

TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 32

TRIMESTRE ABRIL-JUNIO 1982

NUMERO 2

CODEN: TURRAB 32(2)97-218

<i>Efecto de fungicidas sobre la conservación de semilla de maíz previamente invadida por hongos de hodegaje (en español)</i> Ernesto Moreno M., Jorge Ramírez G., Manuel Mendoza, Gustavo Valencia	97
<i>Características del tallo y la raíz de especies de Coffea (en inglés)</i> Jamsheed Ahmed, C. S. Srinivasan, S., Vishveshwara	103
<i>Control químico de malezas en arroz (Oryza sativa L. cv. Inti) de transplante con herbicidas granulados (en español)</i> Luis Cerna B., José Díaz C.	111
<i>Aumento del diámetro de árboles en el bosque montano alto de Puerto Rico (en inglés)</i> Peter L. Weaver	119
<i>Relación diámetro de copa-diámetro altura de pecho para Pinus oocarpa, Schiede, en Siguatepeque, Honduras (en español)</i> Froylán Castañeda, Cesar Alvarado, Rodolfo Díaz, Carolina de Alvarado, Conrado Valdés	123
<i>Efecto de dietas a base de harina de yuca suplementadas con metionina sobre el rendimiento, canal y peso de algunos órganos de cerdos en etapa de crecimiento y acabado (en inglés)</i> E. B. Sonaiya, T. A. Omole, A. A. Adegbola	131
<i>Influencia del manejo de dos suelos del trópico húmedo sobre sus propiedades químicas (en español)</i> Roberto Serpa V., Elemer Bornemisza	137
<i>Estudio comparativo de cultivares de repollo (Brassica oleracea L. var. capitata L.) con relación a la producción de repollo fermentado: carbohidratos solubles, acidez total, pH y tiempo de fermentación (en portugués)</i> J. S. Goldoni, I. A. Bonassi, F. A. D. Conceição	149
<i>Análisis de la relación clima-agua de algunos cultivos como apoyo a la calendarización y cuantificación del agua de riego (en español)</i> Juan D. Vega, Francisco Cantú	155
<i>Investigación sobre la posible inoculación cruzada entre algunas cepas de Rhizobium de caupí y diferentes grupos de cultivares de caupí (en inglés)</i> Olu Odeyemi, M. O. Fifo, A. T. Abiola	161
<i>Identificación de progenies y progenitores por el análisis del número cromosómico en Saccharum (en español)</i> Adelaida Barreto, Jean-Pierre Simon	169
<i>Germinación de la semilla de Parkia claperioniana (en inglés)</i> E. O. Ftejere, M. O. Fawole, A. Sani	181
<i>Uso de harina de yuca y de harina de cáscara de yuca en la alimentación de cerdos en las etapas de crecimiento y acabado (en inglés)</i> E. B. Sonaiya, T. A. Omole	187
<i>Determinación de S cambiabile del suelo por el método colorimétrico del metilimol azul (en portugués)</i> V. C. Bittencourt, L. F. Batista, M. N. A. Gurgel, D. A. Cordeiro	195
<i>Comunicaciones</i>	205
<i>Recolección de yucas silvestres (Manihot spp.) en Brasil (en español)</i> Nagib M. A. Nassar	205
<i>Disminución de la plaga de escarabajos en frijol y caupí intercalados con bananos en Costa Rica (en inglés)</i> Stephen J. Risch	210
<i>Area foliar y su relación con la longitud del peciolo en yuca (en inglés)</i> T. Ramanujam	212
<i>Estudio del uso de subproductos de cacao en alimentación animal. I. Respuesta de ratas destetadas a varios niveles de inclusión de cáscara (en inglés)</i> W. S. Alhassan, R. B. Naawu	214
<i>Efecto de las sales sobre la actividad in vivo de la reductasa del nitrato en plántulas de maní (Arachis hypogaea) (en inglés)</i> G. Rama Gopal, G. Rajeswara Rao	216



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

San José, Costa Rica

CR ISSN 0041 - 4360

EFFECTO DE FUNGICIDAS SOBRE LA CONSERVACION DE SEMILLA DE MAIZ
PREVIAMENTE INVADIDA POR HONGOS DE BODEGAJE¹

ERNESTO MORENO MARTINEZ*
JORGE RAMIREZ GONZALEZ*
MANUEL MENDOZA**
GUSTAVO VALENCIA**

Abstract

Seed of maize invaded and non invaded by storage fungi was treated with fungicides, and stored under favourable conditions for the growth of storage fungi.

At 40 and 80 days of storage all the tested fungicides protected seed viability to the same extent, regardless of whether seed was previously invaded by storage fungi or not.

At the end of the 120 days storage period not all the fungicides protected seed viability to the same extent. Lower germinability was observed in the previously invaded seed, compared with the non invaded seed.

Introducción

El combate de los hongos de bodegajes se logra almacenando los granos y semillas, con contenidos de humedad bajos y/o a temperaturas bajas (2, 3). El empleo de variedades resistentes a perder su viabilidad bajo condiciones adversas de almacenamiento (4, 5) y el uso de fungicidas (6) representa alternativas para el combate de estos hongos. Moreno y Vidal (6) encontraron que los fungicidas Benomyl, Captan, Captafol, Clorotalonil y Tiabendazol, a dosis de 750 ppm, protegieron la viabilidad del maíz almacenado durante 150 días en una humedad relativa de 85% ; la semilla tratada con fungicidas mantuvo una germinación de 82-92%, mientras que de la semilla no tratada germinó solamente el 14%.

Considerando que en la investigación antes mencionada, el maíz que utilizaron no estaba invadido por hongos al momento de aplicar los fungicidas, se consideró probar la efectividad de dichos fungicidas tanto en semilla previamente invadida con hongos de bodegaje, como en semilla no invadida, lo que permitiría obtener información sobre las posibilidades y limitaciones del uso de fungicidas en el combate de estos hongos, los que en gran medida son responsables de la pérdida de viabilidad de la semilla de maíz, cuando ésta se almacena bajo condiciones de humedad y temperatura que favorecen su desarrollo (1, 6).

