cent over the controls in gingelley were observed at stages 1, 2, 3, and 4, respectively, under salinity conditions (Table 2).

Salinity is known to affect many aspects of metabolism and to induce morphological and physiological changes, considered to be adaptive and to increase the chances of the plants to endure the stress imposed by salinity. The stunted growth of plants under saline conditions may even be traced to "physiological drought", a shortage of water within the plants when grown in moist but saline media. The lowered osmotic potential of the soil water resulting from high concentration of soluble salts was thought to prevent uptake of water by the plants. Thus any changes leading to a reduction of water loss or increase in water supply represent advantageous factors during salinity stress. Accumulation of leaf epicuticular wax and reduction of CT may thus play an important role in minimising water loss under salinity. It was found that increased wax on soybean leaves was accompanied by reduced CT,

Table 1. Effect of NaCl salinity on epicuticular wax content and chemical composition in pigeon pea leaves (mg/dm² leaf area).

Stage	Wax content	Fatty acids	OH- β -diketones	Un-1	Primary alcohols	Un-2	Secondary alcohols	β -diketones	Aldehydes	Hydrocarbons Esters and Ketones
Control										
1	8.80 \pm 0.03	+	-	Tr	+	-	Tr	+	Tr	+
2	9.95 \pm 0.06	+	-	Tr	+	-	Tr	+	Tr	+
3	10.21 \pm 0.05	+	-	Tr	+	-	Tr	+	Tr	+
4	9.18 \pm 0.04	+	-	Tr	+	-	Tr	+	Tr	+
Salinized										
1	10.78 \pm 0.07	+	+	+	+++	++	++	+	+	+
2	12.21 \pm 0.04	+	+	+	+++	++	++	+	+	+
3	14.68 \pm 0.04	+	+	+	+++	++	++	+	+	+
4	15.95 \pm 0.08	+	+	+	+++	++	++	+	+	+

- = absent; Tr = trace; + = present; ++ = moderate; +++ = high.

Table 2. Effect of NaCl salinity on epicuticular wax content and chemical composition in gingelley leaves (mg/dm² leaf area).

Stage	Wax content	Fatty acids	Primary alcohols	Un-2	Secondary alcohols	Aldehydes	Hydrocarbons Esters and Ketones
Control							
1	4.24 ± 0.09	++	+	+	+	+	+
2	4.39 ± 0.04	++	+	+	+	+	+
3	4.68 ± 0.04	++	+	+	+	+	+
4	4.85 ± 0.06	++	+	+	+	+	+
Salinized							
1	5.07 ± 0.03	+	++	+	++	++	+
2	5.36 ± 0.02	+	++	+	++	++	+
3	5.95 ± 0.09	+	++	+	++	++	+
4	6.38 ± 0.06	+	++	+	++	++	+

-- = absent; Tr = Trace; + = present; ++ = moderate

Table 3. Effect of NaCl salinity on cuticular transpiration CCT in pigeon pea and gingelley (CT, mg H₂O cm⁻² h⁻¹).

Stage	Pigeon pea		Gingelley	
	Control	Salinized	Control	Salinized
1	0.547 ± 0.062	0.327 ±0.027	0.568 ±0.027	0.404 ±0.074
2	0.513 ± 0.016	0.314 ±0.049	0.547 ±0.019	0.398 ±0.043
3	0.502 ± 0.024	0.298 ±0.043	0.532 ±0.028	0.362 ±0.042
4	0.498 ± 0.029	0.285 ±0.062	0.524 ±0.014	0.360 ±0.076

CT obtained when EW was partially removed (3, 8). Some recent reports also showed a close relationship between the chemical composition of wax and CT (1, 6), which indicated that primary and secondary alcohols and aldehydes play a significant role in reducing cuticular transpiration. Similarly, in the present study a reduced CT is associated with a linear relationship between CT and 1/amount of EW (2). The results of the present study showed a similar trend, as shown in Figure 1. The importance of EW for CT has been indicated by the increase in high amounts of alcohols and aldehydes in the EW

of pigeon pea and gingelley under salinity (Tables 1 and 2).

It is concluded that accumulation of high amounts of epicuticular wax causing an adaptive reduction in cuticular transpiration as observed in the present study, might be an adaptive feature in addition to the development of thick cuticle and induction of succulence (5, 7). The wax layer thus plays an important role in minimising water loss, so that the plants can cope with the adverse conditions created by salinity.

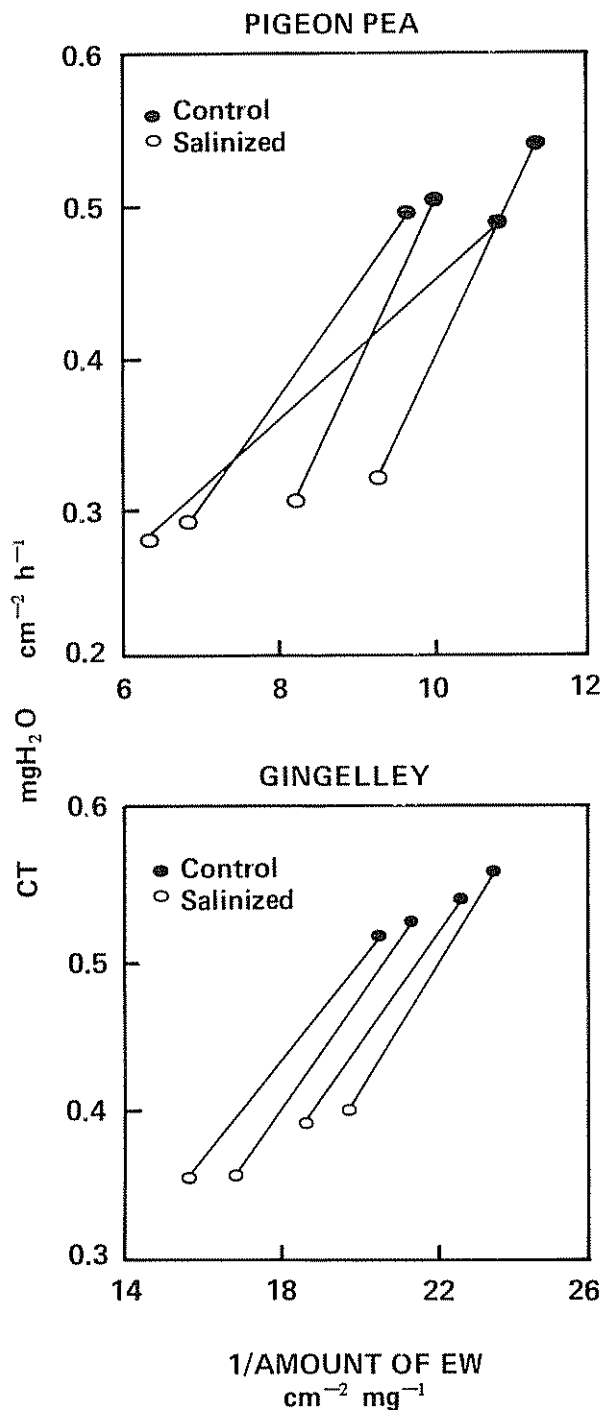


Fig. 1. Relationship between cuticular transpiration, CT and epicuticular wax, EW in pigeon pea and ginglelley under NaCl salinity.

Literature cited

1. BAKER, E. A. The influence of environment on leaf wax development in *Brassica oleracea*.

var. Gemmifera. *New Phytologist*. 73:955-966. 1974.

2. BENGTON, C. *et al.* Effects of water stress on cuticular transpiration rates and amount and composition of epicuticular wax in seedlings of six oat varieties. *Physiologia Plantarum*. 44:319-324. 1978.
3. DENNA, D. W. Transpiration and the waxy bloom in *Brassica oleracea*. *Australian Journal of Biological Sciences*. 23:27-31. 1970.
4. EBERCON, A. *et al.* A rapid colorimetric method for the estimation of epicuticular wax content of *Sorghum* leaves. *Crop Science* 17:179-180. 1977.
5. GURURAJA RAO, G. Physiological studies on the influence of sodium chloride salinity on leaf metabolism in pigeon pea (*Cajanus indicus* Spreng) and ginglelley (*Sesamum indicum* L.). Ph.D. Thesis, S. V. University, Tirupati, India. 1980.
6. GURURAJA, RAO, G. *et al.* Effect of NaCl salinity on amount and composition of epicuticular wax and cuticular transpiration rate in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Indian Journal of Experimental Biology*. 19:880-881. 1981.
7. GURURAJA, RAO, G. *et al.* Salt induced anatomical changes in the leaves of pigeon pea (*Cajanus indicus* Spreng) and cluster beans (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.). *Proceedings of Indian Academy of Sciences (Part B)*. 88:293-301. 1979.
8. HALL, D.M. and JONES, R. L. Physiological significance of surface wax on leaves. *Nature* 191:95-96. 1961.
9. HOLLOWAY, P. J. and BAKER, E. A. Isolation of plant cuticle with zinc chloride hydrochloric acid solutions. *Plant Physiology*. 43:1878-1879. 1968.
10. LEVITT, J. Responses of plants to environmental stresses. Academic Press, New York. 1972.
11. RAMA DAS, V. S. *et al.* Transpirational rates in relation to leaf epicuticular waxes. *Indian Journal of Experimental Biology* 17:158-163. 1978.

EFFECTO DE DIFERENTES POBLACIONES DE MAIZ (*Zea mays*) EN LA PRODUCCION DE RAICES DE YUCA (*Manihot esculenta*) AL CULTIVARLOS EN ASOCIO:
II. ASPECTOS ECONOMICOS¹ /

ROGER MENESES R.*
LUIS A. NAVARRO*
RAUL A. MORENO*

Summary

The economic efficiency and price sensitivity of cassava intercropped with maize in six different plant densities and two fertilization treatments were evaluated. This evaluation was part of an experiment done in Turrialba, Costa Rica, at 9°53' N, 83°39' W and 602 m above sea level. Plant densities were 0, 1, 3, 4 and 5 maize plants m⁻² intercropped with 1 cassava plant m⁻², and the two fertilization treatments were: 90 kg ha⁻¹ of N, 200 kg ha⁻¹ of P₂O₅, and 75 kg ha⁻¹ of K₂O, and 120 kg ha⁻¹ of N, 200 kg ha⁻¹ of P₂O₅, and 150 kg ha⁻¹ of K₂O.

The economic evaluation was based on the general factor-factor and product-product models, assuming different decision-making circumstances. They included simple and combined restrictions on the availability of land, labor and cash, and the objective functions of maximizing food production and total economic efficiency. The prices used in the analysis were those available in Turrialba during May 1978 when US\$ 1 was equal to ₡ 8.60. The prices for cassava and maize per ton were \$75.50 and \$241.90 respectively.

Results under the different situations assumed for the analysis indicate a lower price sensitivity and higher economic efficiency for cassava intercropped with maize at the lower fertilization treatment included in the test. The higher fertilization treatment tends to be more efficient in cassava monocrop or cassava intercropped with maize at the lowest density, particularly when cassava price tends to increase. One plant of cassava intercropped with 2 maize plants m⁻² and fertilization of 90, 200 and 75 kg ha⁻¹ of N, P₂O₅ and K₂O respectively, was the best evaluated option in terms of economic efficiency under all circumstances given for the analysis. The low sensitivity of this crop mixture to changes in the prices of maize, cassava and labor was also remarkable. Only when the cassava price decreases by 61 percent is it justified to intercrop 4 plants of maize m⁻², provided the maize price does not decrease.

¹ Recibido para publicación el 27 de agosto de 1982.

Este trabajo es parte de la tesis presentada por el autor principal a la Escuela para Graduados de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado de Magister Scientiae.

* Especialista en Sistemas de Producción, Economista Agrícola y Agrónomo respectivamente del Departamento de Producción Vegetal. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

Introducción

En un experimento de yuca intercultivada con maíz en cinco densidades de siembra, realizado en Turrialba se encontró que la productividad, o eficiencia técnica en el uso de la tierra, fue mayor para una planta de yuca y dos plantas de maíz m⁻², cuando se fertilizó con 90, 200, 75 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente. Con una fertiliza-

ción N, P₂O₅ y K₂O de 120, 200 y 150 kg ha⁻¹ respectivamente, la asociación más eficiente fue una planta de yuca y cinco plantas de maíz m⁻² (5).

La maximización en la eficiencia técnica con que se usa la tierra es un criterio apropiado para seleccionar tecnologías cuando la tierra es el único recurso limitante al tomar la decisión y se quiere maximizar la producción. Las circunstancias de decisión, sin embargo, particularmente a nivel de agricultores de pocos recursos, pueden incluir restricciones simples o combinadas de mano de obra y dinero en efectivo, además de tierra, para generar el ingreso que necesitan.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia y estabilidad económica de las diferentes asociaciones estudiadas (5) en: generación de ingreso, producción de alimento, utilización de cada recurso productivo, individualmente o en combinación y frente a posibles cambios en los precios de los productos

Materiales y métodos

El trabajo de campo se realizó en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba, Costa Rica. La información corresponde a un experimento de yuca asociada con maíz en cinco poblaciones diferentes y dos niveles de fertilización. Los detalles sobre este experimento los presentan Meneses y Moreno (5).

La evaluación de la eficiencia y estabilidad económica de las doce opciones técnicas se realizó bajo cuatro circunstancias de decisión, posibles y diferentes: a) necesidad de maximizar la producción de alimento, sin importar costos o ingresos; b) restricciones de mano de obra y dinero de operación, individualmente o combinados; c) restricción exclusiva del recurso tierra; d) maximizar la eficiencia en el uso conjunto de todos los recursos, sin restricciones

Para las evaluaciones, se utilizaron los modelos producto-producto y factor-factor. Los cálculos de costos en efectivo, costos variables totales, costos totales e ingresos se hicieron con base en los precios de insumos, productos y tierra que rigieron durante el experimento en Turrialba. Esto incluyó un 9% como costo del capital. Los coeficientes técnicos en el uso de mano de obra, implementos e insumos, fueron computados de observaciones hechas durante el experimento, corrigiendo cuando fue necesario, con datos existentes a nivel de finca en el área. Para observar la sensibilidad de los resultados frente a cambios en las relaciones de precios, se simuló cambios en el precio de la yuca que era \$ 75.5 ton

ha⁻¹. El precio de maíz \$ 241.9 ton ha⁻¹, es fijado por el Consejo Nacional de la Producción de Costa Rica. En los recursos se hizo variar el precio del jornal.

Las doce opciones en evaluación se dividen en: a) aquellas que incluyen 90, 200 y 75 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente, referidas como de "fertilización baja" y con el símbolo Δ en lo que sigue de este texto y 2) aquellas con 120, 200 y 150 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente o de "fertilización alta" y referidas con el símbolo ●. Dentro de cada nivel de fertilización se evaluó la asociación de una planta de yuca con 0, 1, 2, 3, 4 y 5 plantas de maíz intercalado m⁻², y referidas con los mismos dígitos respectivamente.

Resultados y discusión

Bajo la primera situación de decisión posible, y empleando el índice de Rendimiento Relativo Total (RRT), Meneses y Moreno (5) encontraron que la asociación de una planta de yuca y dos plantas de maíz m⁻² con "baja fertilización", fue la de mayor producción de alimento ha⁻¹.

Los resultados bajo la segunda situación de decisión se resumen en la Figura 1. En ella, cada alternativa se ubica de acuerdo con sus requisitos de dinero en efectivo y días hombre que fueron necesarios para generar 116.3 dólares de ingreso neto. La línea oblicua representa todas las combinaciones de efectivo y mano de obra que implican un mismo costo, dado el precio del último recurso durante el análisis. Al mover paralelamente esta recta, pasa por la posición de las diferentes opciones técnicas permitiendo ordenarlas en cuanto a sus costos. Mientras más cerca de cero queda, menor es el costo necesario para producir 116.3 dólares de ingreso neto y más eficiente es en el uso conjunto del efectivo y la mano de obra. La Figura 1 muestra que el monocultivo de yuca es la opción más eficiente cuando el nivel de fertilización es alto (Fig. 1a) pero 1 planta de yuca con 2 plantas de maíz m⁻² es la opción más eficiente cuando se aplica menos fertilizante (Fig. 1b). El análisis conjunto (Fig. 1c), muestra el predominio de lo encontrado en el caso de fertilización más baja.

La pendiente de la recta de isocosto es igual a la relación, con signo negativo, entre los precios en \$ del jornal y del dinero (5.40:1). Si el precio del jornal cambia, la pendiente de la recta cambia y la selección entre opciones podría ser diferente. La solución de la figura es estable frente a cualquier variación en el precio del jornal. La Figura 1 muestra además que la opción en la solución conjunta es la más efi-

ciente en el uso individual de la mano de obra y del capital en efectivo.

La eficiencia económica en el uso de la tierra se evalúa con base en la Figura 2. La maximización de esta eficiencia es importante cuando tierra es un recurso limitante. La Figura 2 ubica las opciones en

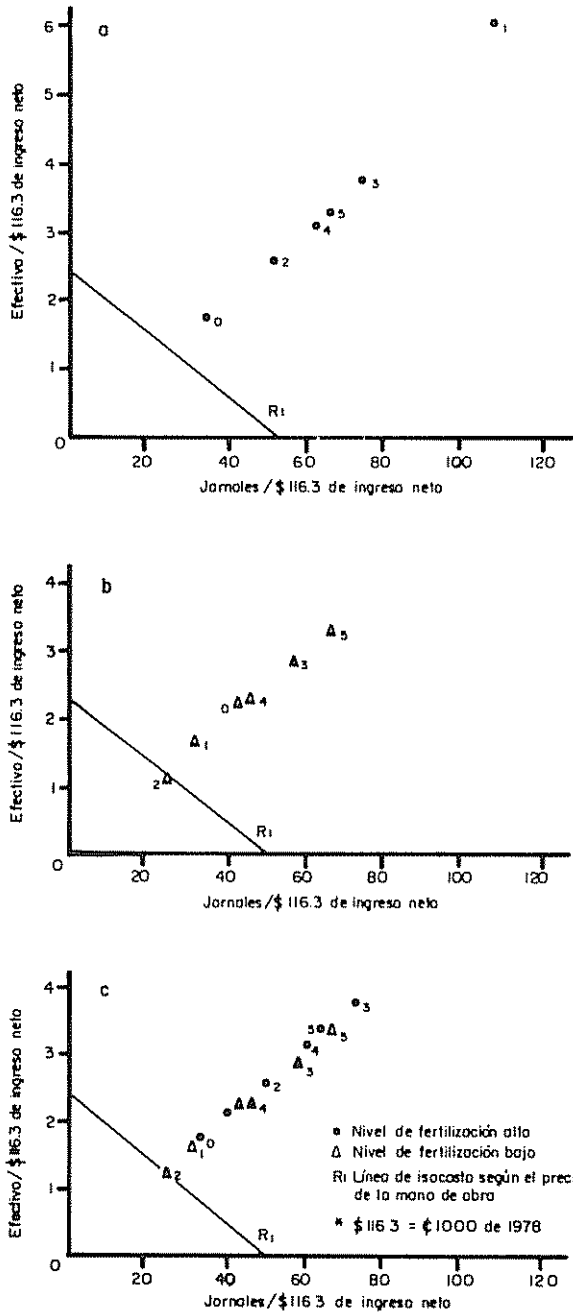


Fig 1. Eficiencia económica en el uso de mano de obra y dinero en efectivo de seis opciones para producir yuca asociada con maíz, bajo una fertilización "alta" (a), fertilización "baja" (b) y ambas (c)*

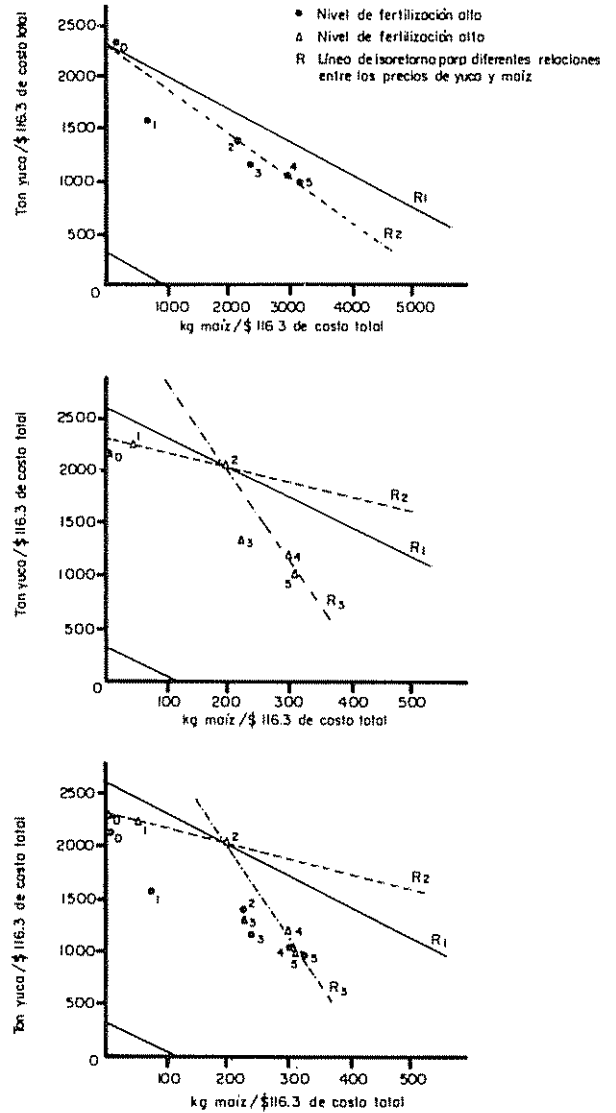


Fig 2. Eficiencia económica en el uso de la tierra de seis opciones para producir yuca asociada con maíz, bajo una fertilización "baja" (a), fertilización "alta" (b) y ambas (c).

evaluación de acuerdo a sus rendimientos en ton ha^{-1} de yuca y maíz. La eficiencia la determina el valor combinado de la producción de yuca y maíz representada por la línea oblicua cuya pendiente es igual a la relación con signo negativo entre el precio en \$ del maíz y la yuca (241.9:75.5).

La tecnología cuya línea de valor de la producción se aleja más del origen, es económicamente la más eficiente en el uso de la tierra. Los resultados para el nivel de fertilización bajo, indican a las asociaciones de 1 planta de yuca con 4 plantas de maíz m^{-2} (Fig. 2a) y 1 planta de yuca con 2 plantas de maíz m^{-2} para la fertilización baja (Fig. 2b) como las

más eficientes en el uso económico de la tierra. La sensibilidad de estas soluciones a cambios en el precio de los productos es mayor para el caso de la fertilización alta. Si el precio de la yuca es baja en relación a la del maíz, la asociación de una planta de yuca con 5 plantas de maíz m^{-2} entra rápidamente en la solución al nivel de fertilización alta. Un cambio en el mismo sentido pero mayor, cambiaría a su vez la solución a la asociación de una planta de yuca con 4 plantas de maíz m^{-2} en el nivel bajo de fertilización. Un alza en el precio de la yuca haría inmediatamente atractivo el monocultivo de ese producto al nivel alto de fertilizante. El alza deberá ser mayor al nivel bajo de fertilización para que la solución cambie a la asociación de una planta de yuca con una planta de maíz m^{-2} . Combinando el análisis de las opciones, bajo los dos niveles de fertilizante, predomina la eficiencia de las opciones seleccionadas en el nivel bajo (Fig. 2c). De la misma forma la solución es más sensible a la disminución relativa del precio de la yuca respecto a la del maíz que a su alza. Todo el análisis sobre uso de la tierra favorece, en orden, a las asociaciones de una planta de yuca con 2, 4 y 1 planta de maíz m^{-2} respectivamente.

La Figura 3 contiene la posición gráfica de cada opción tecnológica de acuerdo a su producción de maíz y yuca por cada 116 3 dólares de costo total. Este costo total valoriza todos los recursos utilizados en cada opción y la maximización del valor del producto logrado de ellos, implica optimizar la eficiencia económica en el uso de todos los recursos en conjunto. El valor de la producción se determina con base en los precios de la yuca y el maíz, cuya relación determina la pendiente de la recta oblicua que la representa en la Figura 3. La optimización de la eficiencia económica total implica maximizar el ingreso neto bajo una situación no restrictiva de recursos. Esta es la cuarta circunstancia de decisión en el estudio. Según los precios de la yuca y el maíz al momento de análisis, la opción más eficiente al nivel alto de fertilizante fue el monocultivo de yuca y la asociación de una planta de yuca con dos plantas de maíz lo fue cuando la fertilización fue menor. En el análisis conjunto (Fig. 3c), domina el caso encontrado con el nivel de fertilización menor. Las soluciones no son muy sensibles a cambios en los precios de los productos, aunque un alza relativa en el precio de la yuca tendió a favorecer su monocultivo y una baja a su asociación con 4 plantas de maíz m^{-2} .

El Cuadro 1 contiene los principales coeficientes técnicos e índices económicos utilizados en el análisis.