Materiales y métodos

Maíz. Se usó semilla de maíz, H-412, cuya germinación, a su arribo al laboratorio, fue de 99%, el contenido de humedad de 9.7% y el 77% de las semillas presentaban invasión por *Fusarium moniliforme*, no presentando invasión por hongos de bodegaje.

Contenido de Humedad. El contenido de humedad de la semilla fue determinado mediante el método de

¹ Recibido para publicación el 13 de noviembre de 1981.

* Departamento de Botánica, Instituto de Biología

** Laboratorio de Estadística, Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México. 04510 México, D. F. México.

secado en estufa. En muestras de aproximadamente 10 gramos secadas por 24 horas a 130°C en una estufa de circulación forzada. El contenido de humedad se obtuvo por diferencia de peso y se expresó en porcentaje con base en peso húmedo. El contenido de humedad del lote original de maíz se obtuvo del promedio de diez repeticiones.

Germinación. Para determinar el porcentaje de germinación se colocaron 100 semillas de cada repetición en toallas de papel húmedo, las que se enrollaron y mantuvieron a 27°C, llevándose a cabo los conteos de germinación a los 4 y 7 días. Para determinar la germinación inicial del lote se utilizaron 400 semillas.

Ajuste del contenido de humedad de la semilla. El contenido de humedad de la semilla fue ajustado mediante la adición de agua, de acuerdo a Pixton (7)

Micoflora. Veinticinco semillas de cada repetición fueron desinfectadas superficialmente con hipoclorito de sodio al 2% durante 2 minutos y sembradas en Malta-Sal-Agar (2% de malta, 6% de NaCl y 2% de agar), e incubadas a 27°C hasta que las colonias pudieron ser contadas e identificadas. Los hongos de bodega fueron identificados a nivel de género en el caso de *Penicillium*, y a nivel de grupo en el caso de *Aspergillus*. La micoflora original del lote de maíz se determinó sembrando 100 semillas bajo las mismas condiciones.

Fungicidas. Se probaron seis fungicidas: Benomyl, Captan, Clorotalonil, Carbendazim M, Captafol y Tiabendazol. Los seis fungicidas se aplicaron en "slurry" en una dosis de 750 ppm, la cantidad de agua fue de 7 ml por kg de semilla. Se utilizó el adherente "Spreader Sticker" (DU PONT), a razón de 0.8 ml por kg de maíz.

Almacenamiento de la semilla. El lote inicial de la semilla utilizada en este experimento fue de 18 kg, el cual se dividió en dos lotes iguales, (Lote A y Lote B). El lote A fue ajustado a un contenido de humedad de 16.5% y se almacenó seis días en una temperatura de 27°C para favorecer la invasión de los hongos en bodega; al término de ese periodo se aplicaron los fungicidas. El (Lote B se ajustó a la misma humedad 16.5%), el día en que los fungicidas fueron aplicados. Se seleccionó ese contenido de humedad para favorecer un desarrollo vigoroso de los hongos. Justo antes de aplicar los fungicidas se determinó en cada lote el porcentaje de germinación, el contenido de humedad y la micoflora.

La aplicación de los fungicidas se hizo independientemente y en forma aleatoria para cada una de

las cuatro repeticiones de cada tratamiento. Cada repetición fue de 250 gramos que se almacenaron en cestas perforadas de plástico, las que a su vez se colocaron en cámaras conteniendo una solución saturada de cloruro de potasio para mantener una humedad relativa de 85% (8), lo cual permitió mantener estable el contenido de humedad de la semilla durante el periodo de almacenamiento. Las cincuenta y seis unidades experimentales se distribuyeron completamente al azar, y el experimento se realizó bajo un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones. Las cámaras con humedad relativa de 85% se mantuvieron en una incubadora con temperatura controlada a 26-27°C. El periodo de almacenamiento fue de 120 días, realizándose muestreos a los 40, 80 y 120 días. En cada muestreo se determinó el porcentaje de germinación, contenido de humedad y micoflora de la semilla, mediante los métodos descritos.

Resultados y discusión

Contenido de humedad. La semilla se mantuvo durante todo el periodo de almacenamiento con un contenido de humedad entre 16.4 y 16.9% (Cuadro 1).

Germinación. Los porcentajes de germinación de la semilla tratada con los diferentes fungicidas, tanto del lote A (invadido) como el lote B (no invadido) se muestran en el Cuadro 2.

De acuerdo con el análisis estadístico de los datos de germinación, los niveles de significancia descriptivos correspondientes a los efectos conjuntos de los tres factores (invasión, tratamientos y tiempo) y de las combinaciones (invasión/tratamientos), (tratamientos/tiempo), (invasión/tiempo) resultaron ser 0.175, 0.0175, 0.00001 y 0.00001, respectivamente, lo cual sugiere que no existe un efecto conjunto de los tres factores pero si de tratamientos con tiempo y de invasión con tiempo. Por lo tanto, se decidió fijar el tiempo para poder determinar la relación entre invasión y tratamientos en cada uno de los periodos de muestreo, 40, 80 y 120 días.

El análisis de varianza para los datos de germinación a los 40 días de almacenamiento no mostró efectos significativos de la interacción entre invasión y tratamientos con un nivel de significancia descriptivo de 0.0175. Tampoco se encontró diferencias significativas entre invadido/no invadido, con un nivel de significancia descriptivo de 0.9995, pero si entre tratamientos, con un nivel de significancia descriptivo de 0.00001. Para detectar las diferencias entre tratamientos se realizó una prueba de contrastes por el mé-

Cuadro 1. Germinación, humedad y microflora de los lotes A y B antes de aplicar los fungicidas.