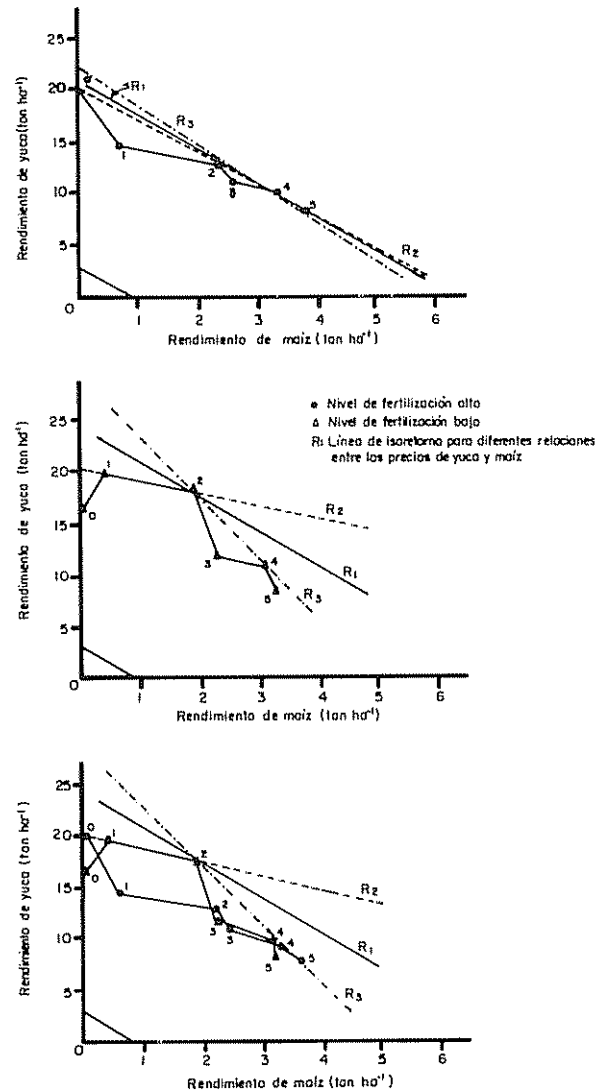


Fig. 3. Eficiencia económica total de seis opciones para producir yuca asociada con maíz, bajo una fertilización "baja" (a), fertilización "baja" (b) y ambas (c)*.

Resumen

Este trabajo evalúa la eficiencia y estabilidad económica de seis asociaciones de yuca y maíz con dos niveles de fertilización, incluidas en un experimento descrito por Meneses y Moreno (5). El experimento se realizó en Turrialba, Costa Rica, a $9^{\circ}53'$ latitud norte, $83^{\circ}39'$ longitud oeste y 602 m.s.n.m. Las asociaciones fueron de una planta de yuca con 0, 1, 2, 3, 4 y 5 plantas de maíz m^{-2} y las dos fertilizaciones de 90, 200 y 75 y 120, 200 y 150 de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente.

* \$ 116.3 = ₡ 1 000, 1978.

Cuadro 1. Costo total (CT), ingreso bruto (IB), ingreso neto (IN), costo efectivo (CE), CE/116.31N, No. de jornales/116.31N de diferentes combinaciones entre maíz y yuca bajo dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica, 1979⁷.

Tratamiento	CT	IB maíz	IB yuca	IB total	IN total	CE	CE/116.3 IN ³	No. jornales	No. 4/ jornales/ 116.31N	Rend. ⁵ maíz kg/ 116.3CT	Rend. ⁶ yuca kg/ 116.3CT
0 A	1 117.8	0	1 664.1	1 664.1	546.3	992.8	211.3	159	34	0	2 294.4
1 A	1 227.3	159.1	1 247.6	1 406.6	179.3	1 096.5	711.0	167	108	62.3	1 565.8
2 A	1 260.7	551.0	1 133.6	1 684.6	423.9	1 129.1	309.6	187	51	210.2	1 385.6
3 A	1 295.8	620.3	978.8	1 599.2	303.4	1 162.8	445.7	193	74	230.2	1 164.0
4 A	1 328.9	796.9	908.6	1 705.5	376.5	1 195.8	369.3	201	62	288.3	1 053.3
5 A	1 327.9	909.3	769.8	1 679.1	351.2	1 194.6	396.2	200	66	329.2	893.5
0 B	1 060.9	0	1 472.4	1 472.4	411.5	941.5	266.0	157	44	0	2 138.2
1 B	1 173.7	101.9	1 687.6	1 789.4	615.7	1 048.4	198.0	168	32	41.7	2 215.2
2 B	1 195.8	473.7	1 558.5	2 032.2	836.4	1 069.6	148.7	181	25	190.5	2 007.9
3 B	1 241.6	565.0	1 060.3	1 625.3	383.7	1 114.1	337.6	190	58	218.8	1 315.4
4 B	1 262.8	770.3	979.6	1 750.1	481.5	1 135.1	270.8	195	47	293	1 195.3
5 B	1 279.1	808.7	814.3	1 623.0	343.9	1 151.3	389.2	199	67	304	980.6

1 Precio del maíz = US\$ 241.90 por t

2 Precio de la yuca = US\$ 75.50 por t

3 CE/US\$ 116.3 IN = capital efectivo necesario para obtener US\$ 116.3 de ingreso neto.

4 No. jornales/US\$ 116.3 IN = mano de obra en jornales necesario para obtener US\$ 116.3 de ingreso neto.

5 Rendimiento de maíz obtenido por cada US\$ 116.3 de costo total

6 Rendimiento de yuca obtenido por cada US\$ 116.3 de costo total

7 0, 1, 2, 3, 4, 5 plantas de maíz m⁻², FA = 120-200-150 y FB = 90-200-75 de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente.

8 1 US dollar = 8.60 colones costarricenses.

La evaluación económica se basó en los modelos factor-factor y producto-producto, bajo diferentes situaciones de decisión. Estas incluyeron restricciones simples o combinadas de tierra, mano de obra y capital, además del objetivo de obtener un máximo de alimento y eficiencia económica. Los precios utilizados en el análisis fueron los vigentes en Turrialba durante mayo de 1978. Estos incluyeron \$ 75.5 y \$241.9 por tonelada de yuca y maíz respectivamente, con US\$ 1 equivalente a ₡ 8.60

Las diferentes situaciones de análisis muestran que la eficiencia económica de las asociaciones, incluidas en el experimento, es mayor al nivel de fertilización más bajo. Con ese nivel de fertilizantes las soluciones son también más estables frente a cambios en los precios de los productos. La aplicación de más fertilizante tiende a favorecer el monocultivo de yuca o su asociación con bajas poblaciones de maíz en especial frente a un alza relativa en el precio de la raíz. La asociación de una planta de yuca con dos plantas de maíz m⁻², fertilizada con 90, 200 y 75 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente fue la

opción con mayor eficiencia económica bajo todas las situaciones analizadas. La estabilidad de esta solución frente a cambios en los precios de yuca, maíz y mano de obra fue también notable.

Solo una disminución del 61% en el precio de la yuca justificaría intercalar cuatro plantas de maíz, siempre que el precio de este no baje.

Literatura citada

1. BISHOP, C. E. y TOUSSAINT, W. O. Introducción al análisis de economía agrícola. México, LIMUSA. 1977. 262 p.
2. DIAZ, R. O., PINSTRUP-ANDERSEN, P. y DARIO, R. Costos y utilización de insumos en la producción de yuca en Colombia. CIAT. Serie ES-No. 5. 1975. 36 p.
3. FLINN, J. C. Agro-economic considerations in cassava intercropping research. In Proceedings of an international workshop,

- Trivandrum, India. 1978. Intercropping with cassava. Ottawa International Development Research Centre, 1979. pp. 87-101 (ICRC-142e).
4. HART, R. A bean, corn and manioc polyculture cropping system. II. A comparison of the yield and economic returns from monoculture and polyculture cropping systems. *Turrialba* 25(4):377-384. 1975.
 5. MENESES, R. y MORENO, R. A. Efecto de diferentes poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) en la producción de raíces de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) al cultivarlos en asocio I Aspectos agronómicos. *Turrialba*, 33(2):109-116. 1983.
 6. NAVARRO, L. A. Evaluación socioeconómica de la tecnología en estudio. *Turrialba*, Costa Rica, CATIE 1977. 9 p. Documento presentado al Seminario de Sistemas de Producción de Cultivos Anuales, *Turrialba*, Costa Rica.
 7. NAVARRO, L. A. Colección, procesamiento y análisis de información microeconómica generada en experimentos agrícolas en terrenos de agricultores. *Turrialba*, Costa Rica, CATIE, 1977. Documento preliminar. 31 p.
 8. SHENK, M., JOHNSTON, D. y LOCATELLI, E. Evaluación económica de sistemas de producción para pequeños agricultores: el caso de retribución a los factores limitantes. In Reunión Anual del PCCMCA, 24a. San Salvador, 1978. Memoria San Salvador, CENTA, 1978. v3. pp. m51/1.
 9. TRENBATH, B. R. Plant interactions in mixed crops communities. In American Society of Agronomy Multiple Cropping. Madison, Wisconsin, ASA Special publication number 27. 1979. pp. 129-170.
 10. WEBER, E., NESTEL, B. and CAMPBELL, M. eds. Intercropping with cassava. International Workshop held at Trivandrum. India. 1978. Ottawa International Development Research Centre. 1979. 143 p.
 11. WILLEY, R. W. Intercropping. Its importance and research needs. Part 1. Competitions and yield advantages. *Field Crop Abstracts* 32(1):1-10. 1979.
 12. WILLEY, R. W. Intercropping. Its importance and research needs. Part 2. Agronomy and Research Approaches. *Field Crop Abstracts* 32(2):73-85. 1979.

N-CARRIERS, LIGHT AND TEMPERATURE INFLUENCES ON THE FREE AMINO ACID POOL COMPOSITION OF RICE PLANTS¹

MANLIO S FERNANDES*

Resumo

Foi estudada a composição do "pool" de amino ácidos livres em plantas de arroz, recebendo NO_3^- ou NH_4^+ , sob duas combinações de luz e temperatura. A composição em amino ácidos variou em função do teor usado, e da fonte de N. A relação N-amino/N-amido foi menor nas plantas sob NH_4^+ do que nas sob NO_3^- . As plantas sob NO_3^- mostraram uma redução na relação N-amino/N-amido com o aumento da temperatura. O "pool" total foi sempre maior nas plantas sob NH_4^+ do que nas sob NO_3^- . Sob condições de baixa luz e alta temperatura as plantas sob NH_4^+ mostram o maior acúmulo de amino-N livre, tendo as amidas formado 80% do total. Sob essas condições o peso fresco das plantas foi também drasticamente reduzido, sugerindo uma grande mobilização de esqueletos de carbono para a assimilação do N- NH_4^+ em ligações amino e amido. O significado destas diferenças bioquímicas é discutido.

Introduction

The factors that are known to affect the amino acid composition of plants are numerous. Among them: the nitrogen source applied to the plant, the level of application of that source and the effect of light and temperature (1, 9, 10). Weismann (10) demonstrated that NH_4^+ -fed plants accumulate the highest amount of amides while NO_3^- -fed plants accumulate the minimum and that plant supplied with NH_4^+ had more asparagine than glutamine whereas NO_3^- supplied plants had more glutamine than asparagine. In a later work Thenabadu (9) found darkness and heavy nitrogen applications to influence the asparagine content.

The majority of the research dealing with determinations of the N-status of rice plants (7, 8) was done without taking into consideration the energy levels in the environment where the plant grew (4).

The purpose of this investigation was to study the effect of adding two concentrations of NH_4^+ or NO_3^- to on free amino acid composition of rice plants, subjected to different light-temperature regimes.

Two combinations of light and temperature that are expected to occur throughout the growing season in the humid tropics (2) were chosen to study their effect on amino acid composition with added N-carriers and suggest how compositional features of the amino acid pool might be used to evaluate the N-status of rice plants when the energy fluxes in the environment are known.

Materials and methods

Nutrient solutions

A solution containing 3.0 me l^{-1} KH_2PO_4 , 1.0 me l^{-1} CaCl_2 , 6.0 me l^{-1} MgSO_4 with a full complement of micronutrients added as 1.0 ml l^{-1} of a solution of 2.86 gl^{-1} H_3BO_3 , 1.81 gl^{-1} $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 0.22 gl^{-1} $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.08 gl^{-1} $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ and 0.02 gl^{-1} $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ was used as the basal solution in all treatments. Iron was supplied as Fe-citrate (5 ml from a 1 000 ppm Fe solution).

¹ Received for publication on August, 1982.

Contribution from the Department of Soil Science, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Km 47 Ant. Rio São Paulo, Seropédica - 23 460 - Rio de Janeiro - RJ - BRASIL

* Associate Professor of Soil Science.

Two different nitrogen sources at two levels of concentration were added to the basal solution: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ at 20 and 150 ppm N and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ at 20 and 150 ppm N. The pH of NO_3^- solutions was adjusted to 5.5 with dilute HCl. Finely ground CaCO_3 was used to avoid sharp drops in the pH of NH_4^+ solutions (5) keeping the pH around 6.0. Nutrient solutions were renewed every three days.

Growth chamber

The N-supplied plants were submitted to two selected combinations of light and temperature (low light-high temperature and low light-low temperature) in a Sherer programable growth chamber model 511-38.

For the low light-high temperature treatment growth chamber conditions were set at: 35°C, 17 280 lux from incandescent and fluorescent lamps and 12 hr photoperiod.

Settings for the low light-low temperature 12 hr photoperiod were: 17 280 lux and 24°C.

Cultural methods

Seeds of rice (IR-8) were germinated in deionized water, planted in vermiculite and grown for two weeks in an environmental chamber. Chamber conditions for the 12 hour photoperiod were as follows: temperature 28°C, light 8 640 lux. The plants were then transferred to solution culture containers in a growth chamber to receive their treatments.

A total of twenty-four 2-liter polyethylene nutrient solution containers were used in this experiment. Twelve containers were used per each light-temperature treatment and three for each level of N-source. Each container supported four plants held in position by holes in the lids with flexible foam material. Both containers and lids were coated with aluminum foil.

Analytical procedures

Harvesting. Harvesting was performed 10 days after the treatments started. Individual plants were removed from each culture vessel and separated into roots and shoots. Plant tops were weighed and used for further analysis.

Amino-N extraction. The alcohol extraction was performed with a Vir-Tis 45 homogenizer. One gram of plant tissue was homogenized with 20 ml of 80% ethanol. The homogenate was passed through four layers of cheese cloth and the residual cake re-extracted.

Combined extracts were then filtered through Whatman number one filter paper. Pigments and proteins remaining in solution were extracted by partition with chloroform and water. The extract was brought to a 50-ml volume with 80% ethanol and stored at -5°C until analysed.

Quantitative amino acid analysis. The plant extracts (80% ethanol) were evaporated to dryness with a rotatory evaporator under vacuum and temperatures below 40°C. The residue was resuspended in lithium-citrate buffer, pH 1.9. Amino acids were then determined quantitatively by passing 0.5 μ liter of sample through an automatic amino acid analyser. Acidic and neutral amino acids were separated with lithium-citrate buffers as outlined by Bergen, Henneman and Magee (3). The peak areas for the amino acids were calculated by multiplying the height of peak by the width at half of the height. Besides the relative quantities of amino acids in the free pool, ratios of amino acid nitrogen (total amino acid content) to amide nitrogen (asparagine + glutamine) were selected for diagnostic use in rice plants.

Results and discussion

Fresh weight

At low light-low temperature, values for fresh matter production were higher than those obtained at low light-high temperature and were affected only slightly by nitrogen concentration (Table 1).

Fresh weight values in plants under low light-high temperature were low and remained relatively constant with increasing NH_4^+ dosage whereas the values decreased as NO_3^- concentration was increased.

The lower values at low light-high temperatures of plants fed NH_4^+ indicates that this nitrogen source together with higher temperature does place a greater stress on plant growth, while favorable growing conditions result from the same temperature when plants were fed 20 ppm NO_3^- .

Amino acid composition of rice plants fed NO_3^-

Aspartic acid, serine, glutamic acid, alanine, cysteine and the amides asparagine and glutamine were the major amino acid constituents in the free pool. The relationship of these amino acids and amides to the concentration of applied NO_3^- were as shown in Table 3. The free amino acid pool size of plants under low light-high temperature increased with increasing NO_3^- concentration. Large differences in the relative proportions represented by the amides and non-

Table 1. Fresh weight of rice plants (IR-8) grown under two combinations of light and temperature: 1) low light-high temperature (LL-HT) and 2) low light-low temperature, (LL-LT), and supplied with NO₃⁻-N or NH₄⁺-N at two levels.

Treatments		Light and temperature combinations	
N-carrier	N-levels	LL-HT	LL-LT
g/4 plants			
NO ₃	20	2.18	1.87
	150	0.99	1.61
NH ₄	20	0.72	1.67
	150	0.51	1.77
LSD (0.05)		0.26	
Treatment averages		1.10	1.69*

* Differences significant at 0.05

amides were observed. The relative levels of cysteine, aspartic and glutamic acids decreased while the levels of asparagine and glutamine increased with increasing NO₃⁻ concentration. The level of both serine and alanine did not change over the concentration range tested. The amino-N/amide-N ratio was 5.17 in plants fed 20 ppm NO₃⁻ and 2.06 for plants supplied 150 ppm.

Plants under low light-low temperature had a different response to NO₃⁻ concentration. The amino acid pool size was higher for the 20 ppm concentration and the levels of serine, glutamic acid and aspartic acid increased with increasing concentration. The amino/amide ratio was 1.31 for 20 ppm NO₃⁻ plants and 2.05 for 150 ppm.

Apparently, the effect observed upon fresh weight in plants fed NO₃⁻ at low light-high temperature (Table 1), was not due to a change in the amino acid composition. Since there was no accumulation of free amino-N in the tissues of these plants the low values for fresh weight of the plants fed 150 ppm NO₃⁻ might be due to a lack of carbon skeletons in the low light supply, while the higher temperature promotes an increase in the uptake of NO₃⁻. Fernandes (4) has shown that the lower assimilation of NO₃⁻ may be due to its sequestration into the substrate pool without any increase in the NR level or activity. Also, higher temperature affects the uptake of NO₃⁻ and restricts the availability of carbon skeletons; therefore, the effect of NR in this process must be a secondary one.

Stress conditions resulting from higher NO₃⁻ concentration and higher temperatures seemed to promote an increase in the amide content of the free pool, while favorable growing conditions were associated with a more balanced distribution (higher amino/amide ratios). We should note however, that

Table 2. Free amino acids in rice plants (IR-8) grown under low light-high temperature and low light-low temperature conditions, with N supplied as nitrate or ammonium.

Amino Acid	LL-HT								LL-LT							
	Nitrogen supplied (ppm)								Nitrogen supplied (ppm)							
	NO ₃ ⁻				NH ₄ ⁺				NO ₃ ⁻				NH ₄ ⁺			
	20		150		20		150		20		150		20		150	
μMoles	%	μMoles	%	μMoles	%	μMoles	%	μMoles	%	μMoles	%	μMoles	%	μMoles	%	
Asp	1.34	10.5	0.92	5.1	1.70	1.4	3.89	2.3	0.55	3.3	0.79	6.3	0.58	2.7	0.47	1.3
Thre	0.34	2.6	0.62	3.5	1.76	1.4	2.74	1.6	0.51	3.1	0.20	1.6	0.42	2.0	0.58	1.6
Ser	1.75	13.6	2.62	14.6	2.99	2.4	2.95	1.7	0.99	6.0	1.08	8.6	0.89	4.2	0.96	2.6
Asp. NH ₂	0.51	3.9	2.00	11.2	33.31	26.7	21.65	12.5	0.92	5.6	0.41	3.3	5.23	24.4	8.17	22.2
Glut	3.21	25.1	2.92	16.3	6.9	5.5	8.66	5.0	3.80	23.0	3.37	26.9	2.58	12.0	3.57	9.7
Glut NH ₂	1.57	12.3	3.85	21.5	68.14	54.7	122.02	70.5	6.21	37.6	3.69	29.4	9.01	42.0	19.11	51.9
Pro.	nd	nd	1.33	7.4	1.69	1.4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Gly	0.20	1.7	0.22	1.2	0.85	0.7	nd	nd	0.27	1.6	0.19	1.5	0.25	1.2	0.38	1.0
Ala	1.71	13.4	1.91	10.7	3.96	3.2	3.94	2.3	2.37	14.5	1.94	15.5	1.73	8.0	2.44	6.6
Cys	1.75	13.8	0.66	3.7	1.73	1.4	3.64	2.1	0.46	2.8	0.40	3.2	0.39	1.8	0.57	1.5
Ile	0.07	0.5	0.20	1.1	0.41	0.3	0.98	0.6	0.09	0.6	0.08	0.6	0.08	0.4	0.16	0.4
Leu	0.10	0.8	0.26	1.5	0.40	0.3	1.03	0.6	0.13	0.8	0.15	1.2	0.10	0.5	0.19	0.5
Tyr	0.13	1.0	0.15	0.8	0.23	0.2	0.33	0.2	0.10	0.6	0.12	1.0	0.08	0.4	0.14	0.4
Phen.	0.12	0.9	0.27	1.5	0.42	0.3	1.17	0.7	0.10	0.6	0.12	1.0	0.10	0.5	0.10	0.3
Total	12.80	100	17.93	100	124.50	100	173.00	100	16.50	100	12.54	100	21.45	100	36.84	100
Amino/amide	5.17		2.06		0.23		0.20		1.31		2.05		0.51		0.35	

nd = none detected

the contents of alanine and serine, making up a significant amount of the pool, did not show interactions with NO_3^- concentration. It is interesting to note that when the amino acid pool has a more favorable composition (amino/amide) it has a smaller content of total free amino-N indicating a better utilization of the amino acids by plants.

Amino acid composition of rice plants fed NH_4

At low light-high temperature an increase in the pool size of free amino acids with increasing NH_4^+ concentration was observed. The levels of asparagine, glutamate, alanine and serine tend to decrease while the level of glutamine increased as the NH_4^+ concentration was increased. Cysteine was only present at high amounts at 150 ppm whereas alanine was present at high amounts at both concentrations. The amino/amide ratio was 0.23 for 20 ppm NH_4^+ -N and 0.20 for 150 ppm.

Under low light-low temperature NH_4^+ -fed plants had a more balanced distribution of amino acids and amides than plants under the previous condition, although the levels of asparagine and glutamine, making the major fraction of the pool, increased with increasing concentration, while the level of glutamate decreased. The amino/amide ratio was 0.51 for the 20 ppm plants and 0.35 for the 150 ppm NH_4^+ -fed plants.

Oji and Izawa (6) suggest that glutamine synthesis is a primary reaction of NH_3 assimilation in plants. The presence of glutamine as the amino compound found in NH_4^+ plants supports this contention. The higher levels of glutamine in plants exposed to higher temperatures and higher NH_4^+ concentration suggest that this might be an adaptive plant feature which accumulates glutamine in order to maintain the proper levels of free- NH_3 in the tissues.

As in NO_3^- -fed plants at low light-high temperature, NH_4^+ -fed plants demonstrated an increase in the amide content promoted by stressing conditions resulting from higher nitrogen concentrations and higher temperatures, while under lower temperatures and lower nitrogen concentrations plants had a more balanced distribution of the amino acids. The imbalance in the amino/amide ratio promoted by the accumulation of amides that become the dominant fraction of the pool could be attributed to a low supply of carbon skeletons plus higher N-uptake as a result of unfavorable light and temperature combinations. Both the total free content of amino acids and the accumulation of amides were higher in NH_4^+ plants than in NO_3^- . The lowest amino/amide ratio (0.20) obtained when higher NH_4^+ concentration and higher

temperatures were used is an indication that this nitrogen source, at unfavorable conditions, does place the greater stress on plant growth.

Conclusions

Experiments on the effect of two concentrations of nitrogen carriers on the amino acid composition of rice plants subjected to two combinations of light and temperature, provide evidence that the amino-N to amide-N ratio varied predictably with N-carriers (N-NH_4^+ x N-NO_3^-) and levels (20 x 150 ppm).

An imbalance in the amino/amide ratio promoted by the accumulation of amides that become the dominant fraction of the pool, was probably due to unfavorable light and temperature combinations, leading to lower supply of carbon skeletons plus higher N-uptake. Under lower temperatures and lower nitrogen concentrations plants showed a better balance in the distribution of amino acids in the free pool.

These results suggest that the composition of the free amino acid pool of rice plants is a sensitive indicator of stressing conditions on plant growth and might be used to evaluate the N-status and general health of plants.

Summary

The composition of the amino acid pool of rice plants receiving either NO_3^- or NH_4^+ at two levels, under two combinations of light and temperature expected to occur in the humid tropics was examined.

Amino acid composition of N-supplied plants varied predictably with the relative extents to which the nitrogen source was used and with growing conditions. The ratios of amino nitrogen to amide nitrogen in the free pool decreased with increasing levels of NO_3^- and with higher temperatures. All plants showed higher proportions of amino acids and amino acids plus amides when relying on NH_4^+ than when utilizing NO_3^- . NH_4^+ -fed plants under low light and high temperature, had the highest amount of total free amino acids of which amides made up 80% of the total pool. The biochemical significances of the above differences in the amino acid composition was discussed.