Lote de semilla ¹	Germinación ² %	Contenido ³ humedad %	Semillas invadidas por hongos /%		
			<i>Fusarium moniliforme</i>	<i>Aspergillus glaucus</i>	<i>Aspergillus tamarii</i>
A	99	16.6	75	2	2
B	100	16.5	80	0	0

1 A. Semilla invadida por hongos de bodegaje; B. semilla no invadida por hongos de bodegaje

2 Promedio de cuatro repeticiones de cien semillas cada una

3 Promedio de cinco repeticiones

Cuadro 2. Germinación (%) de semilla de maíz H-412, invadida (lote A) y no invadida (lote B) con hongos de bodegaje, tratada con fungicidas, almacenada 120 días en una humedad relativa de 85% y a 27°C*.

Tratamiento (750 ppm)	Semilla invadida (Lote A)			Semilla no invadida (Lote B)		
	40 días	80 días	120 días	40 días	80 días	120 días
Benomyl	95	92	52	97	94	54
Captan	97	95	83	97	94	88
Clorotalonil	98	92	76	97	93	91
Carbendazim-M	96	95	72	98	97	89
Captafol	95	93	69	95	96	82
Tiabendazol	96	93	62	98	97	78
Testigo	69	50	27	63	44	26

* Porcentajes de germinación, promedio de 4 repeticiones de 100 semillas cada una

todo de Scheffé, encontrándose que el tratamiento con germinación más baja, Captafol, resultó estadísticamente superior al testigo, con un nivel de significancia descriptivo menor de 0.0005. El tratamiento con germinación más alta, Clorotalonil, resultó estadísticamente igual al tratamiento con germinación más baja, Captafol, con un nivel de significancia descriptivo mayor a 0.25. Por lo tanto, se asume que todos los fungicidas actuaron de igual forma en los lotes A y B, y que la diferencia entre tratamientos está dada por la diferencia entre el testigo y el resto de los tratamientos.

El análisis de varianza de los datos a los 80 días de almacenamiento, al igual que en el período anterior, no mostró efectos significativos de la interacción invasión con tratamientos con un nivel de significancia descriptivo de 0.625, ni diferencias significativas entre

invadido/no invadido con un nivel de significancia descriptivo de 0.75, pero si entre tratamientos con un nivel de significancia descriptivo de 0.00001. Debido a esto último, se llevó a cabo la prueba de contrastes por el método de Scheffé, la cual mostró que el tratamiento con la germinación promedio más baja, Clorotalonil, resultó estadísticamente superior al testigo, con un nivel de significancia descriptivo menor a 0.0005. Por otra parte, el tratamiento con la germinación promedio más alta, Carbendazim-M, resultó estadísticamente igual al tratamiento con promedio de germinación más baja, Clorotalonil, con un nivel de significancia descriptivo mayor de 0.25. Por lo tanto, al igual que en el muestreo anterior, se considera que todos los fungicidas actuaron de igual forma en los lotes A y B, y que la diferencia entre tratamientos está dada por la diferencia entre el testigo y el resto de los tratamientos.

A los 120 días de almacenamiento, el análisis de varianza mostró efectos que se consideraron significativos de la interacción invasión con tratamientos, con un nivel de significancia descriptivo de 0.0175. Por lo tanto se realizó un análisis de varianza por separado para cada uno de los lotes.

Es importante hacer notar, que en el caso de 40 días de almacenamiento el nivel de significancia descriptivo de 0.0175 para los efectos de la interacción (invasión/tratamientos) no se consideró suficientemente extremo para declarar tales efectos como significativos; sin embargo, en este caso a los 120 días, con el mismo nivel, 0.0175, se juzgó que tal efecto se manifestó. Esto se debe a que el valor 0.0175, no es considerado como evidencia contundente en ningún sentido, pero experiencias previas sugieren que los efectos de la interacción bajo estudio son mucho más probable de presentarse en periodos de almacenamiento prolongado, como es el caso de 120 días, y no en periodos relativamente cortos, como el de 40 días.

El análisis de varianza de los datos de germinación de la semilla del lote A (invadido) mostró diferencias significativas entre tratamientos, con un nivel de significancia descriptivo de 0.000001, por lo que se llevó a cabo una prueba de contrastes por el método de Scheffé. Se encontró que el tratamiento con promedio de germinación más bajo, Benomyl, resultó estadísticamente superior al testigo, con un nivel de significancia descriptivo de 0.0075; los tratamientos Benomyl y Tiabendazol, que fueron los que tuvieron los promedios de germinación más bajos, resultaron ser estadísticamente iguales entre sí, con un nivel de significancia descriptivo de 0.0005. Por otra parte, el resto de los tratamientos, Captan, Clorotalonil, Carbendazim-M y Captafol, resultaron estadísticamente iguales entre sí, con un nivel de significancia descriptivo de 0.175 y mejores que los tratamientos Benomyl y Tiabendazol, con un nivel de significancia descriptivo menor a 0.0005. Por lo tanto la germinación de la semilla tratada con los fungicidas fue superior a la del testigo.

El análisis de varianza del lote B (no invadido) mostró diferencias significativas entre tratamientos con un nivel de significancia descriptivo de 0.000001. De la prueba de contrastes de Scheffé se deduce que el tratamiento con la germinación promedio más baja, Benomyl, resultó estadísticamente superior al testigo, con un nivel de significancia descriptivo de 0.00075. El tratamiento con promedio de germinación más alto, Clorotalonil, resultó diferente del tratamiento con promedio de germinación más bajo, Benomyl, con un nivel de significancia descriptivo de 0.00001, pero resultó igual al tratamiento Tiabenda-

zol, con un nivel de significancia descriptivo de 0.175. Por lo expuesto se concluye que los tratamientos Captan, Clorotalonil, Carbendazim-M, Captafol y Tiabendazol pueden considerarse estadísticamente iguales entre sí y superiores a los tratamientos Benomyl y testigo. Todos los tratamientos con fungicidas fueron superiores al tratamiento testigo.

De acuerdo a los resultados a 40 y 80 días de almacenamiento, todos los fungicidas protegieron de igual manera la viabilidad de las semillas, tanto en el lote inicialmente no invadido como en el lote invadido por hongos, en cambio la semilla testigo fue severamente afectada en su poder germinativo por la acción de los hongos.

A los 120 días, en ambos lotes, no todos los fungicidas protegieron de igual manera la viabilidad de las semillas. Hasta este periodo fue cuando se manifestó el efecto del tratamiento previo al que se sometió el lote A con el fin de favorecer la invasión de la semilla por hongos de bodega; efecto que se expresó en un comportamiento diferente de los fungicidas entre los dos lotes de semilla (Cuadro 2). Se observó que los fungicidas sistémicos Benomyl, Carbendazim-M y Tiabendazol, no tuvieron un efecto superior a los no sistémicos. En la semilla del lote A que se almacenó 6 días antes de la aplicación de los fungicidas, seguramente se incrementó la cantidad de inóculo, dadas las condiciones de humedad y temperatura empleada. A su vez, esta puede ser la causa principal de la mayor pérdida de viabilidad de la semilla del lote A, comparada con la viabilidad de la semilla del lote B, a los 120 días.

El nivel de protección de la viabilidad de la semilla, a los 40 y 80 días, se considera aceptable, desde el punto de vista agrícola, para todos los fungicidas. Por otra parte, a los 120 días, solamente con Captan la germinación fue superior al 80% en el lote A, y en el lote B con los fungicidas Captan, Clorotalonil, Carbendazim-M y Captafol.

Micoflora. De la semilla tratada con fungicidas no crecieron hongos en el medio de cultivo, en cambio la semilla no tratada mostró una fuerte invasión de hongos de bodegaje. La semilla testigo del lote A (invadido) presentó 40, 56 y 74% de las semillas invadidas por *Aspergillus glaucus* en los muestreos de 40, 80 y 120 días, respectivamente. Igualmente, en los mismos muestreos, la semilla testigo del lote B (inicialmente no invadida) presentó 55, 42 y 64% de invasión por hongos del mismo grupo.

El que no se manifiesten hongos en las semillas tratadas con fungicidas, no excluye la posibilidad de que los hongos estén presentes; esto seguramente se

debe a que los residuos de fungicida, que no son eliminados con el lavado de hipoclorito que se les da a las semillas antes de sembrarlas en el medio de cultivo, inhiben su desarrollo. Es probable que ese desarrollo de hongos no detectado, el metabolismo propio de la semilla y tal vez algún efecto nocivo de los fungicidas sobre la misma, sean la causa de la pérdida de viabilidad de la semilla almacenada bajo las condiciones de humedad y temperatura aquí probadas, lo anterior requiere más investigación. Estos resultados indican que la aplicación de fungicidas a semilla no invadida por hongos es más efectiva que en semilla ya invadida.

Resumen

Semilla de maíz previamente invadida, así como semilla no invadida por hongos de bodegaje fue tratada con fungicidas, y almacenada bajo condiciones de humedad y temperatura que favorecen el desarrollo de los hongos de almacén.

A los 40 y 80 días de almacenamiento todos los fungicidas probados protegieron al mismo nivel la viabilidad de las semillas, tanto en semilla inicialmente invadida como en semilla no invadida por hongos en bodega. Al final del período de almacenamiento, 120 días, no todos los fungicidas protegieron con la misma efectividad la viabilidad de la semilla. Al final del período de almacenamiento, 120 días, se observó más bajo el poder de germinación de la semilla inicialmente invadida por hongos que el de la semilla no invadida.

Literatura citada

1. CHRISTENSEN, C. M. Micoflora and seed deterioration In: Viability of seeds. E. H.

Roberts (ed) Chapman and Holl LTD. London. 1972. pp. 59-93.

2. CHRISTENSEN, C. M. y KAUFMANN, H. H. Contaminación por hongos almacenados. Editorial Pax-Mex. México 1969. 153 p.

3. CHRISTENSEN, C. M. y KAUFMANN, H. H. Micoflora. In: Storage of cereal grains and their products, ed. C. M. Christensen. American Association of Cereal Chemists St. Paul Minn. 7:145-150. 1974.

4. MORENO, M. E. y CHRISTENSEN, C. M. Differences among lines and varieties of maize in susceptibility to damage by storage fungi. Phitopathology 61:498-1500. 1971.

5. MORENO, M. E., MORONES R. y GUTIERREZ, R. Diferencias entre líneas cruzas simples y dobles de maíz en su susceptibilidad al daño por condiciones adversas de almacenamiento. Turrialba 28:233-237. 1978.

6. MORENO, M. E. y G. VIDAL. Preserving the viability of stored maize seed with fungicides. Plant Disease 65:260-261. 1981.

7. PIXTON, S. W. Moisture content-Its significance and measurement in stored products. Journal Stored Prod. Research 3:35-47. 1967.

8. WINK, W. A. y G. R. SEARS. Instrumentation studies LVII. Equilibrium relative humidities above saturated salt solutions at various temperature. TAPPI 33(9):96A-99A. 1950.

Reseña de libros

VAN WAMBEKE, A. Calculated soil moisture and temperature regimes of South America. Depart of Agronomy, Cornell University — SCS-USDA. 1981. 25 p. (Appendices).

La temperatura y la precipitación han sido empleadas desde hace tiempo como un criterio de clasificación de suelos. Cuando el concepto de zonalidad estaba en boga, los índices de Lang (PT), Meyer (cociente MS), de Martone (P/T+10) y Thornthwaite (PE y TE) se usaron como características no edáficas relacionadas con la génesis del suelo.