Literature cited

- 1 BEKMUKHAMEDOVA, N. B. Synthetic activity of the root system of corn during ammonia

- and nitrate nutrition. *Fiziologiya Rastenii* 8:51-54. 1961.
2. BASTOS, T. X. e SA, T. D. A. Boletim Agro-meteorológico. Brasil, IPEAN, Ministério da Agricultura, 1971. 45 p.
 3. BERGEN, W. G., HENNEMAN, H. A. e MAGEE, W. T. Effect of dietary protein level and protein source on plasma and tissue free amino acids of growing sheep. *Journal of Nutrition* 103:575-585. 1973.
 4. FERNANDES, M. S. Effects of light and temperature on the nitrogen metabolism of tropical rice. Ph.D. Thesis. Michigan State University, 1974. 80 p.
 5. KARIM, A. Q. M. B. e VLAMIS, I. Comparative study of the effects of ammonium and nitrate nitrogen in the nutrition of rice. *Plant and Soil* 16:32-41. 1962.
 6. OJI, Y. e IZAWA, G. Quantitative changes of free amino acids and amides in barley plants during ammonia and nitrate and assimilation. *Plant and Cell Physiology* 13:249-259. 1972.
 7. ORITANI, T. e YOSHIDA, R. Studies on N-metabolism in crop plants. VII. The nitrogenous compounds in the bleeding sap and various organs of the crop plants. *Proceedings of the Crop Science Society of Japan* 39:355-362. 1970.
 8. OZAKI, K. Determination of top dressing for rice in the field by the detection of asparagine. *Soil and Plant Food* 1:88-90. 1955.
 9. THENABADU, M. W. Evaluation of the nitrogen nutrition status of the rice plant by plant analysis. *Plant and Soil* 37:41-48. 1972.
 10. WEISSMAN, G. S. Influence of ammonium and nitrate on the protein and free amino acids in shoots of wheat seedlings. *American Journal of Botany* 46:339-346. 1959.

Notas y comentarios

Rodrigo Gámez, Premio Bernardo Houssay 1983

Rodrigo Gámez, científico costarricense, actualmente Director del Centro de Investigaciones en Biología Celular y Molecular de la Universidad de Costa Rica, fue seleccionado para recibir el premio "Bernardo Houssay", otorgado por la Organización de Estados Americanos (OEA), a comienzos de agosto de 1983, por sus investigaciones sobre enfermedades viróticas de cultivos alimenticios importantes para la América Central, sus agentes causantes (entre los que descubrió nuevos tipos de virus), sus insectos transmisores (entre los que halló algunos de familias no señaladas anteriormente como propagadores de la enfermedad).

El Dr. Gámez realizó sus estudios en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica, los que continuó con estudios de posgrado en las Universidades de Florida e Illinois. En el intervalo entre estas dos universidades de los Estados Unidos, el British Council le otorgó una beca de dos años para recibir entrenamiento y realizar investigaciones, en la Estación Experimental de Rothamsted, Inglaterra, sobre la transmisión de virus por insectos.

En su discurso en la ceremonia de entrega del premio, durante las sesiones que el Consejo Interamericano para la Educación, Ciencias y Cultura (CIECC) realizó este año en Kingston, Jamaica, el Dr. Gámez destacó que, poco tiempo después de regresar a Costa Rica, después de sus estudios en Inglaterra y Estados Unidos, fue invitado por el Programa Centroamericano de Mejoramiento de Cultivos y Alimenticios (PCMCA), que funcionaba en el IICA, Turrialba, a trabajar en dos de los cultivos más autóctonos de la región, el maíz y el frijol. Expresó, en este discurso, que América Central no sólo brindó la materia pri-

ma para sus investigaciones, sino una motivación social para contribuir a elevar la calidad de la vida del pueblo. En este ambiente tropical, halló cosas como virus de características hasta ese momento desconocidas; mecanismos peculiares de transmisión; reacción de la planta a la infección, y, un hallazgo inesperado, como el que los cultivos asociados, que realiza el campesino centroamericano desde hace mucho tiempo, constituyen un mecanismo valioso para el combate de las enfermedades viróticas.

Para Turrialba, es particularmente satisfactorio resaltar el desarrollo de la labor del Dr. Gámez. En estas páginas aparecieron, a partir de 1968, algunas de sus primeras contribuciones originales al conocimiento de los virus del maíz y del frijol en América Latina, colaboración que nos es muy grato reconocer, ha continuado hasta la fecha. Otra actividad iniciada por Rodrigo Gámez fue la de investigaciones en equipo con científicos separados por largas distancias, algo que en América Latina era casi desconocido. Aquí también Turrialba, como órgano de la comunidad latinoamericana de científicos en ciencias agronómicas, fue escogida para la publicación de algunos de los primeros resultados de esta cooperación. Así, ya en 1974, publicamos el resultado de estudios ultraestructurales de tejidos de hojas de frijol infectados por dos "strains" del virus del mosaico rugoso del frijol, realizados desde Brasil, Costa Rica y Colombia, por Gámez, Kitajima, Gálvez y Tascon. Esta labor conjunta de virólogos latinoamericanos, iniciada por el Dr. Gámez, ha continuado, incorporándose hasta ahora especialistas de Venezuela, México, Perú y Panamá, creándose así una red, verdadera y funcional, de la que el Dr. Gámez se muestra muy satisfecho, como lo destacó en su discurso en Kingston.

El premio Houssay fue establecido por el CIECC en su tercera reunión, celebrada en Panamá en 1972, y honra la memoria del científico argentino, Dr. Bernardo Houssay, el primer latinoamericano que ganó un Premio Nobel en ciencias. Es otorgado cada año en ciencias biológicas, exactas o agrícolas, y en investigación técnica de importancia para el desarrollo. Está limitado a personas de América Latina. Adalberto Gorbitz.

M. J. QUINTERO*, S. M. GONZALEZ*, C. CALZADA*, M. A. CASTILLO*, M. PEÑA*

Summary

Since 1978, bean inoculation in areas under water stress in the State of Durango have been observed. The project started with the isolation and selection of *Rhizobium phaseoli* strains from uninoculated bean plant nodules.

Studies were assays of strain selections in the laboratory, using Leonard's jar method, the best strains were used in field studies during 1979, 1980 and 1981, and compared with another national and international strains.

The statistical analysis of the results showed that the yields obtained with strains were as good as those with additions of nitrogen.

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un cultivo que se siembra en toda la República Mexicana, cultivándose en 1976 una área total de 2 152 595 ha (15), de las cuales solamente el 8% fue bajo riego. En el mismo año en el Estado de Durango se sembraron 226 600 ha y de éstas el 0.07% fue de riego, con una producción total de 102 900 toneladas (7).

El rendimiento promedio de este cultivo en América Latina es de 590 kg/ha (1) mientras que en México es de 562 kg/ha (7) y en el Estado de Durango es de 454 kg/ha (7). Este rendimiento tan bajo, cuando menos a nivel nacional, se puede atribuir principalmente a que la mayor parte de este cultivo se siembra en tierras de temporal; además se pueden agregar los siguientes factores: a) no se usan variedades mejoradas, b) uso incorrecto de fertilizantes y c) inadecuado control de plagas y malezas (14).

En este trabajo se describen los resultados de la inoculación de frijol bajo condiciones de temporal, obtenidos de experimentos efectuados en los ciclos primavera-verano de los años 1979, 1980 y 1981, utilizando para ello cepas de *Rhizobium phaseoli* aisladas en el lugar en donde se hizo el estudio y comparándolas con otras cepas de eficacia conocida. En la realización de este trabajo se consideraron algunos factores que influyen en la simbiosis bacteria-planta como son: la fertilización adecuada (previo análisis del suelo), la preparación de la tierra, el combate de plagas y malezas y la inoculación de las semillas.

Materiales y métodos

Los trabajos de aislamiento y selección de cepas de *R. phaseoli* a partir de nódulos de plantas de frijol no inoculados, se efectuaron en el laboratorio del Centro de Graduados del Instituto Tecnológico de Durango; los aislamientos se hicieron de acuerdo a la técnica descrita por Vincent (17) y la selección de cepas se hizo con la técnica de jarras de Leonard, descritas por Andrew y Fergus (2). Los trabajos de campo se efectuaron en La Granja "La Ferrería" propiedad del Instituto Tecnológico de Durango. Las condiciones de este lugar se muestran en el Cuadro I. En los trabajos de campo se emplearon todas las técnicas agronómicas recomendadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

¹ Recibido para publicación el 14 de julio de 1982. Se agradece a los Ingenieros Manuel Villarreal y Manuel Robles y al Dr. K. Zebrowski la realización de los análisis estadísticos.

* Instituto Tecnológico de Durango, Centro de Graduados, Apartado Postal 465, Durango, Dgo., México

Durante los 3 ciclos de siembra, los experimentos en el campo se hicieron bajo un diseño de bloques completos al azar, con 14 tratamientos y 5 repeticiones; los tratamientos fueron 12 inoculantes elaborados en pequeña escala con las cepas escogidas de *R. phaseoli*. En la elaboración de inoculantes se siguió la técnica descrita por Date (4). Los otros dos tratamientos fueron un testigo fertilizado con 60 kg N/ha y otro sin fertilización. Las 5 repeticiones de los 12 tratamientos de inoculantes se compararon con los tratamientos de nitrógeno y sin fertilizar, usando una prueba de hipótesis de comparación de medias. En el Cuadro 2 se muestra el origen de los tratamientos usados.

Tanto en los ensayos de laboratorio para la selección de cepas como en aquellos de campo se usó la variedad de frijol "Canario 101", ya que es de uso común entre los agricultores de la región.

La inoculación de las semillas se hizo de acuerdo a Graham (10) y a Roughley (12) y consistió en suspender el inoculante en una solución adherente de sacarosa al 20% P/V y enseguida se impregnaron las semillas hasta quedar completamente cubiertas por el inoculante. Todos los inoculantes se conservaron en refrigeración (4°C) y se aplicaron a lotes de semilla por separado un poco antes de la siembra, en el mismo lugar en donde se hizo el ensayo.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis químicos del suelo, el área útil fue fertilizada a razón de 80 kg P/ha, el cual se aplicó sobre el bordo del surco y se incorporó con rastrillo antes de la siembra. De acuerdo con ensayos de inoculación realizados antes, se ha encontrado que estos suelos no presentan deficiencias de elementos menores que son tan importantes para estos sistemas simbióticos.

La siembra se hizo manualmente depositando las semillas cada 8 cm aproximadamente y dejando una distancia entre surcos de 1 m. Las parcelas consistieron de 4 surcos de 5 metros de largo, los dos

Cuadro 1. Características de clima y suelo de la granja "La Ferrería".

Precipitación media anual	513.5 mm
Temperatura promedio anual	17.8 °C
Altura sobre nivel del mar	1 880 m
Humedad relativa	50-60 %
Clima según Koeppen	BS ₁ kω (e)*
Suelo franco arenoso, pobre en N y P pH	6.5 - 7.0

* Semiseco y templado con lluvias en verano y escasa en todo el año.

Cuadro 2. Relación de los tratamientos utilizados en los experimentos de inoculación de frijol.

Cepa de <i>Rhizobium phaseoli</i>	Origen
CREGIT-DGO 58	Aislada de nódulos de plantas de frijol de la granja "La Ferrería"
CREGIT-DGO 62	Aislada de nódulos de plantas de frijol de la granja "La Ferrería"
CREGIT-DGO 63	Aislada de suelo bajo cultivo de frijol del CAEVAG-INIA.
CREGIT-DGO 64	Aislada de suelo bajo cultivo de frijol del CAEVAG-INIA
NIF-PB	Proporcionada por el Ing. Gregorio Trujillo de Fertimex S. A.
FM-141	Proporcionada por el Ing. Gregorio Trujillo de Fertimex S. A.
FM-142	Proporcionada por el Ing. Gregorio Trujillo de Fertimex S. A.
FM-145	Proporcionada por el Ing. Gregorio Trujillo de Fertimex S. A.
FM-149	Proporcionada por el Ing. Gregorio Trujillo de Fertimex S. A.
FM-157	Proporcionada por el Ing. Gregorio Trujillo de Fertimex S. A.
FM-138	Proporcionada por el Ing. Gregorio Trujillo de Fertimex S. A.
CIAT-632	Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
Parcelas tratadas con 60 kg N/ha	
Control sin fertilización	

surcos centrales fueron los que se ocuparon para el muestreo y los dos laterales se consideraron como bordes.

La maleza se eliminó con 2 escardas a intervalos de 20 días y la plaga de conchuela (*Epilachna* sp), se atacó con Sevin al 80% con dos aplicaciones de 1.5 kg/ha.

Los ensayos de selección de cepas de *R. phaseoli* se basaron en la formación, número, tamaño y color interior de los nódulos por planta, así como en la determinación del peso de la parte aérea de las plantas. Todos estos ensayos se acompañaron de controles con y sin nitrógeno.

Para la evaluación de los ensayos en el campo se efectuaron las mismas determinaciones; una a los 25 días después de la germinación y la otra en la floración de las plantas (50 días). Además, en la cosecha se determinó el rendimiento de grano por hectárea.

Resultados y discusión

Se aisló un total de 15 cepas de *R. phaseoli* de nódulos de plantas no inoculadas, colectadas en diferentes partes del Estado de Durango. De éstas, previa selección en jarras de Leonard y utilizando la variedad de frijol "Canario 101" como huésped, resultaron eficaces solamente 4, que son las que se utilizaron en los experimentos de campo junto con las obtenidas de otros laboratorios (Cuadro 2).

En el ciclo primavera-verano de 1979 solo se obtuvieron resultados de nodulación y materia seca en el primer muestreo (25 días), pero estos datos no fue posible analizarlos debido a la gran variación que mostraron. La escasez de lluvias en toda la temporada afectó el desarrollo general de las plantas, incluso en este ciclo se perdió el 90% de la producción nacional de este grano. Otros investigadores han descrito variaciones en la formación de nódulos, materia seca y reducción de acetileno por falta de humedad (11, 13)

En relación al ciclo primavera-verano de 1980, se hicieron muestreos de nódulos y determinaciones de materia seca de la parte aérea de las plantas a los 25 y 50 días, y al final de la cosecha, se determinó el rendimiento de grano por hectárea (Cuadros 3 y 4).

La cantidad de nódulos formados a los 25 días fue escasa e inferior a la encontrada a los 50 días, esto podría atribuirse a la falta de lluvias en los primeros días después de la siembra. En el segundo muestreo el único tratamiento que sobresale en relación a la formación de nódulos es FM-141 aunque su peso y el peso seco de la parte aérea de las plantas no

Cuadro 4. Rendimiento de grano en el experimento de inoculación de frijol, con varias cepas de *Rhizobium phaseoli* Ciclo Primavera-Verano 1980. (Promedio de 5 repeticiones).

Tratamiento	Rendimiento de grano/10 plantas g	Rendimiento de grano* kg/ha
CREGIT-DGO 58	73	584
CREGIT-DGO 62	83	664
CREGIT-DGO 63	69	488
CREGIT-DGO 64	146	1 168
NIF-PB	123	984
FM-141	128	1 024
FM-142	138	1 104
FM-145	76	608
FM-149	101	808
FM-157	126	1 008
FM-138	96	768
CIAT-632	113	904
Parcelas fertilizadas con 60 kg N/ha	113	904
Parcelas sin fertilización	115	920

* Considerando 80 000 plantas por hectárea.

Cuadro 3. Efecto de la inoculación del frijol "Canario 101" con varias cepas de *Rhizobium phaseoli* (Promedio de 5 repeticiones) ciclo Primavera-Verano 1980.

Tratamiento	No. de nódulos en 5 plantas a los 25 días	Peso fresco de nódulos a los 25 días g/5 plantas	Materia seca parte aérea a los 25 días g/5 plantas	No. de nódulos en 5 plantas a los 50 días	Peso fresco de nódulos a los 50 días g/5 plantas	Materia seca parte aérea a los 50 días, g/5 plantas
CREGIT-DGO 58	8	0 03	8	28	0 06	51
CREGIT-DGO 62	12	0 11	10	32	0 06	45
CREGIT-DGO 63	3	0 03	10	22	0 05	32
CREGIT-DGO 64	9	0 09	8	27	0 08	55
NIF-PB	11	0 10	8	16	0 04	71
FM-141	2	0 09	8	57	0 10	51
FM-142	13	0 09	9	18	0 07	35
FM-145	10	0 05	7	28	0 05	47
FM-149	6	0 02	10	33	0 06	77
FM-157	10	0 05	9	15	0 04	66
FM-138	4	0 03	8	6	0 02	53
CIAT-632	2	0 04	9	15	0 02	49
Parcelas fertilizadas con 60 kg N/ha	6	0 02	7	4	0 01	66
Parcelas sin fertilización	14	0 10	8	35	0 19	61

concuenda. En general se puede decir que no hay correlación positiva entre los 3 parámetros determinados en ambos muestreos. En los dos muestreos, las plantas tratadas con nitrógeno (60 kg/ha) presentaron muy pocos nódulos, esto podría deberse a que los fertilizantes nitrogenados inhiben la formación de nódulos y por lo tanto, la fijación del nitrógeno atmosférico (5, 8, 11 y 13). En lo que respecta a los resultados obtenidos de los tratamientos sin fertilización, en el primer muestreo, se observa que este tratamiento supera a todos los demás en número de nódulos y en el segundo muestreo sólo es superado por el tratamiento FM-141. Esto manifiesta la presencia de cepas nativas de *R. phaseoli*. En resumen, en estos muestreos, no hay diferencias significativas entre los tratamientos.

En este mismo ciclo agrícola, no hubo diferencias significativas de materia seca de la parte aérea, entre los tratamientos, incluso contra el tratamiento fertilizado y sin fertilización (Cuadro 3).

No se encontró diferencias significativas en rendimiento de grano por hectárea, entre los tratamientos y entre los controles, aunque si hay resultados que compiten contra el tratamiento fertilizado (Cuadro 4). Las mejores cepas fueron, CREGIT-DGO 64, FM-142, FM-141 y FM-157 con rendimiento de 1 168, 1 104, 1 024 y 1 008 kg/ha respectivamente. Algunos tratamientos como las cepas CREGIT-DGO 58, CREGIT-DGO 62, CREGIT-DGO 63 y FM-145 mostraron rendimientos similares a aquellos obtenidos en el Estado de Durango sin inocular la semilla.

Los resultados obtenidos en el ciclo primavera-verano de 1981 relacionados con el número y peso

fresco de los nódulos y el peso de la materia seca de la parte aérea se muestran en el Cuadro 5. Se encontró diferencias significativas en la formación de nódulos en ambos muestreos con una correlación positiva entre el número de nódulos formados y su peso fresco, lo cual no sucedió en el ciclo de 1980. En el primer muestreo se observa una inhibición de la formación de nódulos en las parcelas fertilizadas con nitrógeno que no se repite en el segundo muestreo. En el segundo caso, los resultados obtenidos en los controles fertilizados superan en número a varios tratamientos inoculados, aunque no hay entre ellos diferencias significativas. En este ciclo de siembra, se vuelve a repetir el efecto del fertilizante nitrogenado sobre la formación de nódulos (5, 8 y 13). En ambos muestreos se nota que en las parcelas sin fertilización ni inoculación hay una buena formación de nódulos, sobre todo en los primeros 25 días, superando a otros tratamientos en lo que respecta al número de nódulos, aunque no hay diferencias en materia seca contra los tratamientos inoculados. A los 50 días el número de nódulos fue inferior en forma significativa contra los demás tratamientos, lo mismo se puede decir en relación al peso de materia seca. El hecho de que haya formación de nódulos en las parcelas sin inoculación, manifiesta la presencia de cepas nativas de *R. phaseoli*. En varios trabajos que se han realizado en diferentes regiones del país, se han descrito la presencia de cepas nativas de *R. phaseoli* que a veces han sido tan eficaces como los demás tratamientos (6, 9 y 16). En el presente caso, el rendimiento de grano obtenido en las parcelas sin inoculación y sin fertilización, no presenta diferencias significativas contra los demás tratamientos (Cuadro 6). Este hecho no significa que no haya que inocular las semillas en estas zonas, sino que se debe aislar y seleccionar mejores cepas.

Cuadro 5. Número y peso fresco de nódulos, así como de materia seca por planta obtenidos en los dos muestreos del experimento de inoculación de frijol en el ciclo 1981.

Tratamiento	No. de nódulos en 5 plantas a los 25 días	Peso fresco de nódulos a los 25 días g/5 plantas	Materia seca parte aérea a los 25 días g/5 plantas	No. de nódulos en 5 plantas a los 50 días	Peso fresco de nódulos a los 50 días g/5 plantas	Materia seca parte aérea a los 50 días g/5 plantas
CREGIT-DGO 58	15	0.01	8	190	0.33	80
CREGIT-DGO 62	40	0.03	10	145	0.41	90
CREGIT-DGO 63	95	0.04	10	265	0.63	75
CREGIT-DGO 64	175	0.14	20	135	0.21	85
NIF-PB	75	0.04	20	350	0.51	125
FM-141	50	0.05	20	195	0.35	97
FM-142	120	0.11	23	140	0.25	85
FM-145	55	0.01	18	125	0.37	85
FM-149	45	0.01	25	205	0.25	140
FM-157	60	0.01	25	155	0.19	105
FM-138	90	0.06	20	75	0.12	80
CIAI-632	95	0.07	25	275	0.44	90
Parcelas fertilizadas con 60 kg N/ha	14	0.05	18	160	0.25	85
Parcelas sin fertilización	65	0.01	20	95	0.18	65

No se encontró diferencias significativas en rendimiento de grano (Cuadro 6), entre los tratamientos y los controles fertilizados y sin fertilización. En esta ocasión, al igual que en el ciclo de 1980, aunque no hubo diferencias significativas en el rendimiento de grano, si hubo un incremento marcado en algunos tratamientos haciéndolos competitivos contra la aplicación de nitrógeno, que es en realidad lo que se busca.

En 1980, las mejores cepas fueron la CREGIT-DGO 64, FM-142, FM-141 y FM-157 con un rendimiento de 1 168, 1 104, 1 024 y 1 008 kg/ha respectivamente. En 1981 fueron NIF-PB, FM-157, CREGIT-DGO 58 y FM-145 con un rendimiento de 1 440, 1 440, 1 360, 1 360, 1 360, 1 280 y 1 280 kg/ha respectivamente. Se desprende que solo la cepa FM-157 sobresale en los dos años, el resto de las cepas tuvo un comportamiento variable al comparar los rendimientos obtenidos en los dos años, se nota que en 1981 hubo un incremento general en todos los tratamientos, incluyendo los controles, debido a que éste fue un mejor año agrícola ya que las lluvias se presentaron con mayor regularidad.

Los resultados de los tratamientos que superan, o son similares en rendimiento al tratamiento que consistió en la aplicación de 60 kg N/ha, hacen suponer

que las bacterias simbióticas le están proporcionando a las plantas más de 60 kg N/ha, lo cual ya ha sido descrito por otros investigadores (10, 13).

Conclusiones

A pesar de que los análisis de los resultados muestran que no hay incrementos significativos en los rendimientos entre las parcelas inoculadas, ni entre éstas y las parcelas con y sin fertilización, se nota que en general hay un efecto de la inoculación de las semillas con las rizobias, ya que los rendimientos compiten con aquellos obtenidos con la aplicación de nitrógeno. Si se considera el costo de los fertilizantes nitrogenados contra el costo de los inoculantes y su aplicación, se nota que resulta más ventajoso el uso de estos productos.

En todos los experimentos fue notoria la presencia de cepas nativas, en algunos casos tan eficaces como algunas de las cepas seleccionadas, indicando que se debe seguir aislando y seleccionando cepas de *R. phaseoli* constantemente, si se quiere recomendarlas para la elaboración de inoculantes. La presencia de cepas nativas eficaces en la formación de nódulos y en la fijación de nitrógeno en algunas partes de México, ya ha sido descrita en otros trabajos (6, 9 y 16).

Cuadro 6. Rendimiento de grano, en el experimento de inoculación de frijol con varias cepas de *Rhizobium phaseoli*. Ciclo Primavera-Verano 1981. (Promedio de 5 repeticiones).

Tratamiento	Materia seca grano/5 plantas 50 días	Rendimiento de grano/10 plantas g	Rendimiento de grano* kg/ha
CREGIT-DGO 58	80	155 a	1 280
CREGIT-DGO 62	90 b	123	960
CREGIT-DGO 63	75	149 a	1 360
CREGIT-DGO 64	85	146 a	1 200
NIF-PB	125 c	178 a	1 440
FM-141	97 c	152 a	1 200
FM-142	85	150 a	1 200
FM-145	85	156 a	1 280
FM-149	140 c	154 a	1 200
FM-157	105 b	181 a	1 440
FM-138	80	165 a	1 360
CIAT-632	90 b	165 a	1 360
Parcelas fertilizadas con 60 kg N/ha	85	149 a	1 200
Parcelas sin fertilización	65	132 a	1 040

* Considerando un promedio de 80 000 plantas por hectárea.

- a No hay diferencia significativa respecto al nitrógeno y a las parcelas sin fertilización.
- b Hay diferencia significativa respecto a las parcelas sin fertilización.
- c Hay diferencia significativa respecto a las parcelas fertilizadas y aquéllas sin fertilización.

Se encontró gran variación en el efecto de la inoculación del frijol, ya que el comportamiento de las cepas en ambos ciclos agrícolas es diferente. Las mejores cepas de 1980 no sobresalen en 1981 excepto FM-157. Esto ya ha sido descrito por algunos investigadores (11, 13), quienes señalan a la humedad del suelo y a los fertilizantes como la causa principal.

Los resultados, aunque no han sido los esperados, permiten recomendar el uso de los inoculantes para frijol, siempre y cuando estos productos sean elaborados con cepas seleccionadas para la zona en donde se van a usar, se garantice la calidad de éstos y se consideren algunos factores como son la fertilización adecuada del suelo y la aplicación correcta del inoculante a la semilla.

Resumen

Desde 1978 se han venido realizando trabajos para observar el efecto de la inoculación de frijol en zonas de temporal en el Estado de Durango. Se empezó con el aislamiento y selección de cepas de *Rhizobium phaseoli* de nódulos de plantas de frijol no inoculadas.

Primeramente los estudios consistieron en ensayos de selección de cepas en el laboratorio, utilizando jarras de Leonard y posteriormente efectuaron trabajos en el campo durante 1979, 1980 y 1981. En los experimentos de campo, los tratamientos fueron inoculantes elaborados en pequeña escala con las mejores cepas seleccionadas y otras cepas obtenidas de otros laboratorios nacionales y extranjeros.

Los análisis estadísticos de los resultados mostraron que los rendimientos de algunas cepas (inoculantes), son tan buenos como aquellos de los tratamientos fertilizados con nitrógeno.

Literatura citada

1. ALVAREZ, E. El cultivo del frijol en América Latina. In IX Reunión Latinoamericana de Fítotecnia, Panamá, 1974
2. ANDREW, C. S. y FERGUS, I. F. Techniques in plant nutrition and the soil fertility survey. In: Some concepts and methods in subtropical pasture research. CSIRO. Bulletin 47. 1968.
3. CUAUTLE, E., NUÑEZ, R., VALDES, M. Efecto de la fumigación sobre comportamiento de 3 cepas de *Rhizobium* y sobre el rendimiento de frijol. In: IX Reunión Latinoamericana sobre *Rhizobium*, Cocoyoc, Morelos, México 1978.
4. DATE, R. A. Microbiological Problems in the inoculation and nodulation of legumes. *Plant and Soil*. 32:703-725. 1970.
5. DE MOOY, C. J., PESEK, J. y SPALDON, E. Mineral nutrition. In: CALDWELL, B. E., ed. Soybean: improvement production and uses. Madison, Wis., American Society of Agronomy, 1973 pp. 267-341. 1973.
6. FUENTES, T. M. Respuesta a la inoculación en 11 variedades de frijol (*Phaseoli vulgaris* L.) y sus diferencias en nodulación. In: IX Reunión Latinoamericana sobre *Rhizobium*, Cocoyoc, Morelos, México. 1978
7. INFORMACION AGROPECUARIA. México. Dirección General de Economía Agrícola, SARH, 1976.
8. LONERAGAN, J. F. The soil chemical environment in relation to symbiotic nitrogen fixation. Bulletin IAEA No. 149. 1972. pp. 1754.
9. PALACIOS, H. A., MARTINEZ, M. S. y TRUJILLO, G. Selección de cepas de *Rhizobium phaseoli* para la producción de inoculantes comerciales. In: IX Reunión Latinoamericana sobre *Rhizobium*, Cocoyoc, Morelos, México, 1978.
10. GRAHAM, P. H. Comunicación personal, 1975.
11. GRAHAM, P. H. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L.: A review. *Field Crops Research* 4:93-112. 1981
12. ROUGHLEY, R. J. The preparation and use of legume seed inoculants. *Plant and Soil* 32:675-701. 1970.
13. RUSCHEL, A. P., REUSZER, H. W. Factores que afetam a simbiose *Rhizobium phaseoli* - *Phaseolus vulgaris*. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Serie Agronomia 8:287-292. 1973.
14. SERIE DE MANUALES PARA LA EDUCACION AGROPECUARIA. Producción Vegetal: Frijol y Chicharo. México. Dirección

General de Educación Tecnológica Agropecuaria, SEP, 1978.

15. TRUJILLO GONZALEZ, G. Perspectivas de la inoculación de leguminosas de grano en México. In: VII Reunión Latinoamericana sobre *Rhizobium*, Cali, Colombia, 1976
16. VALDES, M., ANDRADE, A. E., RODRIGUEZ, H., y MAYA F. J. Potencialidad de cepas

nativas de *Rhizobium phaseoli* en la región del Bajío. In: IX Reunión Latinoamericana sobre *Rhizobium*, Cocoyoc, Morelos, México 1978.

17. VINCENT, J. M. A manual for the practical study of the root-nodule bacteria. Oxford Blackwell Scientific Publications, 1970, (I.B.P. Handbook No. 15)

Notas y comentarios

La caoba en peligro

La caoba podría llegar a ser, alrededor de 1990, una madera comercialmente extinta, según un informe publicado en la revista de la Sociedad para la Preservación de la Fauna y de la Flora, *Oryx* (Vol. 17, p. 88). Sabina Knees, de la Royal Horticultural Society y Martin Gardner, del Windsor Great Park, sugieren que el comercio de todas las caobas (unas 23 especies) debería ser controlado por la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas.

En la actualidad, sólo se exige permiso a los exportadores de la caoba de la Costa Pacífica, *Swietenia humilis*. Knees y Gardner sugieren que todas las otras caobas verdaderas del género *Swietenia* de Centro y Sudamérica, y *Khaya* de África Occidental, deberían ahora también ser protegidas. Esta protección se podría extender a especies no meliáceas que tienen madera parecida a la caoba y que se venden como caoba filipina (especies de *Shorea* y *Parashorea* de la familia de las dipterocarpaceas).

En la década pasada, las empresas madereras se han vuelto hacia la caoba filipina, conforme ha declinado la oferta de la caoba verdadera y de otras maderas tropicales, debido a la explotación en gran escala de los bosques húmedos tropicales. Adalberto Gorbitz.

Orquídeas sin tallos ni hojas

La vida sin hojas podría parecer una perspectiva sombría para cualquier planta, pero para algunas orquídeas esta carencia es esencial para su supervivencia allá arriba en el dosel forestal. Las orquídeas sin tallo se desarrollaron debido a la competencia por nutrientes y espacio en el piso del bosque. Estas orquídeas epífitas, a la vez acaules y afilas, han llegado a ser tan modificadas que son ahora apenas una flor en un tallo muy reducido, sostenido por un sistema radical especializado. David Benzig y sus colegas del Oberlin College, Ohio, han descubierto adaptaciones que permiten a las orquídeas sin tallo enfrentarse a su habitat (*American Journal of Botany*, Vol. 70, p. 121)

Las raíces de estas orquídeas están destinadas a maximizar la absorción de agua y minerales. Células grandes, no lignificadas, contráctiles, en el velamen de las raíces, actúan como esponjas, absorbiendo el agua rica en nutrientes. Este almacenamiento interno del agua significa que las orquídeas sin tallo no dependen de una fuente externa, constante, de agua

Una orquídea sin tallo ni hojas también tiene que fotosintetizar y, en la ausencia de hojas, son las raíces aéreas verdes las que tienen que fijar el carbono que suministra la mayor parte de la energía.

En la mayor parte de las plantas, las hojas intercambian oxígeno y dióxido de carbono con el ambiente, por vía de los estomas. En las orquídeas sin tallo, el intercambio de gases se efectúa en las raíces. Células llenas de aire, los neumátodos, se conglomeran para formar puntos de aereación. Los estudios

anatómicos de Benzig revelan pares de células, engrosadas debajo del punto de aereación, que operan como un mecanismo de abrir y cerrar. Estas células permiten que el aire entre en los espacios internos. Pero, a diferencia de los estomas, no presentan ritmos diurnos de apertura y cierre. Responden más bien al contenido de humedad del aire, abriéndose cuando los niveles de vapor son altos y cerrándose en atmósferas secas, para evitar pérdidas de agua.

Las raíces de estas singulares orquídeas actúan como órganos para la nutrición con agua y minerales así como también para el intercambio de gases. El éxito de este grupo de planta puede ser debido a su capacidad para equilibrar eficazmente estos dos papeles distintos. Adalberto Gorbitz.

Conservacionistas de Costa Rica reciben el Premio Getty

Dos conservacionistas de Costa Rica, Mario A. Boza y Alvaro Ugalde, han sido nombrados como recipientes del Premio Paul Getty de Conservación de la Vida Silvestre correspondiente a 1983, por haber creado y desarrollado, en este pequeño país de América Central, un sistema de Parques Nacionales que se considera el mejor del continente americano.

Mario Boza, egresado de la Escuela de Graduados del IICA, Turrialba, en 1969, demostró su interés en los parques nacionales con su tesis sobre un plan de

manejo y desarrollo del Parque Nacional Volcán Poás. Realizó estudios sobre el establecimiento de parques nacionales en países en desarrollo, los que presentó en reuniones mundiales (Yellowstone, EE.UU., 1972) y continentales (Iguazú, Argentina, 1973). En 1970 fue nombrado como el primer Director del Servicio de Parques Nacionales de Costa Rica, el que se había creado, gracias a sus gestiones, poco antes.

Alvaro Ugalde sucedió a Mario Boza y es el actual director del servicio, y ha continuado la labor que inició su compañero de equipo. De profesión biólogo, es egresado de la Universidad de Costa Rica, y de la Universidad de Michigan.

Con una superficie total de sólo la mitad de Islandia, Costa Rica tiene ahora 20 parques nacionales y reservas naturales equivalentes, que cubren más de cuatro mil kilómetros cuadrados, que representan el 8 por ciento de la superficie total del país. Las áreas protegidas abarcan desde bosques húmedos y volcanes, hasta arrecifes de coral y playas de desove de tortugas marinas.

Establecido en 1974, el Premio Getty, que asciende a US\$ 50 000, ha tomado como modelo al Premio Nobel para enfocar la atención del mundo hacia la conservación como prioridad vital. Se otorga anualmente, siendo el actual el séptimo que se entrega. El año pasado, los premiados fueron también latinoamericanos, la Dra. María Teresa Jorge Padua y el Dr. Paulo Nogueira Neto, ambos del Brasil. Adalberto Gorbitz.

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENO-FOSFATADA SOBRE EL CRECIMIENTO
OTOÑO-INVIERNAL Y LA ABSORCIÓN DE FOSFORO
EN TEPES DE UN PASTIZAL NATURAL¹ /

R. E. MENDOZA*
D. H. COGLIATTI*
M. B. COLLANTES*
M. KADE*

Summary

The effect of fertilization with triple superphosphate and ammonium sulfate on the botanical composition and dry matter production in pods of a pasture of naturalized species was studied during an autumn-winter period. The fertilizer-P was labelled with ³²P in an attempt to determine cause affect relationships between fertilizer-P recovery and changes in botanical composition.

Blocks of soil having undisturbed plant cover were excavated and kept at field capacity in wooden boxes, they were fertilized with 0, 90, 180 or 360 kg N/ha and 0, 45 or 90 kg P₂O₅/ha in a factorial design.

The boxes were harvested at 56.92 and 134 days after the fertilization, and plant cover was divided in five fractions: Gaudinia fragilis-Lolium multiflorum, Paspalum dilatatum-Stenotaphrum secundatum, legumes, forbs and graminoids.

The fertilization with both nutrients increased the proportion of Gaudinia-Lolium and decreased that of the other fractions. Dry matter accumulation was increased thrice by both fertilizers applied together, but each one did not have any effect by itself. The recovery of ³²P was greatest from the Gaudinia-Lolium fraction with respect of the others but, in fact, it did not explain the predominance of the Gaudinia-Lolium fraction as a result of P-fertilization.

Introducción

La Depresión del Río Salado ocupa 58 000 km² de la provincia de Buenos Aires y aproximadamente el 75% del área está ocupada por pastizales naturales destinados principalmente a la cría de ganado. Una de las comunidades más productivas de la Depresión es la denominada "flechillar" por Vervoost (27).

Existen diversos trabajos que han demostrado la existencia de deficiencias minerales para el crecimiento

de vegetal en los "flechillares". Estas deficiencias corresponden fundamentalmente a nitrógeno (10) y fósforo (3, 14, 19).

La mayor producción de estos pastizales ocurre en primavera (9, 25), mientras que los menores rendimientos se producen en invierno y verano.

La fertilización de estas comunidades ha provocado sustanciales incrementos en los rendimientos y modificaciones en su composición florística (9). Los mayores aumentos en la producción como consecuencia de la fertilización coinciden con los máximos de producción de otoño y primavera, épocas en las cuales se practica, comúnmente, las fertilizaciones de praderas. Sin embargo, se dispone de poca información detallada del efecto de la fertilización sobre la producción invernal, estación durante la cual existe un déficit neto de forraje.

¹ Recibido para publicación el 6 de octubre de 1982.

* Centro de Ecofisiología Vegetal (CONICET-FECIC-Fundación Miguel Lillo) Serrano 665, 1414 Buenos Aires, Argentina.

El estudio de fertilización en pastizales plantea con frecuencia el serio problema de la elección de superficie homogéneas para la distribución de los tratamientos. La Depresión del Río Salado presenta irregularidades de microrrelieve que determinan heterogeneidad en las condiciones edáficas y un intrincado patrón de distribución de las especies que constituyen la comunidad vegetal. Por lo tanto, para realizar este ensayo, se consideró apropiado emplear porciones del sistema suelo-planta (tepes) en su estado natural, que permitieron obtener una aceptable homogeneidad florística y edáfica, al tiempo que facilitaron la utilización de fertilizante fosfatado marcado ^{32}P . Esta metodología fue utilizada por primera vez por Gómez Gutiérrez y Lucena Conde (11) en estudios de fertilización de comunidades vegetales de la provincia de Salamanca (España).

Materiales y métodos

Suelo y comunidad vegetal

El estudio se realizó en un pastizal natural del Partido de Chascomús (Provincia de Buenos Aires). La comunidad vegetal analizada está caracterizada por las especies *Lolium multiflorum*, *Stenotaphrum secundatum*, *Gaudinia fragilis*, *Paspalum dilatatum* y *Bothriochloa laguroides*, en términos generales corresponde a la denominada "flechillar" (*Stipo-Bothriochloetum*) por Vervoort (27) y a la comunidad B posiblemente variante 1 con *Paspalum dilatatum* y *Carduus acanthoides* según el criterio de León (16). Está asentada sobre un suelo Natracuol típico (Miaczynski, com pers.), pH (H_2O 1:2.5) de 5.75, 3 ppm; P asimilable (Bray 1), 3.84% de materia orgánica (Walkley-Black) y 0.256% de N total (Kjeldahl).

Se utilizaron panes de suelo (tepes) de 30 cm de largo, 25 cm de ancho y 20 cm de profundidad, con su cobertura vegetal, sacados del horizonte superficial con un extractor metálico de manera tal que no se produjeran alteraciones serias en la estructura del suelo.

Los tepes fueron extraídos a fines del mes de abril. El criterio empleado para su selección fue: a) homogeneidad florística, b) porcentaje de cobertura de *Paspalum dilatatum* y *Stenotaphrum secundatum* no menor de 20, c) presencia de leguminosas (*Lotus tenuis*, *Adesmia bicolor* y/o *Trifolium repens*) y d) uniformidad de suelo.

Dichos tepes se colocaron dentro de cajones de madera forrados con plástico, cuyas bases tenían un orificio para recoger los percolados y recircularlos. Posteriormente se rellenaron con arena los espacios que pudieron haber quedado entre las paredes del pan de suelo y el cajón.

Los cajones se colocaron al aire libre, se regaron con agua desmineralizada y, durante todo el experimento, se mantuvo el suelo en niveles cercanos a la capacidad de campo. Antes de la fertilización se cortó el tapiz vegetal a 4 cm de altura.

Composición florística

Al comenzar el experimento se realizaron censos fitosociológicos completos. A cada especie se le asignó un índice de abundancia-cobertura según la escala de Braun-Blanquet (1).

Tratamientos

El diseño experimental fue un factorial, con cuatro niveles de nitrógeno que correspondieron a: 0, 90, 180 y 360 kg N/ha ($\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$), y tres niveles de fósforo: 0, 45 y 90 kg P_2O_5 /ha (superfosfato triple). La fuente de fósforo se marcó con 600 μCi ^{32}P /g P_2O_5 .

Producción de materia seca aérea

Se realizó cosechas a los 56, 92 y 134 días desde la fertilización. Antes de cada cosecha se efectuó censos de vegetación y el material, luego de cortado, se separó en cinco fracciones: *Gaudinia fragilis-Lolium multiflorum*, *Paspalum dilatatum-Stenotaphrum secundatum*, leguminosas, hierbas de hoja ancha y "graminoides"; esta última, estuvo compuesta por el resto de las gramíneas y ciperáceas. Se determinó el peso seco de cada fracción después de 48 h de secado a 70°C.

Concentración de fósforo y radiactividad en la materia seca aérea

El fósforo total se determinó por calcinación del material vegetal a 500°C, digestión de las cenizas con ácido clorhídrico (21) y cuantificación por el método del color amarillo del complejo vanadomolibdofosfórico, en un sistema acidificado con ácido nítrico (13).

El fósforo radiactivo se determinó por el método de Gérenkov (4) en un contador de centelleo líquido sobre una alícuota de las digestiones realizadas anteriormente.

Debido al decaimiento del ^{32}P , la medición del fósforo radiactivo se realizó únicamente en el primer corte. Por lo tanto, las determinaciones correspondientes a "Porcentaje del fósforo proveniente del fertilizante" y "Recuperación del fósforo aplicado" que se detallan a continuación se refieren exclusivamente a la primera cosecha (56 días).

Porcentaje de fósforo en la parte aérea proveniente del fertilizante (Pfa)

El Pfa se calculó mediante la siguiente relación:

$$\% Pfa = \frac{\% {}^3P \text{ en parte aérea}}{\% P \text{ total en parte aérea}} \times 100$$

Recuperación del fósforo aplicado (Rfa)

La Rfa se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$\% Rfa = \frac{{}^3P \text{ en parte aérea}}{P \text{ aplicado}} \times 100$$

Fósforo extraído como porcentaje del fósforo aplicado (Efa)

La Efa se estima restando al fósforo extraído por las plantas en los tratamientos fertilizados, el extraído en los testigos correspondientes. Si bien este valor está influido por el fósforo nativo del suelo, es de suma utilidad cuando no se pueden realizar mediciones de 3P (10, 28).

$$Efa = \frac{P_{tf} - P_{to}}{P \text{ aplicado}} \times 100$$

donde P_{tf} es el fósforo en parte aérea de los tratamientos fertilizados con superfosfato y P_{to} es el fósforo en parte aérea de los tratamientos testigos.

Resultados y discusión

Composición florística

La composición florística del pastizal fue afectada por la fertilización (Cuadro 1). En los relevamientos previos a la fertilización las especies estivo-otoñales presentaron valores mayores de abundancia-cobertura que las invierno-primaverales, que en ese momento comenzaban su ciclo.

Al finalizar el ensayo (134 días) (Cuadro 1) se observó que el aumento de la dosis de nitrógeno disminuyó el número total de especies presente; este efecto fue más notable cuando la dosis de fósforo fue mayor. Este resultado coincide con lo señalado en otros trabajos (5, 6).

La cobertura de *Gaudinia-Lolium* se incrementó con las mayores dosis combinadas de sulfato de amonio y superfosfato. Contrariamente, en esos tratamientos, *Hypochoeris* sp. tendió a disminuir. Con respecto a las leguminosas no se observó una tendencia definida con relación a la fertilización; su mayor o menor abundancia al finalizar el ensayo estaría posiblemente relacionada con la abundancia inicial.

En cuanto a la producción de materia seca (Fig. 1), la tendencia general fue un aumento del porcentaje de la fracción *Gaudinia-Lolium*. Esta alcanzó en los tratamientos que combinaron las mayores dosis de ambos fertilizantes el 62.87 y 88% del total en la

Cuadro 1. Principales especies del pastizal con los valores de frecuencia y abundancia-cobertura, según Braun-Blanquet (1), y sus modificaciones a causa de la fertilización.

Especies	Relevamiento inicial		Relevamiento final (134 días)										
	0-0	Combinación de fertilizantes N-P, O ₃ (kg/ha)											
		0-0	0-45	0-90	90-0	90-45	90-90	180-0	180-45	180-90	360-0	360-45	360-90
<i>Paspalum dilatatum</i> Poir	V ³	V ¹	V ²	V ¹	V ²	V ¹	V ¹	V ²	V ¹	V ¹	V ²	V ²	V ²
<i>Stenotaphrum secundatum</i> (Walt) OK	V ³	V ²	(V ²	III ²	IV ²	V ¹	III ²	IV ²	III ²	IV ²	V ¹	V ¹	V ¹
<i>Bothriochloa lagroides</i> (DC) Pilg	II ¹	II ¹	II ¹	II ¹	II ¹	IV ¹	II ¹	*	II ¹	*	I ¹	I ⁺	I ⁺
<i>Lolium multiflorum</i> Lam	I ¹	IV ²	IV ²	IV ⁴	V ¹	V ²	IV ¹	V ¹	IV ²	V ²	V ¹	V ²	V ⁴
<i>Gaudinia fragilis</i> (L.) Beauv	I ¹	V ²	V ²	V ²	V ²	V ²	V ²	V ²	V ⁴	V ⁴	V ²	V ⁴	V ⁴
<i>Carex bonariensis</i> Desf	V ²	V ²	IV ¹	IV ²	V ²	III ¹	V ²	III ²	V ¹	IV ¹	V ²	V ²	V ¹
<i>Lotus tenuis</i> Waldst. et Kit	V ²	V ¹	III ²	IV ¹	V ¹	III ¹	V ¹	V ¹	III ¹	IV ¹	V ²	V ¹	I ¹
<i>Trifolium repens</i> L.	II ¹	I ¹	*	*	I ¹	*	I ²	II ¹	*	I ²	*	I ¹	I ²
<i>Hypochoeris</i> sp. 1.	IV ²	II ¹	II ¹	III ²	I ¹	I ¹	IV ¹	II ¹	I ¹	I ²	I ¹	*	*
Número total de especies presente (DMS 5%= 2.2)	10.3	10.8	12.2	11.5	11.2	10.8	10.7	10.2	9.0	10.0	9.3	9.8	7.5

Escala de frecuencia: V = 80 1-100%; IV = 60 1-80%; III = 40 1-60%; II = 20 1-40%; I = 1-10%.

Escala de abundancia-cobertura 5 = cualquier número de plantas con cobertura > 75% del área de referencia;

4 = 50-75%; 3 = 25-50%; 2 = 5-25%; 1 = 5%; + = pocas plantas con escasa cobertura

* Ausencia de la especie

primera, segunda y tercera cosecha, respectivamente. En fertilizaciones nitrógeno-fosfatadas realizadas a campo en la misma comunidad, se observó también que el mayor aporte al peso seco total correspondió a dicha fracción (15).

En la primera cosecha, la fracción graminoides produjo, en general, la mayor proporción de la materia seca tanto en los tratamientos que no recibieron fertilización, como en aquellos otros que sólo recibieron uno de los dos fertilizantes. En las siguientes cosechas, si bien esa fracción no representó una pro-

porción tan elevada de la biomasa, la tendencia fue similar. Dentro de la fracción graminoides las especies que aportó la mayor proporción de biomasa fue *Carex bonariensis*.

Con respecto a las especies estivo-otoñales (*Paspalum-Stenotaphrum*), su participación en el peso seco total fue máxima en la primera cosecha y tendió a disminuir al avanzar el invierno. Los mínimos aportes de esta fracción estuvieron en los tratamientos que combinaron ambos fertilizantes (Fig. 1)

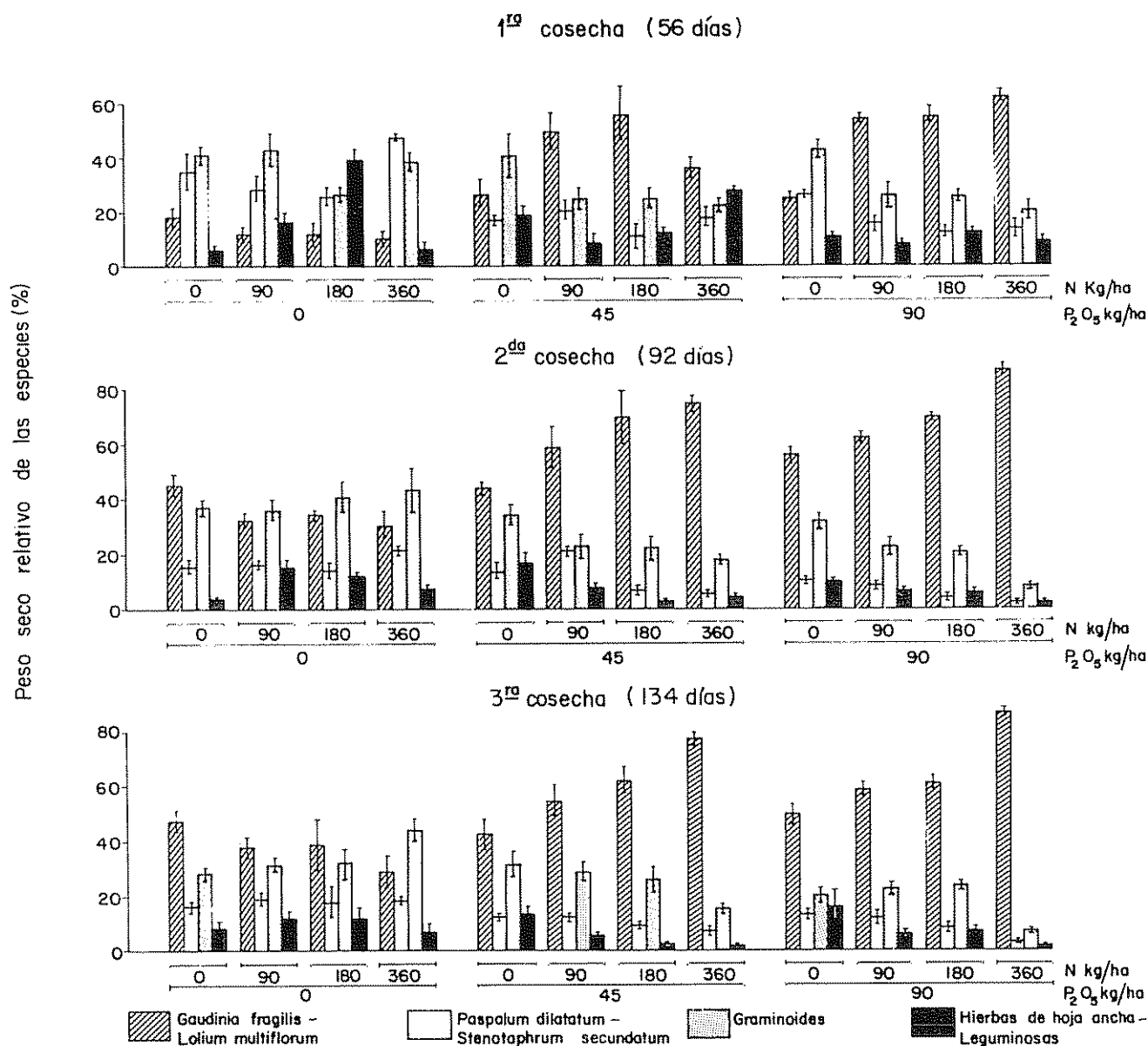


Fig 1. Efecto de la fertilización nitrógeno-fosfatada sobre el peso seco relativo de las fracciones vegetales componentes del pastizal en las tres cosechas realizadas. Los segmentos verticales indican \pm el error estándar de la media

Existirían, posiblemente, dos efectos que interactuarían entre sí. Uno de ellos correspondería al efecto estacional, que determina una disminución en el crecimiento de las especies que concluyen su ciclo vegetativo y un aumento de las especies que lo comienzan (8, 25). El segundo efecto sería el provocado por la fertilización, que determinaría una mayor producción de las especies que están en activo crecimiento, modificando así la composición florística de la comunidad. Resultados similares fueron obtenidos por Thruston (26), Rogler y Lorenz (24) y Rabotnov (23).