Con la aparición de la Taxonomía de Suelos propuesta por los Estados Unidos de Norteamérica se introdujo por primera vez el clima del suelo como criterio de clasificación. El texto de van Wambeke se desarrolla en este sentido, presentando una figura generalizada de la vasta y heterogénea región sur del continente americano.

De acuerdo con la Taxonomía de Suelos, van Wambeke aplica las definiciones de regímenes de humedad (excluyendo el ácuico) y de regímenes de temperatura. Basado en el hecho de que los cinco regímenes de humedad así descritos no son suficientes para propósitos de interpretación, el autor establece una división posterior de los mismos. Así, los regímenes Udico y Ustico se dividen en dos categorías, de acuerdo a su régimen de temperatura: i) en regiones tropicales de temperatura constante se crean el Tropúdico y Tropústico; ii) en regiones templadas se usan el Tempúdico y el Tempústico.

En el régimen Ustico el autor propone transiciones hacia condiciones más secas o más húmedas, de modo que define los Tropústicos, Arídicos, Típicos y Udicos, así como los Tempústicos Xéricos, Húmedos y Típicos.

En el caso del régimen Xérico se separan el Seco del Típico. Para el régimen Arídico se crean las categorías de Extremadamente Típico y Ligeramente Arídico.

Curiosamente, el autor no modifica los regímenes de temperatura del suelo como ha sido propuesto, por ejemplo, para el Canadá (en donde se incluyen los regímenes Ártico y Subártico) y América del Sur (en donde se ha propuesto la inclusión del régimen Isomegatérmico). Sin embargo, la conversión de valores de temperatura del aire a temperatura del suelo se hace adicionando 2.5°C a la temperatura media ambiente anual, en vez de 1°C como lo propone la Taxonomía de Suelos.

El texto resume la información obtenida de 1.100 estaciones meteorológicas esparcidas en la América del Sur (se da una lista alfabética de ellas por país), utilizando un sistema de computación basado en el modelo matemático desarrollado por Newhall, descrito en el libro en forma somera. Al final se presentan mapas generalizados de regímenes de temperatura, humedad modificados, de Sudamérica.

Esta buena obra de consulta puede ser adquirida mediante solicitud del Program Leader, Soil Management Support Service, Soil Conservation Service, P. O. Box 2890, Washington, D. C. 20013.

ALFREDO ALVARADO
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SAN JOSE, COSTA RICA

JAMSHEED AHMED*
C. S. SRINIVASAN*
S. VISHVESHVARA*

Resumen

Las plantas de tres años y medio de edad de siete especies *Coffea* y tres linajes fueron estudiadas para quince características de los tallos y quince características de las raíces, y cuatro relaciones entre la raíz y el tallo (largo, extensión, peso fresco y peso seco) en el Central Coffee Research Institute India (13°22'N, 75°28'E).

En la fase del crecimiento y la localidad escogida para el estudio, *Coffea arabica* L. Cv. S. 795 mostró el mejor crecimiento para el tallo, mientras que *C. canephora*, *C. congensis*, *C. excelsa* y *C. dewevrei* indicaron el mayor crecimiento para la raíz.

El largo del tallo, peso fresco del tallo fueron más altos que los de la raíz en todas las especies estudiadas.

La relación más alta del largo para la raíz pivotante al del tallo en *C. eugenioides* y *C. bengalensis* comparados con otras especies se asumió para indicar la mejor adaptabilidad de las dos especies a las condiciones de la sequía.

Al discutir sobre las limitaciones del estudio se sugirió la necesidad de una exploración nueva en el habitat natural de las especies *Coffea*.

Introduction

Study of shoot and root systems has a great influence not only on cultivation aspects, but also on plant selection. In coffee, studies on root systems and effects of soil-conditions and cultural practices have been undertaken mainly on *C. arabica* and *C. canephora*, (9, 11, 12, 13, 14) while other species have received comparatively little attention.

The present study was undertaken to understand the shoot and root characters of various *Coffea* spp. established at Central Coffee Research Institute. The two commercially cultivated species *C. arabica* and *C. canephora* were also included for comparison.

Materials and methods

Seedlings of seven species and three races of *Coffea* namely *C. arabica* CV S.795, *C. canephora* subvar. robusta CV.s.274, *C. congensis*, *C. eugenioides*, *C. bengalensis*, *C. liberica*, *C. dewevrei* and its races *excelsa*, *arnoldiana*, and *aruwimiensis* classified according to Chevalier (4) were selected. The seedlings were planted 22 cm apart at the nursery of Central Coffee Research Institute, India (Latitude 13°22'N; Longitude 75°28'E) on 15 cm raised beds of about 6 x 1 m length and breadth. The beds were

¹ Received for publication on December 22, 1980.

* Division of Botany, Central Coffee Research Institute, Coffee Research Station, P. O. 577117, Chikmagalur Dist. Karnataka, India.

made by mixing 6 forlits of virgin forest soil, 2 forlits of compost, 2 kg of fine sieved agricultural lime and 400 g of rock phosphate. The soil pH of the beds was in the range of 6.4-6.7. Forty seedlings were raised for each species. Watering was done as and when necessary and nitrogen in the form of urea or ammonium sulphate was supplied at 15 days interval to all the seedlings. The meteorological data of the locality during the growth period of the seedlings are given in Table 1. The plants were uprooted when they were three and a half years old, by digging trenches around each bed. The soil around individual roots was loosened by washing with a jet of water from a hand driven *Gattar* sprayer operating at a pressure of 10 kg/cm² along the path. Care was taken to minimise the damage to smaller roots and whenever it was unavoidable, the broken segments were fastened with a thread to the respective root. Immediately after uprooting, the superficial moisture present on the plant parts was removed with a blotting paper. Five plants per species were sampled. The stem was separated from the root portion by cutting with a secature/saw at the soil level.