Producción de materia seca aérea acumulada

El efecto de la fertilización sobre la producción de cada una de las cosechas y sobre la producción acumulada en los tres cortes fue similar; por lo tanto, se consideraron solamente los rendimientos totales acumulados (Fig. 2). La incorporación de uno de los dos fertilizantes no tuvo efecto significativo sobre la producción de materia seca mientras que, al combinar ambos, ésta aumentó significativamente con interacción entre ellos ($P < 0.05$).

Los incrementos en la materia seca se debieron fundamentalmente a los aportes realizados por *G. fragilis* y *L. multiflorum* (Fig. 1), probablemente debido a que el momento de aplicación de los fertilizantes coincidió con el comienzo de la estación de crecimiento de estas especies las que fueron más eficientes en la absorción de los nutrimentos incorporados. Además, existen antecedentes de que los mayo-

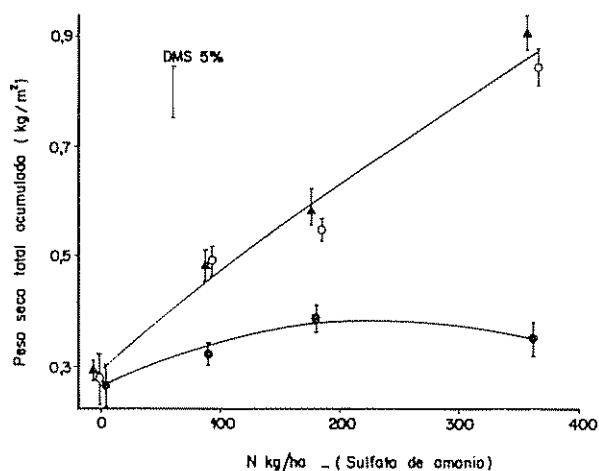


Fig. 2. Efecto de la fertilización nitrógeno-fosfatada sobre la producción total de materia seca acumulada durante el experimento (●), (○), (▲) corresponde a 0, 45 y 90 kg P_2O_5 /ha como superfosfato triple respectivamente. Los segmentos sobre los puntos indican \pm el error estándar de la media.

res aportes de materia seca en esta comunidad son realizados por dichas especies en otoño, invierno y primavera (15).

Contenido y concentración de fósforo en la materia seca aérea

El contenido de P en la parte aérea está íntimamente relacionado con su absorción por las raíces. Esta última es función de la disponibilidad de P en el suelo (2, 17) y de la demanda que provoca el crecimiento del tallo en las raíces (2, 22).

Así, el contenido total de P en la parte aérea aumentó en *Gaudinia-Lolium* y gramínoides con la dosis de superfosfato aplicado, debido al aumento de la disponibilidad de P en el suelo (Cuadro 2). El agregado de sulfato de amonio produjo un marcado incremento del crecimiento, particularmente en la fracción *Gaudinia-Lolium* (Fig. 1), lo que provocó una mayor extracción de P del suelo como consecuencia de la demanda originada por el crecimiento.

En el resto de las fracciones, el contenido de P no aumentó en la misma proporción al agregar sulfato de amonio y en algunos casos disminuyó, por la competencia consecuente de la mayor producción de la fracción *Gaudinia-Lolium*.

Por otra parte, la concentración de P en la parte aérea dependió de su contenido y de la materia seca producida. Así, el aumento de la concentración de P observado con las dosis de superfosfato se debió a la mayor disponibilidad y absorción de P del suelo. Como resultado de la aplicación de sulfato de amonio, la concentración de P disminuyó con la dosis por un efecto de dilución. Ello ocurrió fundamentalmente, en aquellas especies (*Gaudinia-Lolium*) donde el nutrimento nitrogenado estimuló el crecimiento. En el resto de las fracciones vegetales, la concentración se mantuvo constante o aumentó como consecuencia de la escasa o nula respuesta del crecimiento al sulfato de amonio (Cuadro 2).

Porcentaje del fósforo en la parte aérea proveniente del fertilizante (Pfa)

En la producción correspondiente a la primera cosecha, se encontraron grupos de especies bien diferenciados en el Pfa, leguminosas, 48%; *Gaudinia-Lolium*, 44%; hierbas de hoja ancha, 36%; gramínoides, 26% y *Paspalum-Stenotaphrum*, 22%.

Debido a la escasa movilidad del P en el suelo, el porcentaje de P proveniente del fertilizante fosfatado permitiría estimar la actividad relativa de las raíces superficiales respecto de aquellas ubicadas en estratos

Cuadro 2. Concentración y contenido de fósforo en la materia seca aérea total acumulada de las especies componentes del pastizal en relación con la fertilización.

Especies de plantas	P ₂ O ₅ (kg/ha)	N (kg/ha)				N (kg/ha)			
		0	90	180	360	0	90	180	360
		Concentración P (%)				Contenido P (g/m ²)			
<i>Gaudinia fragilis</i>	0	0.17	0.15	0.10	0.13	0.16	0.14	0.15	0.11
y	45	0.27	0.28	0.21	0.17	0.30	0.75	0.71	0.92
<i>Lolium multiflorum</i>	90	0.47	0.37	0.28	0.20	0.58	1.05	1.10	1.53
Graminoides	0	0.14	0.15	0.13	0.12	0.13	0.17	0.18	0.18
	45	0.20	0.23	0.22	0.22	0.18	0.29	0.27	0.33
90	0.25	0.26	0.28	0.25	0.22	0.31	0.38	0.21	
	<i>Paspalum dilatatum</i>	0	0.18	0.17	0.14	0.12	0.11	0.12	0.10
y	45	0.22	0.21	0.22	0.21	0.08	0.15	0.10	0.15
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	90	0.29	0.30	0.23	0.24	0.13	0.16	0.09	0.09
Leguminosas	0	0.29	0.27	0.24	0.23	0.01	0.03	0.02	0.02
	45	*	0.48	*	0.47	*	0.04	*	0.04
90	*	0.43	0.58	0.59	*	0.03	0.05	0.05	
Hierbas de hoja ancha	0	0.23	0.17	0.18	0.27	0.02	0.06	0.07	0.04
	45	0.28	0.44	0.31	0.26	0.10	0.10	0.05	0.05
	90	0.37	0.36	0.31	0.42	0.06	0.10	0.12	0.07

* Insuficiente cantidad para el análisis.

más profundos. Por otro lado, es bien conocido que la fertilización produce, en plantas deficientes, la proliferación de raíces en el estrato fertilizado (7).

El alto valor de Pfa que presentaron las leguminosas es coincidente con resultados obtenidos por Goodman y Collison (12), que encontraron que *Trifolium repens* absorbía más fósforo del estrato superficial que de los más profundos, mientras que *Lolium* sp absorbía iguales cantidades de fósforo de todo el perfil. En el caso de *G. fragilis* y *L. multiflorum*, los altos Pfa podrían deberse a que durante el período correspondiente a la primera cosecha se encontraban en forma de plántulas, con una gran proporción de raíces en activo crecimiento cercanas a la superficie. Las plantas que presentaron menores Pfa fueron aquellas de crecimiento estivo-otoñal, cuyas raíces superficiales habrían sido menos activas debido a las bajas temperaturas.

Recuperación del fósforo aplicado (Rfa)

En todos los tratamientos del primer corte la mayor Rfa correspondió a *Gaudinia-Lolium* (Fig. 3a). En esta fracción vegetal el agregado de sulfato de amonio provocó un aumento significativo de la Rfa. El resto de las fracciones no presentó modificaciones significativas con la fertilización (Fig. 3a). En general, la Rfa está en relación directa con la producción de

materia seca debido a la demanda que origina el crecimiento (2, 22). Sin embargo no puede decirse que la mayor eficiencia en la absorción de fósforo del fertilizante sea la responsable de los cambios en la composición florística observados en la primera cosecha. Esto es debido a que en los tratamientos fertilizados con fósforo y sin nitrógeno, la mayor producción correspondió a la fracción graminoides (Fig. 1), mientras que la mayor recuperación de fósforo del fertilizante correspondió a *Gaudinia-Lolium* (Fig. 3a). Podría decirse que, es la presencia de fósforo y nitrógeno el factor determinante de los cambios en la composición botánica de la comunidad.

Fósforo extraído como porcentaje del fósforo aplicado (Efa)

Los valores de Efa en el primer corte resultaron superiores en todos los casos a los calculados mediante el empleo de ³²P (P recuperado del fertilizante) (Fig. 3a, 3b). De esto se deduce que el fertilizante absorbido por las plantas, calculado de esta forma, sobreestimó, en algunos casos en más de 100%, el valor real de recuperación debido a la estimulación de la absorción del fósforo nativo del suelo.

En el Cuadro 3 se presentan los valores correspondientes al Efa para las especies componentes del pastizal durante todo el experimento. La fracción

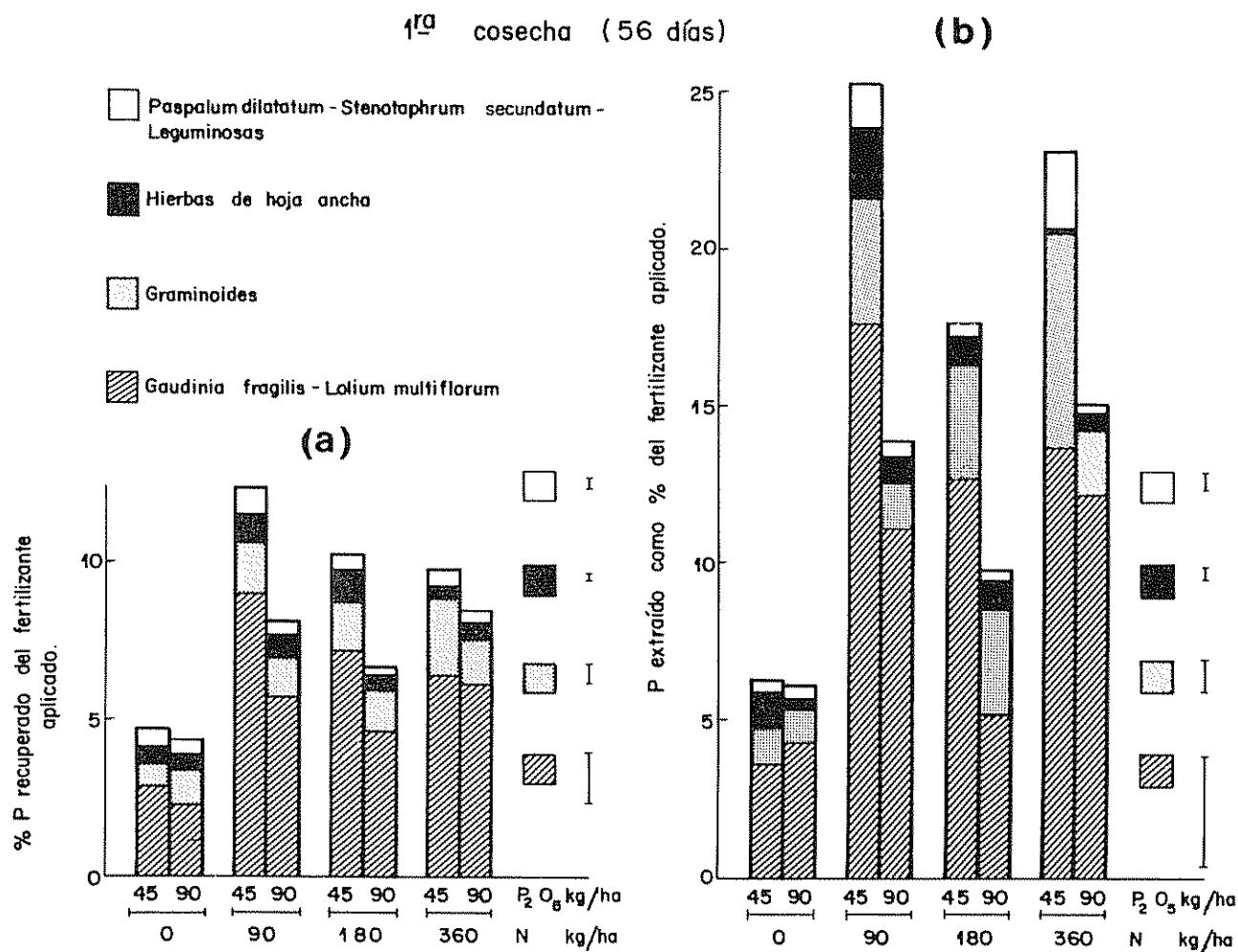


Fig 3 (a) Porcentaje de fósforo recuperado del fertilizante en el primer corte por cada fracción vegetal, en relación con la fertilización nitrógeno-fosfatada
 (b) Fósforo extraído por las distintas fracciones vegetales en el primer corte como porcentaje del fertilizante aplicado, en relación con la fertilización nitrógeno-fosfatada
 Los segmentos verticales en las Figuras a y b indican el error estándar general correspondiente a cada fracción vegetal en particular

más importante correspondió a *Gaudinia-Lolium*, puesto que extrajo más del 50% del total cuando no se incorporó sulfato de amonio y más del 76%, en presencia de éste. Independientemente de las dosis de superfosfato, el Efa aumentó con el incremento del nitrógeno suministrado al suelo, debido a la estimulación del crecimiento provocado por el sulfato de amonio.

Los valores de Efa correspondientes a todo el período experimental sobreestimarían aún más la cantidad de P recuperada del fertilizante que aquel valor medido en la primera cosecha (Cuadro 3). Ello se debería a que, con el transcurso del tiempo,

las raíces del tapiz vegetal habrían explorado un volumen de suelo comparativamente mayor que aquel correspondiente a la primera cosecha, teniendo a su disposición también una cantidad de P nativo comparativamente mayor. Esta sobreestimación del valor real del P recuperado sería mayor en el caso de las especies que produjeron mayor crecimiento (*Gaudinia-Lolium*) como consecuencia de la fertilización. Por otro lado, se conoce que el fósforo disponible del fertilizante disminuye con el tiempo, como consecuencia de la fijación en el suelo (18, 20). Este último proceso influiría sobre la sobreestimación de la recuperación de P de la misma manera que el crecimiento radicular.

Cuadro 3. Fósforo extraído por las diferentes fracciones durante todo el experimento como porcentaje del fertilizante aplicado.

Especies de plantas	P ₂ O ₅	Combinación de fertilizantes (kg N/ha)			
		0	90	180	360
<i>Gaudinia fragilis</i> y <i>Lolium multiflorum</i>	45	6.68	30.97	28.33	41.19
	90	10.53	23.22	24.00	35.84
Graminoides	45	2.71	5.90	4.49	7.53
	90	4.26	3.56	5.05	0.81
<i>Paspalum dilatatum</i> y <i>Stenotaphrum secundatum</i>	45	0.00	1.50	0.00	2.28
	90	0.61	1.15	0.00	0.00
Leguminosas	45	*	0.35	*	1.26
	90	*	0.05	0.81	0.74
Hierbas de hoja ancha	45	3.90	2.54	0.00	0.43
	90	0.85	0.82	1.32	0.73
Total extraído	45	13.29	39.76	32.82	52.69
	90	16.25	28.80	31.18	38.12

* Insuficiente cantidad para el análisis.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede concluir que:

- Para aumentar la producción de biomasa de la comunidad estudiada, en el período otoño-invierno, es necesaria la aplicación conjunta de fertilizante nitrogenado y fosforado.
- Las especies anuales *G. fragilis* y *L. multiflorum* producen aproximadamente el 80% de la biomasa durante dicho período, cuando se fertiliza con ambos nutrientes; la falta de alguno de estos fertilizantes no sólo determina una disminución de la producción sino que disminuye la preponderancia de esta fracción en particular.
- La mayor eficiencia de *Gaudinia-Lolium* en la recuperación del fertilizante fosforado agregado no explicó, por sí sola, la preponderancia de esta fracción como resultado de la fertilización.
- La fertilización nitrogenada aumentó la absorción del fósforo aplicado, como resultado de la mayor demanda producida por el crecimiento de las especies invierno-primaverales.

Resumen

Se estudió el efecto de la fertilización nitrógeno-fosfatada sobre la composición florística y la produc-

ción de materia seca en tepes de una pradera de especies naturalizadas durante el período otoño-invierno con el propósito de establecer relaciones causales entre los cambios observados y la absorción de fósforo del fertilizante. El fertilizante fosfatado se marcó con ³²P.

Se emplearon panes de suelo con su cobertura vegetal los que se fertilizaron con 0, 90, 180 ó 360 kg N/ha, y 0, 45 ó 90 kg P₂O₅/ha

Se realizaron cortes a los 56, 92 y 134 días y el material recogido se separó en cinco fracciones: *Gaudinia fragilis-Lolium multiflorum*, *Paspalum dilatatum-Stenotaphrum secundatum*; leguminosas, hierbas de hoja ancha y gramínoideas.

La fertilización con ambos nutrientes incrementó significativamente la fracción *Gaudinia-Lolium* y disminuyó el correspondiente a las otras fracciones. La materia seca aérea acumulada en el período estudiado se triplicó como consecuencia de la aplicación de ambos fertilizantes, mientras que la incorporación por separado de cada uno de ellos no produjo incrementos significativos. La recuperación del P aplicado al suelo fue significativamente superior en la fracción *Gaudinia-Lolium* respecto a las restantes, pero no explicó por sí sola la preponderancia de esta fracción como resultado de la fertilización fosfatada.

Literatura citada

1. BRAUN-BLANQUET, J. Plant sociology, the study of plant communities (Transl. by G. D. Fuller and H. S. Conrad) Transl. of 1st ed of Pflanzensoziologie 1928 Mc Graw Hill, New York and London 439 p. 1932
2. CLARKSON, D. T y HANSON, J. B The mineral nutrition of higher plants. Annual Review Plant Physiology 31:239-298. 1980
3. COGLIATTI, D. H. Algunos datos preliminares sobre deficiencias de nutrientes minerales, en un suelo de la Depresión del Río Salado, Pcia. de Buenos Aires, Rev. Univ. Nacional Centro Provincia Buenos Aires 3(8-9):97-104. 1979
4. DANIEL, P. La utilización de la radiación Gérenkov para el conteo de ^{32}P en soluciones acuosas. II Congr. Medicina y Biología. San Martín de los Andes. Argentina. 1971
5. DELPECH, R. Critères de jugement de la valeur agronomique des prairies. Fourrages 4:83-98. 1960.
6. DE VRIES, D. M. y DRUIJNES, A. The influence of nitrogen fertilization on botanical composition of permanent grassland. Stikstof 4 11 p. 1960.
7. DREW, M. C. y SAKER, L. R. Nutrient supply and the growth of the seminal root system in Barley. III. Journal of Experimental Botany 29(109):435-451. 1978.
8. FAGGI, A. M. y COLLANTES, M. Introducción al estudio fitofenológico de los pastizales de la Depresión del Salado. Ecosur 5(10):201-211. 1978
9. GINZO, H. D., COLLANTES, M. y CASO, O. H. Fertilization of a native grassland in the "Depresión del Río Salado", province of Buenos Aires: Hebage dry matter accumulation and botanical composition. Journal of Range Management 1(35):35-39. 1982.
10. GINZO, H. D. The effect of fertilization on the mineral composition of a native grassland. N, P, K, Ca and Mg contents. Journal of Range Management (in press).
11. GOMEZ-GUTIERREZ, J. M. y LUCENA-CONDE, F. Estudios sobre fertilización de comunidades pratenses seminaturales: I. Nuevo método de experimentación. An. Edaf. y Agrob. 27(5-6):355-370. 1968.
12. GOODMAN, P. J. y COLLISON, M. Uptake of ^{32}P labelled phosphate by clover and ryegrass growing in mixed swards with different nitrogen treatments. Annals of Applied Biology 98(3):499-506. 1981
13. JACKSON, M. L. Análisis químico de suelos. Ed. Omega S.A., Barcelona España (2da. edición) 662 p. 1970.
14. KADE, M. Evaluación del estado nutricional de tres suelos correspondientes a comunidades vegetales características de la Depresión del Salado (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Ecosur 6(11):25-43. 1979.
15. KADE, M., COLLANTES, M. y GINZO, H. D. Some considerations about the use of Daget and Poissonet's method on some native grasslands. Acta Ecológica (in press).
16. LEON, R. C. Las comunidades herbáceas de la región de Castelli-Pila. En A. Soriano, ed., "Productividad Primaria Neta de Sistemas Herbáceos" I. Monografías 5, 75-107. Comisión de Investigaciones Científicas, Provincia Buenos Aires, La Plata. 1975.
17. LONERAGAN, J. F. y ASHER, C. J. Response of plantas to phosphate concentration in solution culture: II Rate of phosphate absorption and its relation to growth. Soil Science 103(5):311-318. 1967.
18. MASSEY, L. D., SHEARD, R. W. y MILLER, M. H. Availability of reaction products of fertilizer phosphorus to alfalfa and brome-grass seedlings. Canadian Journal of Soil Science 50:141-149. 1970.
19. MENDOZA, R. Eficiencia en la utilización de fósforo de tres leguminosas forrajeras. Phytion 41(1-2):33-44. 1981.
20. MENDOZA, R. Efecto residual del fósforo sobre la capacidad de fijación del suelo, el fraccionamiento del fósforo inorgánico y la producción de *Trifolium repens* L. Agrochimica (en prensa).
21. MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD. The analysis of agricultural materials, Technical Bulletin 27. London England. 1973.

-
- 22 NYE, P. H. The effect of the nutrient intensity and buffering power of a soil, and the absorbing, size and root hairs of a root, on nutrient absorption by diffusion *Plant and Soil* 25(1):81-105. 1966.
- 23 RABOTNOV, T. A. The influence of fertilizers on the plant communities of mesophytic grasslands. In: W. Krause (ed.) "Applications of Vegetation Science to Grassland Husbandry" *Handbook of Vegetation Science* Vol. 13:461-497. Dr. W. Junk, b. v. Publishers. The Hague. 1977.
- 24 ROGLER, G. A. y LORENZ, R. J. Fertilization of mid-continent range plants. D. A. Mays (ed.) In: *Forage Fertilization*. 231-254. ASA, CSSA and SSSA Publishers. Madison. 1974.
- 25 SALA, O., DEREGIBUS, A., SCHLICHTER, I. y ALIPPE, H. Productivity dynamics of a native temperate grassland in Argentina. *Journal of Range Management* 34(1):48-51. 1981.
- 26 THURSTON, J. M. The effect of liming and fertilizers on the botanical composition of permanent grassland, and on yield of hay. In: T. H. Rorison (ed.) *Ecological Aspects of the Mineral Nutrition of Plants*. 3-10. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 1969.
- 27 VERVOOST, F. La vegetación de la República Argentina VII. Las comunidades vegetales de la Depresión del Salado (Provincia de Buenos Aires). 1967. Serie Fitogeográfica INTA 259 p.
28. WHITEHEAD, A. J. The role of nitrogen in grassland productivity. *Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops Bulletin* No. 48. 202 p. 1970.

CANOPY STRUCTURE ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF CASSAVA (*Manihot esculenta* CRANTZ)¹ /

T. RAMANUJAM*

P. INDIRA*

Resumen

Se estudió el crecimiento y desarrollo de 10 genotipos de yuca clasificados en cuatro grupos con base en sus características morfológicas. Los resultados indican que para obtener los rendimientos de 2.5 por periodos largos la altura de la planta, el número de nudos y el grosor del tallo no se relacionan con el rendimiento de tubérculos, aunque aumentan el peso seco total. La longevidad de las hojas de yuca bajo las condiciones de Kerala, varió entre 36 y 54 días, ocurriendo la caída de hojas en forma acelerada después del sexto mes debido a la sequía. Si se desean tipos con alta ramificación es preferible contar con hojas angostas lobuladas.