Count of primaries, nodes on stem as well as branches was taken followed by measurements of length of stem and branches. The circumference of stem was determined at a distance of 7.5 cm from the base of stem. An average value of three readings was taken as the measure of stem circumference. Leaf length (L), breadth (B) and L/B ratio were also taken.

For the root characters, data on the total number of main roots, density of secondary roots, weight of total roots and weight of feeder roots was determined. During the process of measuring, a loss of fine roots to the extent of 10 to 15% of the total was unavoidable. Shoot and root parts were dried at a constant temperature of 105°C in an electric oven. Three constant weights were taken as an index of optimum drying. Fresh and dry weight of leaves were determined separately.

For observation of root morphology, the classification of coffee root system given by Bull (2) was followed. According to this classification, basically the normal coffee root system comprises one or more main vertical roots (taproot), the roots which radiate from the base of the stem and spread parallel to the soil surface (laterals) and the laterals which originate from below the point at which the taproot begins to taper abruptly (tap-laterals). The roots in the above categories were sub-divided into primary and secondary roots on the basis of root diameter (12).

Vegetative character means were calculated for each species and the analysis of variance was done for each character comparing the variation between species with that within the species. Character associations in each species were determined using Spearman's rank correlation coefficient (6).

Results and discussion

Variance between species was significant when compared with the variance within species for all the characters indicating significant differences in character means between species.

Shoot characters: (Tables 2 and 3)

Congensis, *canephora*, *deweyrei* and *excelsa* had greater stem length, diameter of stem, primaries and higher fresh weight of shoot compared to all other species. *C. arabica* showed the highest number of nodes, primaries, nodes per primary and length per primary. *C. bengalensis* and *C. eugenioides* had low values for most of the characters except total nodes, number of primaries, nodes per primary and dry matter percentage. Longest internodes were seen in *liberica* and *arnoldiana* while *arabica* had medium internodal length; *eugenioides* had the shortest internodes.

Table 1. Meteorological data pertaining to the locality during the growth period of the seedlings.

	1973	1974	1975	1976
Av. Max. Temperature (°C)	28.8	28.5	28.2	29.1
Av. Min. Temperature (°C)	17.6	16.8	15.9	16.6
Average Relative Humidity (%)	80.0	81.0	85.0	88.0
Rainfall (mm)	2 369.2	2 328.0	3 157.9	1 764.6

Table 2. Comparative shoot characters of selected *Coffea* species at 3-1/2 years growth.

Species	Stem length (cm)	Stem Circumference (cm)	Nodes on stem	Total nodes on shoot	Leaf Length (cm)	Leaf breadth (cm)	Leaf Length breadth	Number of primaries	Length of primary (cm)	Shoot spread (cm)	Internodal length on primary (cm)
<i>Arabica</i>	115.4	4.9	21.8	261.8	12.3	4.7	2.58	22.4	30.0	86.0	3.88
<i>Canephora</i>	138.4	6.2	19.0	91.6	21.9	8.6	2.57	17.8	30.2	70.6	7.82
<i>Congensis</i>	159.7	6.4	19.0	151.9	14.8	5.7	2.63	22.6	34.9	78.0	6.12
<i>Excelsa</i>	121.4	7.2	13.5	71.5	27.5	11.2	2.45	13.5	27.5	62.8	7.45
<i>Liberica</i>	117.7	3.9	11.0	32.7	25.5	10.4	2.50	6.8	22.6	47.2	9.09
<i>Arnoldiana</i>	110.8	5.7	12.6	32.6	23.7	9.9	2.45	8.2	19.5	52.8	8.48
<i>Aruwimiensis</i>	111.66	5.9	13.8	49.8	23.5	9.8	2.40	9.2	22.5	67.2	7.23
<i>Dewevrei</i>	134.5	6.2	20.2	103.0	21.5	9.4	2.29	19.0	29.3	79.2	6.74
<i>Bengalensis</i>	37.7	3.6	12.4	152.0	7.8	3.1	2.61	14.0	17.6	51.0	2.76
<i>Eugenioides</i>	28.5	1.1	12.0	94.8	6.6	2.1	3.18	9.4	3.7	12.8	1.07

Leaf size was maximum in *excelsa* followed by *liberica*; *eugenioides* had the smallest leaves. Length to breadth ratio of the leaves was highest in *eugenioides* indicating narrow linear leaves, and lowest in *dewevrei* indicating broad leaves. Leaf length was more than twice the leaf breadth in all the species.

Stem diameter and shoot fresh weight was significantly correlated in *dewevrei*, *excelsa*, *eugenioides*, *bengalensis* and *arabica*. Awatramani and Subramanya (1) reported a similar positive correlation between stem girth and shoot fresh weight in *arabica*. Number of nodes was positively correlated with number of primaries in *liberica*,

canephora and *aruwimiensis*. These species were also characterized by lesser number of nodes per primary and longer internodes. Length of primary was positively correlated with shoot fresh weight in *liberica*, *arabica*, *canephora* and *arnoldiana*. Awatramani and Subramanya (1) found a similar positive correlation in 9-10 year old plants of *arabica*.

Root characters: (Table 4)

Taproot length, number of primary roots and total length of primary roots was more in *dewevrei* and *excelsa* compared to other species. However,

Table 3. Shoot fresh weight and dry matter (%) in *Coffea* species.