Introduction

The productivity of cassava in terms of calories per unit area appears to be significantly higher than that of other food crops (2). However, great variations are noticed among cultivars with respect to tuber yield. It is being suggested that the differences in yields are largely associated with leaf area index, orientation of leaves, photosynthetic efficiency and partitioning of dry matter (1, 3, 4, 6, 7). Investigations were made in the present study to evaluate the association of canopy structure in relation to productivity of cassava genotypes under rainfed conditions in Kerala.

Materials and methods

Field experiments were conducted at the Central Tuber Crops Research Institute, Trivandrum during 1977 and 1978 cropping seasons, with the following ten varieties of cassava in a randomized block design, with four replications. Based on the morphological characters, the ten genotypes were classified into four groups:

- 1 Non-branching with broad lobed leaves: M. 4, H.2304, H. 165 (tall) and C.I. 590 (short).
- 2 Semi-branching with broad lobed leaves: H.97 (tall)
- 3 Late branching with broad lobed leaves: C.I.288 and C.E.161
- 4 Early and profusely branching types with different leaf shape:
 - a. Broad lobed leaves C.E.22.
 - b. Medium lobed leaves H.1423
 - c. Narrow lobed leaves C.I.167

Stem cuttings containing 6 to 8 buds were planted at 90 x 90 cm apart, following the recommended dosages of manures (FYM 12.5 t/ha) and fertilizers (NPK: 100:100:100 kg/ha). Two shoots per plant were allowed to grow and the crop was harvested by the 10th month. Monthly observations on dry matter distribution, plant height, number of nodes, leaves and tubers were recorded from the 1st month till harvest. For non-destructive growth analysis four plants in each replication were marked at random and periodical observations on plant growth, leaf area, number of leaves retained, fallen leaves and new leaves produced per plant were recorded. The leaf area was calculated using the linear measurement method (5). Since similar results were obtained for both seasons, the results of 1978 crop alone are presented and discussed.

¹ Received for publication in October 8, 1982

The paper was presented in National seminar on Tuber Crops Production Technology held on 21st, 22nd November 1980, at Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India.

* Central Tuber Crops Research Institute, Trivandrum - 695017, India

Results

The canopy growth among the genotypes indicated that the cultivars H.2304, C.E.22 and C.E.161 established early canopy coverage when compared to others. Among the non-branching types, the hybrid H.2304 retained more leaves during the growth period (average of 60 leaves per plant) while the short statured non-branching type C.I.590 retained an average of 45 leaves per plant which was on par with the local M.4 and the hybrids H.165 and H.97 (Table 1). The rate of new leaves produced per shoot per week was significantly higher in branching types when compared to non-branching types. Great variations were noticed regarding this factor among branching varieties (10 to 22 leaves), while the values for non-branching varieties remained almost the same (4 to 5 leaves). It was observed that the leaf production was controlled by soil moisture availability and intensity of branching.

Significant differences were noticed among the genotypes with regard to plant height, canopy growth, number of nodes, stem thickness, leaf life and rate of leaf shedding (Table 2). The number of nodes per plant depended on plant height, internodal length and intensity of branching, while the number of leaves retained depended on the rate of leaf production, leaf life and node number, in addition to branching characters. Though the collection C.I.590 is short statured and non-branching its node number was on par with H.165, indicating that C.I.590 possesses shorter internodes. Stem thickness among varieties showed little differences and had no relationship with tuber yield.

The leaf life of H.2304 and C.E.22 was 52 and 54 days respectively, which was significantly higher than that of the other varieties (36 to 41 days). The varieties also differ significantly with respect to leaf area and leaf area index (LAI). The mean LAI of the profusely branching variety C.E.22 during the growth period was 4.2 (Table 3) which was significantly greater than that of the other varieties. The mean LAI of H.2304 (high yielding) was 2.51 which was on par with other high yielding hybrids H.165 and H.97; the late branching types C.I.288 and C.E.161 and the profusely branching variety C.I.167 (narrow lobed leaves). The rate of leaf shedding in semi and non-branching varieties did not differ from each other (10 to 13), while in branching types the values differed significantly (16 to 24). Hence it is clear that the leaf area duration depends on the specific leaf area, leaf life and rate of leaf production.

Though the varieties M.4 and H.2304 were grouped as non-branching types, 25 percent of the population were found to be branched after the fourth month. The intensity of branching in H.97 was 60 per cent, which was limited to secondary branching, in contrast to multiple branching observed in profusely branching types.

The net assimilation rate (NAR) and crop growth rate (CGR) permit interesting observations (Table 4). All the profusely branching types (C.E.22, H.1423 and C.I.167) recorded a very low NAR (15.3 to 25.6 mg/dm²/day) when compared to other groups, indicating that the photosynthesis at canopy level was reduced due to mutual shading. Both H.2304 and the local M.4 recorded a maximum NAR of

Table 1. Rate of leaf production and number of leaves retained during the maximum growth period in cassava genotypes.

Variety	Months after planting										Average	
	2		3		4		5		6			
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
M-4	34	4	43	6	47	6	35	2	31	2	38	4
H-2304	50	5	61	7	57	5	69	5	62	4	60	5
H-1423	43	10	81	15	93	15	106	27	83	27	81	19
H-165	32	6	46	6	52	5	50	5	39	4	44	5
H-97	38	8	48	6	61	12	50	12	41	12	48	10
C.E.22	57	10	113	18	141	27	214	30	203	12	146	19
C.E.161	48	7	60	6	60	15	72	18	61	12	60	12
C.I.167	41	8	66	18	100	36	129	36	132	12	94	22
C.I.288	40	5	58	7	64	9	76	18	68	12	61	10
C.I.590	35	5	46	5	55	4	46	2	42	2	45	4

a Number of leaves retained per plant.

b Rate of leaf production per shoot per week.

Table 2. Variations in growth parameters among the genotypes.

Variety	Plant ht (cm)	Nodes/plant	Stem thickness (cm)	Leaf life (days)	Rate of leaf shedding No./plant/week	Canopy growth rate (cm/week)	Branching (%)
M-4	201.0	377	6.0	37	11	5.3	25
H-2304	196.0	350	7.0	52	10	5.4	25
H-1423	136.2	647	7.0	41	21	4.0	100
H-165	145.0	254	6.0	41	13	6.0	nil
H-97	197.5	331	7.0	41	11	5.6	60
C.E.22	122.5	917	7.5	54	24	3.4	100
C.E.161	197.0	437	8.0	36	16	5.6	100
C.I.167	141.2	606	7.0	37	23	5.0	100
C.I.288	153.3	456	7.5	40	16	4.6	80
C.I.590	120.0	255	6.0	37	12	4.3	nil
C.D. (5%)	15.34	22.4	0.85	6.99	4.35	0.83	-

Table 3. Leaf area (dm²) per plant and leaf area index in cassava genotypes during maximum growth period.

Variety	Months after planting											
	2		3		4		5		6		Average	
	LA	LAI	LA	LAI	LA	LAI	LA	LAI	LA	LAI	LA	LAI
M-4	80.4	0.99	129.5	1.59	129.5	1.59	171.6	2.11	110.2	1.36	124.2	1.53
H-2304	124.7	1.54	227.4	2.80	254.0	3.14	235.2	2.90	175.9	2.17	203.4	2.51
H-1423	112.2	1.38	300.9	3.71	366.3	4.50	364.7	4.52	145.0	1.78	257.8	3.18
H-165	83.5	1.02	163.5	2.01	219.3	2.70	193.7	2.39	156.0	1.93	163.2	2.01
H-97	100.4	1.23	151.6	1.87	238.7	2.95	205.0	2.53	167.1	2.06	172.6	2.13
C.E.22	154.4	1.90	295.0	3.63	467.1	5.76	434.0	5.35	337.6	4.16	337.6	4.16
C.E.161	116.2	1.42	209.8	2.59	204.3	2.52	241.0	2.98	176.4	2.18	189.5	2.34
C.I.167	77.1	0.95	139.8	1.73	231.0	2.85	313.5	3.87	240.6	2.97	200.4	2.47
C.I.288	159.3	1.95	238.7	2.94	222.7	2.74	224.5	2.77	127.5	1.57	194.5	2.40
C.I.590	86.7	1.07	123.3	1.56	177.2	2.18	122.8	1.51	122.7	1.51	126.5	1.56

Table 4. Net assimilation rate, crop growth rate and total dry matter production of cassava genotypes.

Variety	NAR (mg/dm ² /day)	CGR (kg/ha/day)	Total dry matter at harvest (g/plant)
M-4	59.9	50.6	1 230.7
H-2304	61.8	64.0	1 554.7
H-1423	25.6	48.1	1 169.4
H-165	48.6	50.5	1 226.2
H-97	48.0	64.9	1 578.1
C.E.22	15.3	35.3	859.0
C.E.161	47.8	51.7	1 256.7
C.I.167	23.3	50.0	1 211.6
C.I.288	45.5	47.3	1 147.2
C.I.590	43.0	34.4	835.1
C.D. (5%)	5.43	3.96	381.01

61.8 and 59.9 mg/dm²/day respectively which were significantly superior to other hybrids and collections.

The crop growth rate of the genotypes did not show any relationship with NAR. The CGR of H.2304 and H.97 were on par with each other (64.0 and 64.9 kg/ha/day respectively) but significantly greater than those of other varieties. The short profusely branching type C.E.22 registered lower CGR (35.3 kg/ha/day) which was on par with the short non-branching type C.I.590, even though the collection C.E.22 recorded a maximum LAI of 4.2 in contrast to C.I.590.

The yield parameters (Table 5) revealed that both tuber number and mean tuber weight are important factors for tuber yield. The tuber number in H.2304 was 14 while in H.97 it was only 7. However, both recorded higher yield, indicating that this can be achieved either through a higher tuber number or through greater individual tuber weight which would explain the sink capacity.

The total dry matter production depends on tuber weight and stem growth. The collection C.E.22 accumulated more dry matter in the shoot while the other varieties accumulated more dry matter in the economically useful part (tuber). However, there exist significant differences among the cultivars with respect to tuber yield and total dry matter production and distribution (Table 5 and Figure 1). All the three released hybrids H.97, H.165 and H.2304 were found superior to other genotypes with respect to tuber yield. The harvest indices of branching types were also lower when compared to non-branching types which clearly indicated that the former plant type accumulated more biomass in the shoots.

Discussion

For higher levels of productivity it is obviously necessary to have sufficient leaf area to intercept most of the incoming radiation but it has been reported that many varieties of cassava do not have sufficient leaf area to achieve their potential yield (1, 6). In the present study it was noticed that the tuber yield is influenced by canopy structure, since greater variations were noticed among the genotypes with respect to LAI, NAR, CGR and harvest index.

Contrasting statements were made between the association of leaf area and tuber yield. Williams and Ghazali (7) reported that the lowest yielding varieties had the highest leaf area, while Enyi (3) stated that high yielding varieties had the highest leaf area per plant. However, the results of the present experiment clearly show that the leaf area has a definite relationship with tuber yield. The varieties M.4 and C.I.590 maintained a low LAI when compared to other non-branching varieties, H.2304 and H.165, and the tuber yield of the above hybrids was on par with each other but significantly superior to M.4 and C.I.590. This indicates a positive relationship between LAI and tuber yield as far as non-branching varieties is concerned. The present study also suggests that a LAI beyond a certain optimum may favour more accumulation of dry matter in vegetative parts as evidenced from the low yield of the profusely branching type C.E.22.

The advantage of narrow lobed leaves over broad lobed leaves was also demonstrated in the present experiment, supporting the findings of Williams and Ghazali (7). The narrow lobed variety C.I.167, though branched profusely, recorded higher yields when compared to C.E.22, which possesses broad lobed leaves. Hence it is suggested that under dense

Table 5. Variations in yield parameters in cassava genotypes.

Variety	Tuber No. plant	Mean tuber weight (g)	Dry matter of tuber (%)	Tuber yield (g/plant)
M-4	10	234.0	41.9	2 280
H-2304	14	237.4	39.3	3 280
H-1423	13	174.4	37.9	2 208
H-165	10	343.3	30.2	3 350
H-97	7	464.4	39.3	3 206
C.E.22	9	193.5	28.0	1 722
C.E.161	10	269.8	32.0	2 650
C.I.167	10	245.4	37.2	2 360
C.I.288	9	241.1	36.2	2 060
C.I.590	11	216.9	31.0	2 310
C.D. (5%)	2.02	78.47		385.8

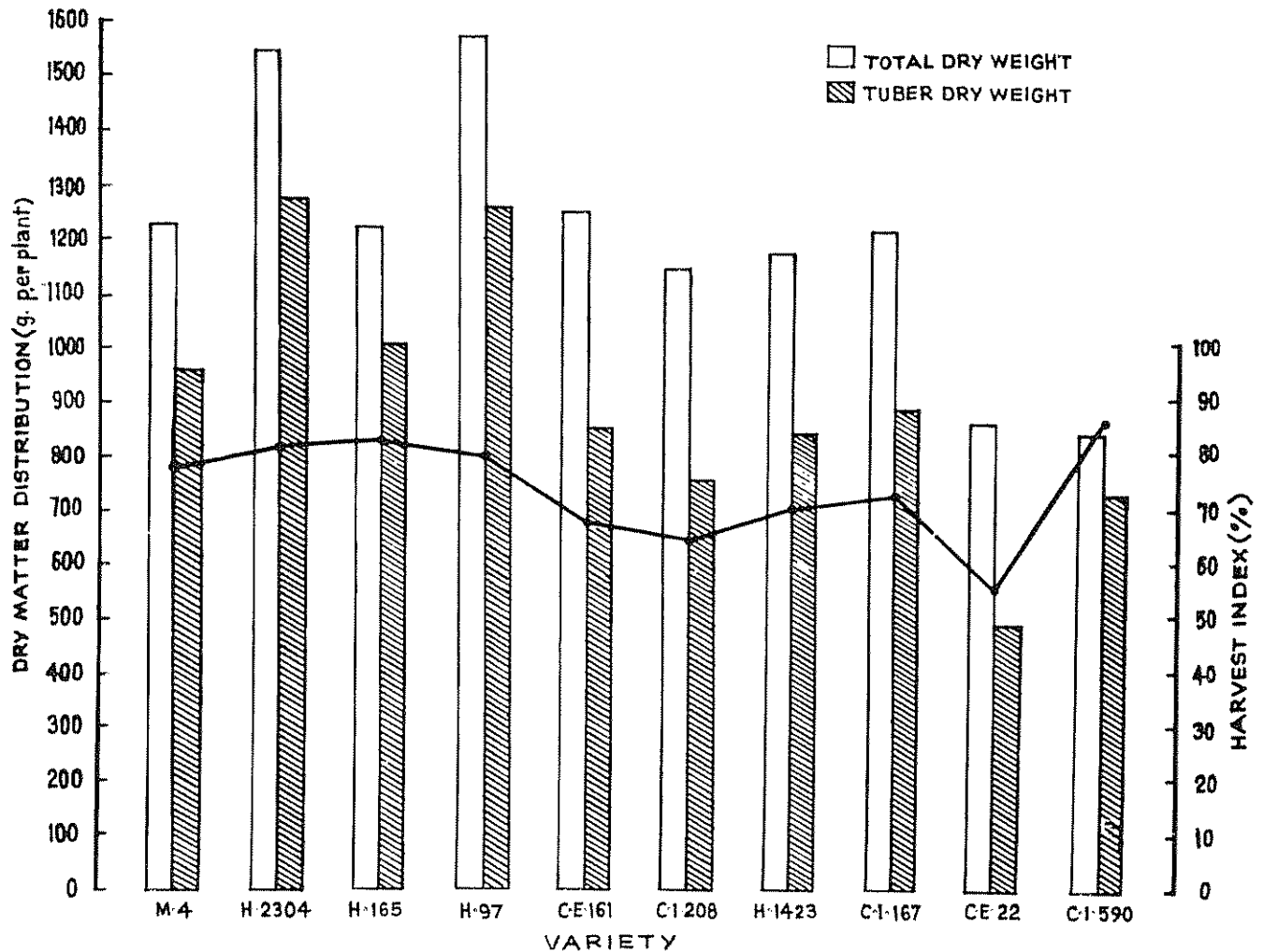


Fig. 1 Variation in drymatter production and harvest index among the genotypes

canopy, which developed due to profuse branching, small and narrow lobed leaves are desirable characters. Even though the leaf number and intensity of branching in C.I.167 were very high, it recorded a LAI of only 2.47. It is also expected that the leaves that are vertical at midday will allow better light penetration to the lower levels of the canopy. But Cock (1) observed only little differences in growth rates of varieties having more vertical leaves against those having horizontal leaves at similar leaf area indices. However, in the present study the advantage of vertically oriented leaves on crop growth rate was noticed with H-1423 under dense canopy structure.

The photosynthetic efficiency, estimated as NAR, was negatively correlated with LAI (3). This is in agreement with profusely branching types only which registered a high LAI due to the dense foliage and a

low NAR caused by mutual shading. However, in the case of non-branching types, the LAI has no relationship with NAR. The other morphological traits, like number of nodes, plant height and stem thickness showed no direct effect on tuber yield but may contribute more towards total dry matter production. Reports of Williams and Ghazali (7) and Cock (1) indicated that more total dry matter production does not necessarily lead to a higher tuber yield. The proportion of dry matter distribution between roots and vegetative parts varied greatly among the genotypes (Figure 1) which suggests that the partitioning of photosynthate is under genetic control.

Summary

Growth and development of ten cassava genotypes classified under four groups based on morphological

characters were studied. The results showed that an optimum LAI of 2.5 maintained for long period is most essential to achieve high yield. Plant height, node number and stem thickness have no relationship with tuber yield but increased the total dry weight. The leaf life of cassava under rainfed condition in Kerala, ranges from 36 to 54 days and the plants started shedding leaves faster after the 6th month due to dry spell. For profusely branching types the narrow lobed leaves are desirable characters.

Literature cited

1. COCK, J. H. Characteristics of high yielding cassava varieties. *Experimental Agriculture* 12:135-143. 1976.
2. DE VRIES, C. A., FERWEDA, I. D. and FLACH, M. Choice of food crops in relation to actual and potential production in the tropics. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 15:241-248. 1967.
3. ENYI, B. A. C. Growth rates of three cassava varieties (*Manihot esculenta* Crantz) under varying population densities. *Journal of Agricultural Science* 81:15-28. 1973.
4. MAHON, J. D., LOWE, S. B. and HUNT, L. A. Photosynthesis and assimilate distribution in relation to yield of cassava grown in controlled environments. *Canadian Journal of Botany* 54:1 322-1 331. 1976.
5. RAMANUJAM, T., and INDIRA, P. Linear measurement and weight methods for estimation of leaf area in cassava and sweet potato. *Journal of Root Crops* 4:47-50. 1978.
6. SINHA, S. K. and NAIR, T. V. R. Leaf area during growth and yielding capacity of cassava. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 31(1): 16-20. 1971.
7. WILLIAMS, C. N. and GHAZALI, S. M. Growth and productivity of tapioca (*Manihot utilissima*) 1. Leaf characteristics and yield. *Experimental Agriculture* 5:183-194. 1969.

COMUNICACIONES

A name for University of Florida hybrid digitgrass x46-2¹/.

A hybrid digitgrass bred at the University of Florida, Gainesville, is now being successfully grown in South America, particularly in regions of Venezuela, Surinam, and Brazil. Indications are for expanded use of this grass in the humid tropics which merits recognition of this hybrid by a formal nomenclatural status and name.

Digitaria X umfolozi D. W. Hall = *Digitaria setivalva* Stent ♀ X *D. valida* Stent ♂

Perennis; culmis erectis, caespitosis, cum stolonibus; nodis glabellis; vaginis scaberulis, cum capillis aliquando longis ad apicem; ligula prominenti, pubescenti, et margine lacerata; lamina ad 1.3 cm latis et ad 27.6 cm longis, planis, scaberulis supra et infra cum nonnullis dispersis capillis longis ad basim supra; paniculis cum 7-12 ramis, ramis 5.1-18.0 cm longis, 2-3 verticillatis; rachidi alata, 0.5-0.7 mm lata; spiculis 2.8-3.2 mm longis, binis in pedicellis impari longitudine, altero brevissimo altero longo, gluma prima 0.1-0.4 mm longa, enervi; secunda gluma 1.6-2.1 mm longa, ternervata, pubescenti cum dense longis pilis saepe extensis plus quam 1.0 mm ultra apicem; lemmate inferiore sterili, 7-nervato, dense longo pubescenti inter omnes nervos praeter medios tres nervos exceptis, pari in longitudine spiculo fertili; palea inferiore rudimentali ad 0.3 mm longa; lemmate superiore fertili, brevior quam spiculo, acuto, reticulato minute, schistaceo; palea superiore parum brevior quam lemmate, acuta, reticulata minute, schistacea.

Perennial; culms erect, tufted, stoloniferous; nodes glabrous; sheaths scabrous with occasional long hairs near apex; ligule prominent, pubescent, margin lacerate; blades to 1.3 cm wide and 27.6 cm long, flat, scabrous above and below with some scattered long hairs at base above; panicles with 7-12 branches, branches 5.1-18.0 cm long, 2-3 verticillate; rachis winged, 0.5-0.7 mm wide; spikelets 2.8-3.2 mm long, in pairs on pedicels of unequal length, one very short and the other long; first glume 0.1-0.4 mm long, nerveless; second glume 1.6-2.1 mm long, 3-nerved, densely long pubescent with hairs often extending more than 1.0 mm past apex; lower lemma sterile, 7-nerved, densely long pubescent between all but central 3 nerves, as long as fertile spikelet; lower palea rudimentary to 0.3 mm long; upper lemma fertile, shorter than spikelet, sharply acute, minutely reticulate, gray; upper palea slightly shorter than lemma, sharply acute, minutely reticulate, gray.

Type: United States: Florida: Alachua County; Cultivated in plot at the Experiment Station at the University of Florida in Gainesville, 28 Sept. 1977, D. W. Hall 482 (holotype FLAS; isotypes to be distributed to BH, BM, FSU, GH, ISC, MO, NY, US, USF).

This hybrid differs from *Digitaria natalensis* in that the ligule is only 3.0 mm long, culms are not geniculate nor rooting at lower nodes, and the sheaths are scabrous with only occasional long hairs. *Digitaria X umfolozi* differs from *D. milaniana* in that it lacks rhizomes and the sheaths are not pubescent. *D. X umfolozi* differs from *D. valida* as the hybrid has blades that are scabrous above, shorter spikelets, and stolons lacking internodal hairs. *Digitaria polevansii* is

¹ This paper is Florida Agricultural Experiment Station Journal Series No. 4257

very close but has rhizomes, whereas *D. X umfolozi* lacks them, Henrad (1).

From data obtained in Brazil, Schank *et al.* (2) showed this hybrid to have the highest dry matter production (30 008 kg/ha/yr) of thirty *Digitaria* genotypes tested. It had the highest *in vitro* organic matter digestibility (68.16%). The hybrid also tested significantly higher in digestibility ($P = > 0.05$) and in dry matter yield (8.24 g/m²/day) than did four commercial cultivars of digitgrass and Bermudagrass. This combination of high yield with high quality is unusual and is expected to lead to the plant's wide utilization for forage.

The hybrid *Digitaria* has been known and distributed under the number given the cross, x46-2. It originated from a crossing accomplished in 1965 between *Digitaria setivalva* Stent (Plant Introduction No. 299892) and *Digitaria valida* Stent (Plant Introduction No. 299850). This cultivar has been named 'Survenola'. The widest use of 'Survenola' will be in the tropics. It is not adapted to the flatwoods soils of Florida, nor will it grow north of Gainesville, Florida (29°40' n. longitude 82°19' w. latitude).

Acknowledgements

A grateful acknowledgement is given Lewis Sussman for providing the Latin diagnosis and Robert Shaw for his review.

May 14, 1983

DAVID W. HALL*
STANLEY C. SCHANK**

* Department of Botany, University of Florida, Gainesville, FL 32611.

** Department of Agronomy, University of Florida, Gainesville, FL 32611.

Literature cited

1. HENRARD, J. Th. Monograph of the genus *Digitaria* Eduardo Ijdo, Leyden. 1959. 999 p.
2. SCHANK, S. C., DAY, J. M. and DELGADO DE LUCAS, E. Nitrogenase activity, nitrogen content, *in vitro* digestibility and yield of 30 tropical forage grasses in Brazil. *Tropical Agriculture* 54(2):111-125. 1977.

Determinación del período crítico de competencia de las malezas con el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) 'Muy Finca' en el invierno.

Summary. Under the conditions of Lambayeque, Perú, a study to determine the critical period of competition of undergrowth weeds with the cultivation of beans (*Phaseolus vulgaris*) 'Muy Finca' was carried out in the Experimental Station of Vista Florida with irrigation of pre-seed planting. The results and the statistical analysis showed that: 1) the treatments without weeds during the first 70 days and during all cycle yielded 1 702 and 1 636 kg/ha of bean, respectively and 2) in the all cycle undergrowth weeded treatment, the yield was only 731 kg/ha of bean, which is a 57% reduction of the highest yield. Regarding the effects of the undergrowth weeded and un-weeded treatments on the bean crop, the critical period of competence of the weeds with beans in conditions of irrigation of pre-seed planting goes from the 14th to the 70th days after sowing of the crop.

En los campos de frijol si la eliminación de las malezas se realiza en forma inoportuna ocasiona una disminución significativa de la producción. De allí que surge la necesidad de conocer la época o período crítico de competencia de las malezas con el cultivo.

Bajo ciertas condiciones las malezas causan efectos severos durante los primeros 30 días del cultivo, con reducciones de cerca del 50% de la producción (1). Sin embargo, el grado de competencia de las malezas con los cultivos varía con la especie, variedad o cultivar y la densidad entre plantas y en las malezas por la especie, densidad, distribución y período de competencia.

En Cuba, se considera para el frijol arbustivo var. Cueto que el período crítico equivale a 50 días (4), considerándose que la competencia de las malezas deja de ser importante una vez que el cultivo haya "cerrado", cuando haya dado sombra completa del suelo. Cultivos como la yuca y la caña de azúcar tienen épocas críticas de competencia más prolongadas que cultivos de rápido desarrollo inicial como el frijol y el sorgo (5, 6).

Materiales y métodos

Este trabajo fue conducido en invierno de 1980 en la Estación Experimental del CIAG-Vista Florida, ubicada en la parte baja del Valle Chancay, Departamento de Lambayeque, Perú.

En este estudio, se probaron períodos sin infestación de malezas de 14, 28, 42, 56, 70, 84 días y todo el ciclo (100 días), en contraposición con períodos con maleza de 14, 28, 42, 56, 70 días y todo el ciclo (Cuadro 1). La siembra se efectuó en un terreno regado con anterioridad. Se usó el cultivar Muy Finca

en un diseño de bloques completamente al azar, con 4 repeticiones. La evaluación de abundancia de malezas se realizó contando el número de individuos por especie dentro de los 2 surcos centrales de cada parcela experimental.

Para biomasa seca se colectó separadamente la parte aérea de las plantas de malezas y del cultivo; las muestras se secaron a 70°C y se pesaron. La cosecha se evaluó con base en los rendimientos de grano en kg/ha.

Resultados y discusión

Las malezas que infestaron en forma significativa fueron *Amaranthus hybridus* (yuyo), *Bidens pilosa* (amor seco), *Euphorbia hypericifolia* (lechera), *Sida paniculata* (pichana), *Portulaca oleracea* (verdolaga) y *Sorghum halepense* (grama china)

Abundancia de especies de malezas. Las poblaciones de *A. hybridus*, *B. pilosa* y *E. hypericifolia* fueron mayores en los períodos con maleza 84 días y todo el ciclo debido a que en ellos se ocasionó menor número de deshierba (Cuadro 2). Los otros tratamientos muestran poblaciones menores, en concordancia con la amplitud de los tiempos sin maleza, lográndose valores extremos cuando se cortó la maleza con Smtc durante todo el ciclo.

Se presentó una fluctuación poblacional con los demás tratamientos, como acontece con la especie *A. hybridus* con 142 individuos en Sm 70 d, mientras que Sm 14 d, sólo tiene 40.5 plantas. Esto se podría explicar por las variaciones con que se presentan las generaciones de las especies, más aún cuando los riesgos permiten reinfestaciones de malezas.

La maleza *S. paniculata* infestó más significativamente al final del ciclo del cultivo, es decir después de transcurridos los períodos iniciales desmalezados, mientras que las especies *P. oleracea* y *S. halepense* manifestaron un comportamiento irregular con infestaciones a tiempos diferentes debido a que poseen plasticidad y emergencia sucesional (Cuadro 2).

El tratamiento enmalezado todo el ciclo (Cmtc) permitió el mayor número de individuos en las 3 últimas especies, debido a que no se le practicó deshierba alguna.

Producción de biomasa del cultivo y de las malezas. La producción de materia seca más significativa de frijol se logró cuando el cultivo estuvo sin malezas todo el ciclo o los primeros 70 días (Cuadro 3). Sin embargo, el período Sm 70 d no difiere de Cm 42 d y Cm 28 d, a su vez estos tratamientos tienen producciones similares a los siete siguientes y esto significa que la formación de biomasa vegetativa de frijol es influenciada mayormente por la presencia de malezas durante las 4-6 semanas iniciales lo que necesariamente no sucede con la producción reproductiva.

En el Cuadro 3, se observa que la mayor producción de biomasa en los grupos de malezas monocotiledóneas y dicotiledóneas acontece cuando se permiten períodos más largos de infestación (Cmtc, Cm 84 d, Sm 14 d) confirmando comportamientos similares en otros cultivos (3).

Rendimientos y porcentaje de reducción del peso total del grano de frijol. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos desmalezados a los 70, 84, 42 y 56 días y enmalezados 14 y 42 días

Cuadro 1. Características de los tratamientos en estudio. Estación Experimental del CIAG-Vista Florida, Lambayeque, Perú. 1979.

Clave	Caracteres	Días de los deshierbos
Sm. 14 días	Desmalezado 14 días	7° día, partiendo de la siembra
Sm. 28 días	Desmalezado 28 días	7° día y 21° día
Sm. 42 días	Desmalezado 42 días	7°, 21°, y 35 día
Sm. 56 días	Desmalezado 56 días	7°, 21°, 35° y 49 día
Sm. 70 días	Desmalezado 70 días	7°, 21°, 35°, 49° y 63° día
Sm. 84 días	Desmalezado 84 días	7°, 21°, 35°, 49°, 63° y 77° día
Sm. tc	Desmalezado todo el ciclo (100 días)	7°, 21°, 35°, 49°, 63°, 77°, y 91° día
Cm 14 días	Enmalezado 14 días	14°, 35°, 49°, 63°, 77°, y 91° día
Cm 28 días	Enmalezado 28 días	28°, 49°, 63°, 77°, y 91° día
Cm. 42 días	Enmalezado 42 días	42°, 63°, 77°, y 91° día
Cm 56 días	Enmalezado 56 días	56°, 77°, y 91° día
Cm. 70 días	Enmalezado 70 días	70°, y 91° día
Cm 84 días	Enmalezado 84 días	84° día
Cm tc.	Enmalezado todo el ciclo (100 días)	sin ningún deshierbo

Cuadro 2. Abundancia en número de las diferentes especies infestantes en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) 'Muy Finca'. Estación Experimental del CIAG-Vista Florida, Lambayeque, Perú, 1979.

Tratamientos	<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Bidens pilosa</i>	<i>Euphorbia hypericifolia</i>	<i>Sida paniculata</i>	<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Sorghum halepense</i>
Cmtc	516.2 a*	278.7 a*	242.2 a*	89.7 a*	62.7 a*	54.0 a*
Cm 84 d	224.0 b	99.7 b	67.0 b	13.2 g	22.2 bcd	15.5 bcde
Sm 42 d	156.2 bc	76.7 bc	52.2 bc	53.7 b	18.2 cd	6.5 de
Sm 70 d	142.0 bc	57.7 bc	61.5 b	50.7 b	31.2 abc	15.0 bcde
Cm 14 d	140.2 bc	63.2 bc	62.2 bc	37.2 bcdef	43.0 abc	19.0 bcd
Sm 56 d	122.2 bcd	84.7 b	26.2 bc	46.7 bc	23.0 bcd	7.5 cde
Sm 28 d	118.7 bcde	33.7 d	53.0 bc	42.2 bcd	6.7 d	3.2 e
Cm 42 d	111.7 bcde	41.2 cd	52.0 bc	17.5 ebg	55.5 ab	11.7 bcde
Cm 56 d	69.7 cde	56.2 bc	40.5 bc	38.5 bcde	40.5 abc	28.5 ab
Cm 28 d	45.0 def	42.7 cd	59.7 b	25.0 defg	30.0 bcd	15.7 bcd
Cm 70 d	41.0 ef	57.7 bc	25.2 c	15.5 g	36.7 abc	21.7 bc
Sm 14 d	40.5 ef	55.0 cd	30.0 bc	50.5 bc	50.2 ab	22.5 bc
Sm 84 d	28.2 f	61.5 bc	61.0 bc	49.2 bc	46.5 abc	17.7 bcd
Smtc	22.0 f	11.0 d	10.0 c	21.5 defg	35.0 abc	9.5 cde
	C.V. = 17.7%	C.V. = 16.6%	C.V. = 23.0%	C.V. = 14.5%	C.V. = 19%	C.V. = 24.3%

* En las pruebas de Tukey, aquellos tratamientos que muestran la misma letra son significativamente iguales entre sí.

Cuadro 3. Producción de biomasa (g/6 m²) del cultivo y de malezas monocotiledóneas y dicotiledóneas. Estación Experimental del CIAG-Vista Florida, Lambayeque, Perú, 1979.

Tratamientos	Plantas de frijol	Malezas monocotiledóneas	Malezas dicotiledóneas
Smtc	628.7 a*	3.9 f*	6.2 h*
Sm 70 d	613.5 ab	21.4 cd	19.1 fg
Cm 42 d	543.7 bcd	22.1 cd	44.4 de
Cm 28 d	541.5 bcd	17.3 cde	51.0 cde
Cm 14 d	514.5 de	11.7 def	16.7 fg
Sm 84 d	511.0 cde	32.8 c	38.4 e
Sm 42 d	503.2 cde	5.5 ef	12.2 gh
Sm 28 d	498.0 cde	13.2 def	48.8 cde
Sm 56 d	491.7 cde	12.0 def	20.9 f
Sm 14 d	486.5 def	35.2 c	47.5 cde
Cm 56 d	494.5 def	68.4 b	54.6 cd
Cm 70 d	443.5 fg	138.7 a	61.4 bc
Cm 84 d	442.2 fg	126.2 a	73.6 ab
Cmtc	351.7 g	150.7 a	85.4 a
	C.V. = 12.7%	C.V. = 6.8%	C.V. = 9.6%

* En las pruebas de Tukey, aquellos tratamientos que muestran la misma letra son significativamente iguales entre sí.

(Cuadro 4). Sin embargo, los tres últimos ya ocasionan pérdidas de más del 19% del rendimiento, que se incrementan en los demás periodos e incluso en el tratamiento con malezas todo el ciclo se llega a obtener sólo 731.2 kg/ha que con respecto a Sm 70 d significa una reducción del 57% de la producción.

La población de malezas es mínima al inicio del cultivo debido a las labranzas previas a la siembra en húmedo y por eso, las acciones de competencia no son pronunciadas. Por ello, en el tratamiento enmalezado 14 días, el rendimiento no disminuye significativamente, mientras que en los tratamientos

Cuadro 4. Rendimiento y porcentaje de reducción del peso total del grano de frijol. Estación Experimental del CIAG-Vista Florida, Lambayeque, Perú. 1979.

Tratamientos	Promedio kg/ha*	Producción %	Reducción %
Sm 70 d	1 702.08	100.00	0.00
Smtc	1 636.66 ab	96.12	3.88
Cm 14 d	1 500.41 abc	88.15	11.87
Sm 84 d	1 495.00 abc	87.83	12.17
Sm 42 d	1 375.00 abc	80.78	19.22
Sm 56 d	1 334.16 abcd	78.37	21.63
Cm 42 d	1 330.00 abcd	78.14	21.86
Cm 56 d	1 298.75 bcd	76.26	23.74
Cm 28 d	1 272.91 cde	74.73	25.27
Sm 28 d	1 152.91 def	67.68	32.32
Sm 14 d	1 065.00 def	62.55	37.43
Cm 70 d	1 037.50 def	60.92	39.08
Cm 84 d	1 029.16 ef	60.45	39.55
Cmtc	731.25 f	42.94	57.06

C V = 12.2%

* En las pruebas de Tukey, aquellos tratamientos que muestran la misma letra son significativamente iguales entre sí

con malezas 42 y 28 días ya se ocasionan reducciones del rendimiento en 21.8 y 25%. Con respecto a los tratamientos desmalezados, los que permite mayores reducciones de la cosecha con Sm 14 d, Sm 28 d, Sm 56 d, y Sm 42 d, mientras que los períodos más importantes por no tener efectos significativos de competencia son Smtc, Sm 70 d y Sm 84 d.

El período crítico está determinado por los óptimos permitibles a nivel de tratamientos enmalezados y desmalezados, es decir cm 14 d (máximo permitible) y Sm 70 d (mínimo permitible), lo que significa que el cultivo de frijol en siembra en húmedo es influenciado negativamente por la competencia de las malezas en el período que va del 14 al 70avo día de la siembra del cultivo.

Conclusiones

Las malezas más agresivas durante todo el ciclo del cultivo fueron *Amaranthus hybridus*, *Bidens pilosa*, *Euphorbia hypericifolia*, *Portulaca oleracea* y *Sorghum halepense*; mientras que *Sida paniculata* ocurrió significativamente al final del ciclo.

Con base en el rendimiento y a los porcentajes de producción y reducción el período crítico de competencia de las malezas sobre el frijol en siembra en húmedo comprende al tiempo que va del 14 al 70avo día partiendo de la siembra del cultivo.

Resumen

En las condiciones de Lambayeque, Perú, en la Estación Experimental de Vista Florida, se realizó un estudio para determinar el período crítico de competencia de las malezas con el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) 'Muy Finca' con la modalidad de siembra en húmedo.

Los tratamientos sin maleza durante los primeros 70 días y sin malezas por todo el ciclo dieron rendimiento de 1702 y 1636 kg/ha de frijol respectivamente. En el tratamiento enmalezado todo el ciclo, el rendimiento fue de sólo 731.2 kg/ha de frijol, lo que significa un 57% de reducción de la producción.

De acuerdo a los efectos de los tratamientos enmalezados y desmalezados sobre el cultivo, el período crítico de competencia de las malezas con el frijol en condiciones de siembra en húmedo se encuentra comprendido en el tiempo que va del 14 al 70avo día, después de la siembra del cultivo.

22 de enero de 1982

LUIS CERNA BAZAN*

* Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo", calle: 8 de octubre No. 637-Lambayeque, Perú.

Literatura citada

1. AGUNDIS, M. Periodos de competencia entre el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y las malezas. Agricultura Técnica en México 2(2):87-90. 1968.
2. BLEASDALE, J. Studies on plant competition. In: Symposium British Ecology Society Oxford Biology of weeds. pp. 133-142. 1962.
3. CERNA, B. Determinación del periodo crítico de competencia de las malezas en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* 'Marglobe') en 1978. Avances en Investigación 9(1-2): 51-57. 1979.
4. LABRADA, R. y GARCIA, F. Periodo crítico de competencia de malas hierbas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Agrotecnia de Cuba 10(1):67-72. 1978.
5. KASASIAN, L. y SEEYAVE, J. Critical periods for weed competition. PANS 15:208-212. 1969.
6. NIETO, J. BRONDO, M. A., y GONZALEZ, J. I. Critical periods of the crop growth cycle for competition from weeds. PANS 14:159-166. 1968.

Influence of weather on pod yield and growth attributes in bunch groundnut.

Resumen. Este experimento se realizó en la Estación Experimental Agrícola Bhavanisagar, Tamil Nadu, Sur de la India, durante cuatro estaciones consecutivas desde 1976 hasta 1978. Se estudió el efecto del clima sobre el crecimiento y rendimiento de maní bajo irrigación. La mayor humedad relativa durante el monzón, favoreció el crecimiento y la altura de las plantas. La duración solar no afectó la producción de flores. El mayor rendimiento de vainas durante el verano se atribuye a la alta temperatura, bajo humedad relativa, poca precipitación y elevada radiación solar en especial durante el período de llenado de la vaina.

Climatic components, especially temperature and rainfall, exercise a profound influence on crop

growth and yield (10). Among eight field crops studied, groundnut was the least vulnerable to fluctuations in weather (6), virtually no association could be established between monthly precipitation and total and groundnut yields for thirteen years (4). Low temperature depresses flower and peg formation (5), but according to Wood (11), high temperature is deleterious to pod formation. In view of these contradictory reports, a study was instituted to elucidate the effect of weather on groundnut yield and growth and the results are reported herein.

Materials and methods

The experiment was conducted at the Agricultural Research Station, Bhavanisagar, Tamil Nadu on a red sandy loam soil for four consecutive seasons comprising two each of monsoon and summer during 1976-1978 in a split plot design with plant density (29.6 and 44.4/m²) and phosphorus levels (0, 40 and 80 kg/ha) in the main plot and herbicides (alachlor, nitrofen, penoxalin, hand weeding) in the sub-plot. Seeds of POL 2 were dibbled in plots measuring 3.6 x 3.6 m. A basal dose of 20 kg N, 40 kg P₂O₅ and 60 kg K₂O per ha was incorporated in the soil at the time of sowing. Besides total number of flowers produced at maturity the following growth and yield attributes were recorded on five random plants: (a) plant height (b) dry matter production (DMP) (c) uptake of nitrogen, phosphorus and potash (d) number of mature pods/plant (e) 100 kernel weight. Pod yield per plot was recorded and expressed as kg/ha after moisture correlations.

Weather parameters like minimum and maximum temperature, rainfall, sunshine hours and relative humidity were recorded twice daily in conformity with India Meteorological Department Specifications for the reproductive phase of the crop.

Results and discussion

Data on pod yield and growth attributes are presented in Table 1. Weather parameters for the flowering and pod formation stages are given in Table 2.

Plant height was consistently higher during the monsoon than in the summer season. The increased height during monsoon is attributed to higher relative humidity (RH) during the season since according to Fortanier (3), with increasing RH, vegetative growth also registers an increment. Dry weight of shoot also was comparatively more in monsoon, lending support to this relationship.

Flowering in plants with less photoperiods is less than in those with high photoperiods (1). In the

Table 1. Growth attributes and pod yield in 'POL 2' during four seasons.

Growth attributes and pod yield	Monsoon		Summer	
	1976	1977	1977	1978
Plant height (cm)	49.1	48.5	42.7	42.9
No. of flowers/plant	45.8	55.3	52.8	54.2
Dry weight of shoot (kg/ha)	402.7	419.1	365.7	417.0
N uptake (kg/ha)	160.1	163.1	168.9	183.9
P uptake (kg/ha)	8.2	8.4	8.6	9.2
K uptake (kg/ha)	84.1	85.9	89.1	96.9
No. of mature pods/plant	20.3	20.8	22.3	21.9
100 kernel weight (g)	28.7	28.4	33.0	31.4
Pod yield (kg/ha)	2371	2330	2930	3003

Table 2. Weather parameters during flowering and pod filling phases during four seasons.

Weather Parameters	Flowering phase				Pod-filling phase			
	Monsoon		Summer		Monsoon		Summer	
	1976	1977	1977	1978	1976	1977	1977	1978
Maximum temperature °C								
Mean	33.6	30.5	32.4	31.8	30.3	29.4	35.3	36.2
Range	30.7-34.8	28.6-32.4	31.3-33.5	31.0-32.0	28.7-31.5	28.2-30.3	34.4-36.0	35.1-37.0
Minimum temperature °C								
Mean	23.5	23.7	21.7	21.2	21.7	20.5	25.2	24.5
Range	22.9-24.5	23.4-24.0	19.2-23.6	19.8-22.8	21.0-22.1	18.6-22.1	14.2-26.0	24.1-24.0
Rainfall (mm)								
Precipitation	81.0	329.8	49.6	32.6	336.8	76.2	42.4	72.0
Rainy days	10	27	1	1	11	6	4	4
Sunshine hours								
Daily mean	7.0	6.6	9.2	8.7	5.6	7.6	7.9	9.0
Total	353	328	459	437	225	302	314	361
Relative humidity %								
Morning 0722 hrs	77.6	91.6	86.0	93.0	91.0	90.3	81.3	81.0
Evening 1422 hrs	46.4	63.2	38.0	55.0	60.0	56.3	45.3	40.5

present investigation however, though sunshine hours were markedly less in monsoon than in summer, no appreciable variation in flower production was discernible between the two seasons. Thus, light quantity appears to have no bearing on flower production. Similar finding has earlier been documented (9).

Summer recorded more pod yield than monsoon. The weather factors that were instrumental for this enhanced yield are (i) high temperature (ii) low RH (iii) low rainfall and (iv) high solar radiation during the pod filling phase.

Under low temperature, flowers formed do not develop pegs (5). This is borne out in the present

study, where a parallelism is evident between temperature and pod number. Thus monsoon which gave low pod number was characterised by low night temperature during the pod formation stage. This accounts for the low pod yield. A high RH is accompanied by increased vegetative growth (3), especially during the monsoon season.

Proliferation of vegetative growth leads to depletion of carbohydrates by their utilisation for synthesis of organic nitrogen (7); this explains the poor kernel weight in monsoon which had depressed pod yield. Pod yield was found to be a function of the radiation received during the ripening period (8). In the present investigation sunshine hours were more in

summer probably contributing to the higher pod yield.

It is seen that in monsoon 1977 precipitation during flowering phase was as high as 329.8 mm, the corresponding figure for summer was only 50 mm. Similarly the rainfall during monsoon 1976 was nearly five times as much as in summer. This high precipitation might have considerably lowered the nutrient status of the soil and this is reflected in the comparatively low plant uptake of nutrients. The high rainfall might have also interfered with the development of flowers into pegs by washing of the pollen (2).

Summary

An experiment was conducted at Agricultural Research Station, Bhavanisagar, Tamil Nadu, South India, for four consecutive seasons during 1976-78 to assess the effect of weather on growth and yield of bunch groundnut under irrigated conditions. Higher relative humidity during monsoon season enhanced the plant height and vegetative growth. Sunshine hours had no bearing on flower production. Increased pod yield in summer season was attributed to high temperature, low relative humidity, low rainfall and high solar radiation that prevailed during pod filling phase of the crop.

Acknowledgement

The senior author is indebted to the Tamil Nadu Agricultural University for having permitted him to prosecute the Doctoral programme, of which this study forms a part as a part-time scholar.

April 10, 1981

R. KULANDAIVELU*
Y. B. MORACHAN*

* Associate Professor, Professor and Head, Department of Agronomy, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore-3.

Literature cited

1. ALEGRE, G. A contribution to the study of photoperiodism in groundnuts in relation to temperature. *Field Crop Abstracts* 11:1085, 1957.
2. DUNLAP, A.A. Fruiting and shedding of cotton in relation to light and other limiting factors. *Texas Agricultural Experiment Station Bulletin No. 677*, pp1-104, 1945.
3. FORTANIER, E.J., De Beinvloeding van de Bloei By *Arachis hypogaea* Mededelingen Land Wageningen, 57:1-116, 1957.
4. HSI, D.C.M. Effects of temperature and precipitation on yields and hull discoloration of Valencia peanuts. *Research Report of the Agricultural Experiment Station, University of New Mexico, 1977. No. 353.*
5. JACOBS, W.P. The growth of peanut at various diurnal and nocturnal temperatures. *Science*, 114:205-206, 1951.
6. Mc CLOUD, D.S. Florida field crop yield trends with a changing climate. *Proceedings of Soil and Crop Science Society of Florida* 36:200-204, 1977.
7. MURATA, Y. Physiological response to nitrogen in plants in Physiological aspects of crop yield. J.D. EASTIN (ed). *American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA.* p. 235-259, 1969.
8. PALLAS, J.E and SAMISH, Y.B. Photosynthetic response of peanut. *Crop Science* 14:478, 1974.
9. PREVOT, P. and OLLAGNIER. Diagnostic foliaire du palmier de'huile et de l'arachide. *Plant Analysis and Fertiliser Problems IRHO Paris: 239-260, 1952.*
10. SIKKA, M.S. and DATUR, R.H. Cotton in India. *Indian Central Cotton Committee.* 40-59, 1960.
11. WOOD, I.M.W. The effect of temperature at early flowering on the growth and development of peanuts. *Australian Journal of Agricultural Research*, 19:241-251, 1968.

Effects of storage condition and length of storage time on the quality of eggs in Nigeria

Resumen. Efecto de las condiciones y la longitud del período de almacenamiento sobre la calidad de los huevos en Nigeria. Este estudio se realizó para observar el efecto de las condiciones y la longitud del período de almacenamiento sobre la calidad de los huevos en Nigeria. Se almacenó huevos a temperatura ambiente (30°C) y en refrigeración (5°C) por período desde 1 hasta 3 semanas. Basados en la pérdida de peso, las unidades Haugh, el índice de yema, el índice de albúmina, el grosor de la cáscara y la aceptación del huevo después de ocho semanas de almacenamiento, se recomienda que, bajo las condiciones de Nigeria, no se almacenen huevos a temperatura ambiente por más de una semana mientras que bajo refrigeración pueden mantenerse hasta por ocho semanas sin una pérdida apreciable en calidad.

In Nigeria as in many other developing tropical countries, table eggs for sale are kept at room temperature conditions for periods varying between one week to even eight weeks before they are completely bought off by consumers. In some cases, road side egg sellers keep their eggs exposed to the sun. Under such environmental conditions it is possible that the eggs may appreciably go down in quality after some period of time. Fry and Newell (3) and Reinke *et al.* (6) emphasized the importance of storage condition on egg quality. With the larger production of eggs in Nigeria and the increase of table egg consumption as a protein source in the Nigerian diet, it is important to look at the effect of storage condition and length of storage time on the quality of eggs consumed. This study was therefore carried out to determine the loss in weight and quality which will occur when eggs are stored at room temperature conditions for periods ranging from one week to eight weeks as compared with those stored in the refrigerator for the same length of time.

Materials and methods

A total of two hundred eggs from laying birds of the Harco breed which had been in lay for about 3 months were collected on the same day from the University of Ife Teaching and Research Farm. Prior to the day of collection, all the birds had been maintained on the same laying ration. The eggs were immediately taken to the laboratory and each of them was weighed to the nearest gram. Sixteen of the eggs were removed and eight of them were broken out and used to estimate yolk index, albumen index, Haugh unit and shell thickness. The other eight were broken out and the contents pooled together were used to determine the moisture, crude protein and ash contents by the methods of the Association of Official Analytical Chemists (1).