Species	Fresh wt stem + primaries (g)	Dry matter (%)	Leaf fresh weight (g)	Dry matter (%)
<i>Arabica</i>	204.7	36.15	0.96	32.29
<i>Canephora</i>	287.9	49.83	2.47	30.36
<i>Congensis</i>	305.4	41.78	1.30	35.38
<i>Excelsa</i>	267.6	52.02	5.65	34.51
<i>Liberica</i>	164.3	35.48	4.98	34.14
<i>Arnoldiana</i>	159.6	33.27	4.79	34.24
<i>Aruwimiensis</i>	136.3	59.28	5.26	30.80
<i>Dewevrei</i>	269.2	41.90	3.36	40.18
<i>Bengalensis</i>	27.4	49.64	0.39	23.08
<i>Eugenioides</i>	3.7	45.95	0.21	28.57

Table 4. Comparative root characters of selected *Coffea* species at three and a half years from seed.

Species	1	2	3	4	Lateral root			Tap laterals			Tap secondaries			Root fresh wt. (g)	% dry matter	Feeder root dry wt. (g)
					Tap root length (cm)	Tap root circumference (cm)	Lateral root number	Av. Leng. th (cm)	Maximum length (cm)	Secondaries per cm	Number	Av. leng. th (cm)	Secondaries per cm			
<i>Arabica</i>		37.8	5.6	7.5	27.4	38.0	0.92	6.0	19.6	1.83	2.2	27.2	2.57	118.9	27.25	8.20
<i>Canephora</i>		55.1	6.5	8.8	22.7	27.0	0.93	8.8	29.4	2.14	1.8	23.8	1.42	182.4	38.65	19.18
<i>Congensis</i>		51.5	6.8	6.0	24.7	32.4	1.70	15.0	21.2	1.20	2.2	28.0	0.93	159.7	41.52	10.80
<i>Excelsa</i>		65.2	7.6	5.6	37.6	60.4	1.63	10.7	35.2	0.75	1.4	57.5	2.93	231.1	43.27	11.80
<i>Libérica</i>		46.2	5.8	9.0	19.2	25.8	2.04	3.0	28.1	1.30	2.6	34.8	2.00	93.5	29.73	3.20
<i>Arnoldiana</i>		53.1	6.3	8.7	28.9	38.2	2.10	6.8	21.9	2.42	2.6	34.5	2.53	72.3	42.60	2.45
<i>Aravumensis</i>		53.8	6.2	8.7	32.2	55.8	1.81	8.5	23.0	1.08	1.8	35.6	2.18	94.0	57.23	9.19
<i>Deweyi</i>		71.5	6.7	9.0	29.1	34.0	1.83	7.7	32.3	1.23	3.0	47.5	1.45	138.9	43.06	6.26
<i>Bengalensis</i>		33.7	2.6	3.0	19.4	25.0	*	4.0	14.8	*	*	*	*	37.7	25.99	1.25
<i>Eugenioides</i>		18.3	1.3	3.0	13.0	16.0	*	3.0	12.6	*	*	*	*	4.0	40.00	*

* Components present in negligible quantity.

the concentration of secondary roots was more in *arnoldiana* and *liberica* compared to other species. Fresh weight of roots was maximum in *excelsa* followed by *canephora*. Dry matter percentage was maximum in *aruwimiensis* followed by *dewevrei* and *excelsa*. Total weight of feeder roots was more in *canephora* and *excelsa* compared to other species.

Correlations among root characters were mostly nonsignificant except for a positive correlation between (1) lateral root length and fresh weight of root (2) lateral root length and feeder root weight (3) fresh weight of root and feeder root weight in *liberica*.

Root-shoot relationship: (Table 5)

Stem length was more than taproot length in all the species. It was thrice the taproot length in *arabica*, *congensis* and *liberica*; twice in *canephora*, *excelsa*, *arnoldiana*, *aruwimiensis* and *dewevrei* and in the neighbourhood of unity in *bengalensis* and *eugenioides*. Shoot spread was more than that of root in *arabica*, *bengalensis* and *eugenioides*, while root spread was more in *canephora*, *excelsa*, *arnoldiana* and *aruwimiensis*. Both shoot and root had almost equal spread in *congensis*, *liberica* and *dewevrei*.

Fresh weight of shoot was in general more than that of root in all the species except in *bengalensis* and *eugenioides*, which had higher root fresh weight than shoot (Table 4). Dry weight of shoot was invariably more than the dry weight of root in all the species with maximum ratio in *congensis* and minimum in *eugenioides*. Dry matter percentage was also more in the shoot compared to root in all the other species except *arnoldiana* and *dewevrei*,

in which reverse was the case. Stem diameter was positively correlated with root fresh weight in *dewevrei*, *arnoldiana* and *bengalensis*. Total nodes on shoot was positively correlated with taproot length in *excelsa*, *arabica* and *aruwimiensis*. Lateral root length, fresh weight of root and weight of feeder roots were positively correlated with total nodes on shoot and number of primaries in *liberica*. Shoot fresh weight was positively correlated with that of root in *dewevrei*, *arabica*, *arnoldiana*, *aruwimiensis* and *bengalensis*.

Conclusions

The following salient points emerge from the present study:

1. The best shoot growth was observed in *arabica* followed by *congensis*.
2. The best root growth was found in *canephora*, *congensis*, *excelsa* and *dewevrei* in that order.
3. Best growth of shoot in relation to root was seen in *congensis* followed by *arabica* and *liberica* which may therefore be considered as 'faster-growing' compared to the other species.
4. When compared with commercially cultivated species, *arabica* and *canephora*, superior growth of shoot and root is noticed in *congensis*, *excelsa* and *dewevrei*. Therefore these species may be useful for hybridization with the cultivated species to obtain better plant types. From a study of flower number in *Coffea* species, Vishveshwara and Ahmed (17) found that *dewevrei*, *arnoldiana*, *canephora* and *laurentii* were superior to *arabica*.

Table 5. Root-shoot ratio in selected *Coffea* species at three and a half years from seed.