Yolk index was estimated as the ratio of the width of the broken out yolk to the height multiplied by 100. The height was determined with a depth micrometer mounted on a tripod and the width with a measuring rule. Albumen index was determined by dividing the height of the dense albumen by the width, multiplied by 100. Height and width measurements were as in the yolk index determination. In measuring the height and width of the yolk and albumen, the egg was cracked and opened onto a flat glass surface. Haugh unit was computed as

$$\frac{(\log \text{ white height}) \times 100 \times \text{weight}}{56.7}$$

Shell thickness was measured with a paper thickness 'starret' gauge. The membrane from each shell was removed and the measurements taken from three points on each shell. The shell thickness value used for each egg was the average of the three measurements. The remaining one hundred and eighty-four eggs were divided into two groups of 92 eggs each. One group of 92 was stored at room temperature of about 30°C while the other group was stored in the refrigerator at about 5°C. At the end of each week eight eggs were picked from each group. They were weighed and the weight changes noted. Four from each group were broken out and used to estimate yolk index, albumen index, Haugh unit and shell thickness while the other four from the same group were broken out and the contents pooled and used for the determination of the moisture, crude protein and ash contents. After the measurements for week eight, the remaining eggs were given out to individuals for boiling and frying so as to ascertain the acceptability of the eggs after eight weeks of storage.

Results

The mean square values and levels of significance for the effect of storage condition (refrigerated or room temperature) are presented in Table 1. The results show that storage under room temperature significantly ($P < 0.01$) increased percentage weight loss and yolk index while it significantly ($P < 0.01$) reduced Haugh unit value, albumen index and ($P < 0.05$) ash content. The storage condition did not significantly affect moisture content, crude protein content and shell thickness. Shell thickness decreased (though non significantly) when the eggs were stored at room temperature.

The results of the effect of storage condition and length of storage time are presented in Table 2.

Table 1. Effect of storage of eggs in the refrigerator or under room temperature on egg quality characteristics.

Parameter estimated	Storage conditions		Mean square and level of significance
	Refrigerated	Room temperature	
Weight loss (%)	2.57	4.94	22.4913**
Yolk index	29.98	48.99	1164.5156**
Albumen index	81.77	34.28	204.9596**
Haugh unit	66.38	34.80	506.7366**
Shell thickness	51.08	49.62	8.5849n.s
Moisture content (%)	74.21	74.29	0.0240n.s
Crude protein (%)	13.66	12.59	1.5006n.s
Ash content (%)	1.03	0.98	0.0103*

Table 2. Effects of storage on egg quality characteristics.

Parameter estimated	Initial value	Storage* Condition	Storage duration (weeks)								SE of mean
			1	2	3	4	5	6	7	8	
Weight loss (%)	-	R	0.29 ^a	0.70 ^a	1.02 ^b	2.20 ^d	3.29 ^e	3.84 ^f	4.25 ^g	4.95 ^h	0.24
		U	1.46 ^a	2.18 ^b	3.33 ^c	4.16 ^d	5.66 ^e	6.55 ^f	8.12 ^g	8.05 ^g	0.39
Yolk index	21.23	R	19.83 ^a	20.99 ^a	21.03 ^a	21.93 ^a	20.98 ^a	21.95 ^a	20.27 ^a	20.59 ^a	0.64
		U	25.24 ^a	39.02 ^{ab}	43.88 ^{abc}	49.48 ^{bc}	54.39 ^{bc}	56.41 ^{bc}	60.97 ^{bc}	61.42 ^{bc}	2.68
Albumen index	93.51	R	91.63 ^a	87.02 ^a	74.16 ^a	77.57 ^a	82.76 ^a	74.43 ^a	88.62 ^a	80.41 ^a	9.33
		U	38.86	27.41	-	-	-	-	-	-	**
Haugh unit	74.49	R	68.29 ^a	65.85 ^a	63.49 ^a	65.82 ^a	67.00 ^a	65.26 ^a	70.97 ^a	64.22 ^a	4.69
		U	40.03	33.52	29.52	-	-	-	-	-	**
Shell thickness (mm)	0.62	R	0.59 ^b	0.58 ^b	0.57 ^b	0.53 ^{ab}	0.49 ^{ab}	0.48 ^{ab}	0.42 ^a	0.42 ^a	0.04
		U	0.58 ^c	0.58 ^c	0.56 ^{bc}	0.48 ^{ab}	0.45 ^{ab}	0.47 ^{ab}	0.42 ^a	0.43 ^a	0.02

* R and U denote storage in the refrigerator and at room temperature respectively

** Incomplete measurements because of the liquefied albumen.

a, b, c, d, e, f, g, h Means in the same row bearing different superscripts are significantly different from one another ($P < 0.05$).

Haugh unit

The Haugh was maintained at about the same value for the refrigerated eggs all through the eight weeks of storage. For the unrefrigerated eggs Haugh unit dropped sharply after one week of storage. The value for the unrefrigerated eggs after one week of storage never approached any of the values recorded for the refrigerated eggs all through the eight weeks of storage. Haugh unit measurements for the unrefrigerated eggs was stopped after 3 weeks of storage because of the very liquid nature of the albumen at this stage.

Yolk index

The same trend applied to the yolk index. After eight weeks of storage the yolk index was 20.59 for the refrigerated eggs while it was 61.42 for the unrefrigerated eggs. The value of yolk index for the unrefrigerated eggs after one week of storage was even higher than the value for the refrigerated eggs after eight weeks of storage. Whereas yolk index for the unrefrigerated eggs significantly increased as the storage period increased, the yolk index for the refrigerated eggs was not significantly affected as the period of storage increased. The yolk index value

after eight weeks of storage did not deviate much from the initial value before storage commenced.

Albumen index

Albumen index value was high all through the eight weeks for the refrigerated eggs. It was not significantly affected with increased storage time. For the unrefrigerated eggs, the albumen index value fell sharply after one week of storage and after two weeks of storage it could not be measured because the albumen was already liquefying.

Percentage weight loss

The length of storage time significantly ($P < 0.01$) increased the percentage weight loss. As the storage time increased the percentage weight loss increased both for the refrigerated and the unrefrigerated eggs. However the percentage loss was higher with the unrefrigerated eggs. Whereas unrefrigerated eggs lost 2.18% of their weight after two weeks of storage, the refrigerated eggs lost an equivalent value after 4 weeks of storage. After eight weeks of storage the refrigerated eggs had lost 4.95% of their weight while the unrefrigerated eggs had lost 8.05% of their weight.

Shell thickness

Shell thickness was significantly reduced with increased storage time. This was slightly more with the unrefrigerated than with the refrigerated eggs. Under each condition of storage, the drop in shell thickness became significant after the third week of storage.

Acceptability

Individuals who fried or boiled eggs after the eight weeks storage period found that the refrigerated eggs were acceptable while the eggs stored at room temperature showed unpleasant odour, the boiled yolk pushed towards the blunt end of the egg, discoloured albumen and were unacceptable for human consumption.

Discussion

The important point in this study is the effect of the storage condition and length of storage time on the different egg quality characteristics.

Haugh unit

One of the important interior quality measurements is the Haugh unit. The results of this study

show that refrigeration of eggs preserved the Haugh unit value even when the eggs were stored for up to eight weeks. On the other hand at room temperature conditions in Nigeria, Haugh unit decreased appreciably when eggs were stored for even one week. This is important when it is realised that Haugh unit is a very good measure of egg interior quality which significantly correlates with most of the quality measurements (9). Trail (8) and Orr and Fletcher (5) have also reported reduced Haugh unit values for eggs stored at room temperature when compared to eggs stored under refrigerated conditions. The reduced Haugh unit values at room temperature storage (30°C) when compared to the values under refrigerated storage (5°C) could be related to the liquefied albumen of eggs stored at room temperature. With increased liquefaction of the albumen, the albumen height was reduced and therefore affected the Haugh unit values.

Yolk index and albumen index

From the definition used in this study in measuring the yolk index, the ratio of the width of the broken out yolk to its height, as the yolk became flatter with the storage period the value of the yolk index became larger for the poor quality eggs. Using yolk index as a measure of quality, it means that cold temperature preserved quality even when the eggs were stored for up to eight weeks while room temperature storage rapidly decreased egg quality even with up to one week of storage. Albumen index which is another measure of quality decreased with storage under room temperature while it was not significantly affected by refrigeration. This is to be expected since under room temperature storage the height of the albumen significantly decreased while there was liquefaction which increased albumen width. Romanoff and Romanoff (7) had reported that the liquefaction of the albumen is due to the tendency for the mucin content of the dense albumen to decrease. It may therefore be that cold storage preserved the mucin content of the albumen while room temperature storage decreased it and therefore brought about decreased egg quality. Looking at the maintenance of the different quality criteria by cold temperature (5°C) storage when compared to room temperature storage (30°C), it is pertinent to note that Card and Nesheim (2) reported that a storage temperature of about 4.4°C is good for egg storage.

Weight loss

The greater loss in weight recorded in this study following room temperature storage has been reported by Romanoff and Romanoff (7) and Meyer and Spencer (4). The increased percentage weight loss of the eggs with room temperature storage may in

part have been caused by the lower shell thickness at room temperature storage than under refrigerated conditions. With reduced shell thickness there would probably be an increase in porosity of the shell leading to a greater loss of water and gases from the eggs. There was also a lower ash level of the eggs stored at room temperature.

Acceptability

The unpleasant odour after eight weeks of storage for the eggs stored at room temperature could be due to increased chemical changes of the egg content. Romanoff and Romanoff (7) indicated the production of H₂S from breakdown of egg contents when eggs are stored. Such production of H₂S and probably some other breakdown products might have been responsible for the unpleasant odour noted. The eggs stored in the refrigerator showed no such unpleasant odour and were still acceptable to individuals after eight weeks of storage. It therefore appears that storage under refrigerated conditions prevents or retards the rate of breakdown of egg contents.

From the results of this study and considering the different interior quality measurements, it appears that under the conditions in Nigeria, table eggs should not be stored at room temperature conditions for more than a week whereas storage in the refrigerator will permit the eggs to be kept for up to eight weeks without appreciable loss in quality.

Summary

An experiment was carried out to study the effects of storage condition and length of storage time on the quality of eggs in Nigeria. Eggs were stored either at room temperature (30°C) or in the refrigerator (5°C) for periods varying from one week to eight weeks. On the basis of percentage weight loss, Haugh unit, yolk index, albumen index, shell thickness and acceptability of the eggs after eight weeks of storage, it is recommended that under the conditions in Nigeria, table eggs should not be stored at room temperature for more than a week whereas storage in the refrigerator will permit eggs to be kept for up to eight weeks without appreciable loss in quality.

October 3, 1982

O. C. ONWUDIKE*

E. B. SONAIYA*

* Department of Animal Science, University of Ife, Ile-Ife, Nigeria.

Literature cited

1. A.O.A.C. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C 1975.
2. CARD, L.E. and NESHEIM, M.C. Poultry production, Philadelphia, U.S.A. Lea and Febiger, 1973.
3. FRY, J.L. and NEWELL, G.W. Management and holding conditions as they affect the interior quality of eggs. *Poultry Science* 36:240-246, 1957.
4. MEYER, R. and SPENCER, J.V. The effect of various coatings on shell strength and egg quality. *Poultry Science* 52:703-711, 1973.
5. ORR, H. L. and FLETCHER, D. A. Eggs and egg products. Publication 1948, Canada Department of Agriculture, 1973.
6. REINKE, W.C., SPENCER, J.V. and TRYHEW, L.J. The effect of storage upon the chemical physical and functional properties of chicken eggs. *Poultry Science* 52:692-702, 1973.
7. ROMANOFF, A.L. and ROMANOFF, A.J. The avian egg. John Wiley and Sons. Inc. New York, 1963.
8. TRAIL, J.C.M. The effect of storage time and holding temperature on egg interior quality in Uganda. *Poultry Science* 42:310-313, 1963.
9. WESLEY, R.L. and STADELMAN, W.J. Measurements of interior egg quality. *Poultry Science* 38:474-481, 1959.

Reseña de libros

LEPP, N. W (ed) *Effects of heavy metal pollution on plants*. Vol. 1. Applied Science Publ. London. 1981. 352 p.

Este volumen es una adición útil a la bibliografía reciente sobre contaminación ambiental. Aquí se resume y se interpreta en forma global mucha de la literatura reciente que se ha publicado en la bibliografía agrícola, química, ecológica y la especializada en contaminación ambiental.

El primer capítulo resume la información sobre la química y la bioquímica de los oligometales en sistemas biológicos. Se estudia también en éste las técnicas analíticas para comprender estos sistemas. Una bibliografía de casi 200 trabajos que llegan hasta el año 1981 completa este capítulo.

El segundo capítulo se dedica a la comprensión de la mínima toxicidad del plomo en plantas. Se revisa con cuidado especial la absorción de este elemento por las plantas y su distribución en ellas. De nuevo unas 100 referencias permiten estudios adicionales para los interesados.

El tercer capítulo se dedica al problema del cadmio. Se estudia la absorción del elemento por plantas y los factores que lo afectan. El efecto acumulativo en este elemento se analiza cuidadosamente, así como la amplia información existente sobre el elemento. La síntesis de la información geoquímica, biológica y agronómica es un mérito especial de este capítulo y del volumen en general. Una bibliografía de casi cien referencias completa el capítulo.

La problemática sobre cobre es el tópico del cuarto capítulo. El enfoque de este capítulo es similar al del cadmio con una bibliografía que incluye casi el doble de referencias del capítulo anterior.

El quinto capítulo se dedica al zinc con un enfoque idéntico al de los anteriores. Estos resúmenes, son muy bien documentados sobre elementos individuales. En este capítulo se considera con especial énfasis la investigación agrícola sobre este elemento, cuya bibliografía es más corta que la de los anteriores.

Níquel es el elemento estudiado en el sexto capítulo, documentado con casi 150 citas. Se da énfasis especial al problema de las regiones alrededor de plantas

procesadoras de este metal. Se discute por lo tanto la conocida toxicidad de este elemento para las plantas y las grandes variaciones que presenta.

En el octavo capítulo se discuten otros oligoelementos metálicos como Al, Ba, Cr, Co, Au, Fe, Mn, Pt, Pd, Ag, Tl, Sn, W, U y V. Evidentemente un campo amplio ocupa un capítulo largo, aquí aproximadamente la quinta parte del volumen y presenta una amplia bibliografía de 319 citas.

El último capítulo es dedicado a los metaloides G, As y Sb. Como son solamente tres los elementos discutidos reciben cada uno una amplia discusión y son muy bien documentados con 293 referencias.

Un amplio índice de materias concluye este volumen útil recomendado a todos los interesados en la química de elementos pesados en plantas, sea desde el punto de vista agrícola, biológico o de protección del medio ambiente.

ELEMER BORNEMISZA
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

NICKELL, L. G. *Plant growth regulators. Agricultural uses*. Springer Verlag, New York. 1982. 173 p.

Este libro ilustra el gran avance logrado en el uso de reguladores de crecimiento en la agricultura durante las últimas tres décadas con un excelente compendio de referencias con el aporte de la experiencia del autor tanto desde el punto de vista científico como comercial.

A diferencia de la mayoría de los libros sobre este tema, que tratan el efecto de los reguladores de crecimiento por familias de afinidad química, el autor plantea 23 capítulos en los cuales hace una revisión muy concisa con una exhaustiva revisión bibliográfica sobre los principales efectos fisiológicos de los reguladores de crecimiento en las plantas. Se cubren aspectos que van desde la germinación de la semilla, o el enraizamiento de una estaca, hasta la senescencia incluyendo algunos capítulos novedosos como son los referentes al efecto gametocida de algunos productos, la resistencia de plagas y enfermedades inducida cuando se aplica reguladores de crecimiento exógenos y los efectos de estos en la nutrición mineral, la composición química y la modificación de la expresión sexual de los vegetales.

El capítulo 23, incluye una amplia revisión sobre toxicología y precauciones para el uso de reguladores de crecimiento, lo cual es un aspecto poco usual en este tipo de obra.

Finalmente el resumen que se presenta en el capítulo 24, da al lector una rápida revisión sobre los avances logrados en el conocimiento sobre el uso de reguladores de crecimiento, desde la época del descubrimiento del 2-4 D, durante la segunda guerra mundial hasta nuestros días.

Este es un libro de consulta para fitofisiólogos y agrónomos especializados en el manejo de fitoreguladores, es también una excelente guía para profesores universitarios en la enseñanza de cursos avanzados sobre reguladores de crecimiento.

OSCAR ARIAS MOREIRA
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SAN JOSE, COSTA RICA

LASHOMB, J. H. y CASAGRANDE, R. eds. Advances in potato pest management. Stroudsburg, Pennsylvania, Hutchinson Ross Publishing Company, 1981. 288 p. US\$ 22.50.

Este libro es el resultado de un simposio, sobre "Avances recientes en el manejo de plagas de la papa (1980)". El libro consiste de 17 capítulos, los cuales hacen hincapié en las plagas de la papa en los EE.UU. y a un nivel más reducido, sobre las plagas en Europa. La carencia de investigadores sudamericanos y la falta de citar los trabajos latinoamericanos es muy evidente. Los trabajos expuestos tratan de programas locales y con plagas individuales. No se ha incluido un capítulo que trate de resumir programas del manejo de plagas, o de integrar los trabajos de las variadas disciplinas representadas en el texto. A pesar de estas deficiencias, el contenido del libro es de alta calidad y demuestran la diversidad que existe entre los investigadores de las plagas de la papa. La calidad e igualdad de los capítulos sirven para demostrar la labor destacada de los editores.

El libro comienza con un capítulo sobre la fisiología de la papa, y le siguen siete más sobre el escarabajo colorado de la papa (*Leptinotarsa decemlineata*), lo cual señala su importancia en la producción de la papa en Europa y Norteamérica. También hay capítulos sobre las plagas de las semillas, el control biológico de las plagas, nematodos, hongos (*Phytophthora infes-*

tans) y la resistencia de la papa a las plagas. Aunque los capítulos son específicos y especializados, el libro a de servir como una referencia importante para los investigadores en el control de las plagas de la papa.

HAROLD G. FOWLER
DEPARTMENT OF ENTOMOLOGY &
NEMATOLOGY
UNIVERSITY OF FLORIDA
GAINESVILLE, FLORIDA 32611
EE. UU

GOTTLIEB, O. R. Micromolecular evolution, systematics and ecology. Springer Verlag. 1982. 170 p.

Desde tiempos inmemorables el hombre se ha interesado por clasificar a las plantas en grupos afines. Los primeros esfuerzos en este sentido fueron, lógicamente, basados en características de morfología externa, pero conforme el desarrollo científico y tecnológico lo han permitido, los taxónomos vegetales se han valido de técnicas más complejas para lograr su propósito. Así la estadística, la informática, la bioquímica, la citogenética y la microscopía electrónica se han constituido en instrumentos útiles para el biosistemático, en su afán de establecer las posibles relaciones entre los diferentes grupos de plantas.

En esta obra se presenta un primer esfuerzo general que trata de demostrar que la variación estructural de los compuestos químicos secundarios forman un "continuo" sistemático y geográfico, que se expresa en la variación estructural de los derivados metabólicos de un determinado grupo biogenético, o en la homología de las rutas metabólicas. El libro se basa en la idea de que una clasificación natural de las plantas sólo se logra si se toman en cuenta, tanto las características morfológicas como las sustancias aleloquímicas, que están sujetas a las mismas restricciones genéticas y ambientales. Y si se logra integrar en un mismo sistema los aspectos morfológicos y químicos de una manera ponderada.

El libro está dividido en 17 capítulos, los tres primeros establecen las bases generales del empleo de las sustancias aleloquímicas en la sistemática vegetal y su relación con la sistemática morfológica. En los capítulos 4 y 5 se discute en forma general la evolución de las sustancias flavonoides en *Embryobionta* y las sustancias aleloquímicas en *Angiospermate*, respectivamente. Por otra parte, en los capítulos 6 a 11 se discute la evolución de diferentes compuestos secundarios en varios grupos de plantas y en los capítulos 12

a 14 se consideran varios aspectos de la quimiosistemática de las leguminosas. En el capítulo 15 se analiza con cierto detalle la quimiosistemática del género *Aniba*, grupo de lauráceas neotropicales que incluye 41 especies, mayormente arborescentes, distribuidas en la región amazónica y áreas vecinas. En el penúltimo capítulo se analiza la evolución de los pigmentos azules de las flores, los órganos de la planta que tradicionalmente han servido como base para muchos sistemas de clasificación. Finalmente, en el capítulo 17 se trata de demostrar que la integración de las sustancias aleloquímicas y la morfología pueden tener un valor significativo en la sistemática vegetal.

Sin lugar a dudas, el autor de esta obra ha realizado una magnífica labor de integración del conocimiento fitoquímico de los compuestos secundarios y las posibles relaciones de los grupos de plantas en que estos se presentan. Es realmente impresionante la coincidencia que se observa en muchos casos, entre la variación de estos compuestos y la morfología de las plantas, base tradicional de los sistemas taxonómicos de las plantas. La fitoquímica es un valioso elemento para la comprensión de muchos problemas de taxonomía y evolución en plantas, pero debido a la complejidad de los métodos que se emplean, su uso está un tanto restringido para el botánico sistemático. Sin embargo, es interesante mencionar que aunque el botánico sistemático ha fundamentado la clasificación de las plantas en características morfológicas, los dendrólogos han considerado otros aspectos tales como: secreciones, olores y sabores. Estas características son evidentemente expresiones cualitativas de muchas de las sustancias secundarias que el Dr. Gottlieb analiza en su obra. Por ejemplo, cuando un dendrólogo hace alusión al olor a "plata" o a "aguacate" de las lauráceas, en buena parte analiza organolécticamente las benzil-tetra-hidroisoquinolinas. Sería muy deseable disponer de pruebas relativamente sencillas de fitoquímica que facilitaran al botánico, por lo menos en parte, el uso del gran potencial sistemático que tienen los compuestos secundarios.

Esta obra es a no dudar de consulta obligada para el estudio de la evolución y sistemática de las plantas, pero también es de interés para el químico de productos naturales y todos aquellos otros profesionales que se interesen en la química de las plantas y sus relaciones con los organismos vivientes.

LUIS A. FOURNIER O.
ESCUELA DE BIOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

E. NEMECZ. Clay minerals Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungría, 1981 547 p

Este es un volumen donde se discute en forma bastante amplia la información existente sobre minerales de arcilla, con ejemplos de Hungría y con un uso fuerte de la bibliografía húngara en este campo.

En la primera parte, que incluye como la mitad del volumen, se presenta la información sobre la estructura de los minerales de arcilla, documentada con 14 páginas de bibliografía, que por desgracia solamente llegó hasta el año 1972.

La segunda parte se dedica a la identificación de minerales de arcilla, con énfasis en trabajos en especies puras y para uso industrial. La breve bibliografía de esta parte llega hasta 1973 y presenta bastante información sobre los minerales individuales.

La última sección de la obra ocupa una tercera parte del volumen y es dedicada a la formación de los minerales de arcilla y contiene una amplia bibliografía.

Es un libro útil para minerólogos y especialistas en minerales de arcilla para uso industrial. Por desgracia, la importancia de las arcillas en los suelos recibe poca atención en el volumen y así su uso para especialistas en este campo es reducido.

ELEMER BORNEMISZA
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

ILACO, B. V. (ed.). Agricultural compendium for rural development in the tropics and subtropics. The Netherlands Ministry of Agriculture and Fisheries. The Hague, The Netherlands. Elsevier Scientific Publishing Co. 1981 739 p. (\$ 42.50).

La idea del Compendium es resumir aspectos prácticos de las disciplinas, en este caso en el campo agronómico, de manera que el agrónomo no especializado tenga a mano una guía segura en varias líneas de su trabajo. El presente compendio le fue encargado al International Land Development Consultants (ILACO) por el Ministerio de Agricultura y Pesca de Holanda para cumplir con el objetivo anteriormente mencionado.

En la confección del texto no se trató de cubrir todo el campo agronómico pero se cubrió hasta donde es posible los campos que más influyen sobre la producción agrícola. Cada capítulo le fue encomendado uno o más especialistas, principalmente investigadores de la Universidad de Agricultura de Wageningen.

El contenido del libro está organizado de forma que primero se detallan aspectos relacionados con el aspecto físico de la producción, entre ellos el clima, los suelos y las tierras, geodesia y el manejo del agua. Los siguientes capítulos incluyen información sobre el manejo del recurso físico, en particular del mejoramiento de la tierra, la agricultura en si misma (cultivos) y la producción animal y la pesca. Por último, se consideran los aspectos de economía de la finca, evaluación económica y financiamiento de proyectos, sociología y un último capítulo con datos de apoyo al resto del texto.

No es conveniente analizar por si cada capítulo del libro, puesto que esto supone un conocimiento elevado de cada campo de especialización. Más bien, como usuario del Compendio, creo conveniente expresar una opinión de su bonanza. En este sentido, conside-

ro la obra como de un valor incalculable, pues resume en forma ordenada, simple y actualizada la mayoría de los conceptos que normalmente se emplean en la vida diaria como profesionales en agronomía.

Desde el punto de vista editorial, cabe mencionar que la presentación del texto es excelente. Si se considera la gran cantidad de material a tratar, su ordenamiento requiere de un tratamiento especial, lo cual se logra con éxito poco común en textos recientes.

La obra es recomendable para profesionales en agronomía, así como especialistas en ciertos campos que en ocasiones tengan que integrar su conocimiento a programas generales de mayor alcance que el de su especialización, tales como administradores, consultores y personas relacionadas con el planeamiento de áreas rurales.

ALFREDO ALVARADO
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SAN JOSE, COSTA RICA