Species	Tap root length	Shoot spread	Shoot fresh wt.	Shoot dry wt.
	Stem length	Root spread	Root fresh wt.	Root dry wt.
<i>Arabica</i>	0.33	1.30	1.38	2.10
<i>Canephora</i>	0.40	0.84	1.56	2.02
<i>Congensis</i>	0.32	0.99	1.96	2.44
<i>Excelsa</i>	0.54	0.73	1.32	1.33
<i>Liberica</i>	0.39	1.01	1.84	2.15
<i>Arnoldiana</i>	0.48	0.78	2.60	1.58
<i>Aruwimiensis</i>	0.48	0.90	2.23	1.57
<i>Dewevrei</i>	0.53	1.09	2.15	2.05
<i>Bengalensis</i>	0.89	1.52	0.67	1.36
<i>Eugenioides</i>	0.64	1.48	0.96	1.06

for number of flowers per node and therefore merited exploitation by hybridization.

The species combining superior vegetative characters as found in the present study and high flower number as found by Vishveshwara and Ahmed (17) is *dewewrei*, which therefore merits exploitation.

5. The taproot length versus hypocotyl length has been used as an index of adaptability to certain ecological conditions in *Coffea* species (5). In the present study *congensis* indicated minimum ratio supporting the conclusion of Dublin (5); *arabica* also had a low ratio; however, *C. eugenioides* had a higher ratio from that reported by Dublin (5) indicating that it is adaptable to dry conditions, at least in India. *C. bengalensis*, a species indigenous to India, showed highest ratio indicating its similar adaptability to dry conditions.

The taxonomy of *Coffea* species suggested by Chevalier (4) is generally supported by this study. *C. arabica* differed from the other species (*C. congensis* and *C. canephora*) of the sub-section Erythrocoffea in a number of characters like shoot length, leaf size, total nodes, internodal length, taproot length and percentage dry matter. Nevertheless, based on crossability, Carvalho and Monaco (3), suggested close affinities between the above three species as well as *C. eugenioides* and suggested transferring of *C. eugenioides* from sub-section Mozambicoffea to Erythrocoffea.

C. dewewrei was classified by Chevalier (4) under sub-section Pachycoffea along with its races, *excelsa*, *sylvatica*, *zenkeri*, *aruwimiensis*, *dybowski*, *ituriensis*, *excelsoides* and *neo-arnoldiana*. The collection of *C. dewewrei* now studied was introduced from Guatemala in 1953. It resembles race *ituriensis* in leaf, flower and fruit characters. Carvalho and Monaco (3), based on crossability, indicated that *dewewrei* seems to be closer to *canephora* and *congensis* than *liberica*.

Due to insufficient knowledge on the purity and distribution of *Coffea* species in Africa, where overlapping between species is known to occur (3), the studies on restricted specimens of 'introduced species' established at various institutes provide partial information on relationship between species. This lacuna can be overcome by organising fresh extensive expeditions to natural habitats of *Coffea* species, before civilization completely erodes the germplasm of species and spontaneous hybrids from proper preservation and exploitation in breeding. Krug and De Poerck (10) have drawn similar conclusion from a world survey of the cultivated species and varieties of the genus *Coffea*.

Summary

Shoot and root characters were studied in three and a half year-old seedlings of seven *Coffea* species and three races. Vegetative character means were calculated for each species and the analysis of variance was done for each character comparing the variation between species and within the species. *C. arabica* showed best shoot growth whereas *canephora*, *congensis*, *excelsa* and *dewewrei* indicated superior root growth. Stem length was more than taproot length in all the species. Similarly shoot fresh and dry weight were higher than root fresh and dry weight in all the species. *C. eugenioides* and *bengalensis* were found to be adaptable to dry conditions based on the ratio of taproot length to stem length. The need for fresh expeditions in natural habit of *Coffea* species is advocated.

Literature cited

1. AWATRAMANI, N. A. and SUBRAMANYA, H. Measurements of growth in single stem arabica coffee. *Journal of Coffee Research* 3:37-41. 1973.
2. BULL, R. A. Studies on the effect of mulch and irrigation on root and stem development in *C. arabica* L. I. Changes in the root system induced by mulching and irrigation. *Turrialba*. 13:96-115. 1963.
3. CARVALHO, A. and MONACO, L. C. Genetic relationships of selected *Coffea* species. *Ciencia e Cultura*. 19:151-165. 1967.
4. CHEVALIER, A. Les cafeiers du globe. II. Systematique des cafeiers et faux - Cafeiers, maladies et insects nuisibles. Paris. Paul le Chevalier, 356 p. 1947.
5. DUBLIN. Le rapport longueur pivot/longueur hypocotyle des plantules de *Coffea racemosa* Lour, et de quelques autres especes du genre. *Cafe, Cacao, Thé*, 12:127-134. 1968.
6. FRANCO, C. M. and IWFORZATO, R. O. Sistema radicular do cafeeiro nos principais tipos de solo do estado do Sao Paulo, *Bragantia* 6(a):443-478. 1946.
7. GEHRKEV, M. R. Distribution of absorbing roots of coffee (*Coffea arabica* L.) and rubber (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) in mixed plantings in two ecological zones of Costa Rica, M. Ag. Thesis, Inter-American

- Institute of Agricultural Sciences of the O.A.S. Tropical Centre of Research and Graduate Training, Turrialba, Costa Rica, 105 p. 1962.
8. GUISCAFRE—ARRILLAGA, J. and GOMEZ, L. A. Studies of the root system of *Coffea arabica*. I. Environmental conditions affecting the distribution of coffee roots in Colose city. University of Puerto Rico. Journal of Agriculture 22(2):227-262. 1938.
 9. HATERT, J. P. Observations sur le systeme radicaire du Cafeier robusta. Bulletin Agricole du Congo Belge, 42:461-482. 1958.
 10. KRUG, C. A. and De POERCK. World Coffee Survey. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, p. 476. 1968.
 11. LEON, J. and UMAÑA, R. Varietal differences in the root system of coffee. Coffee 3:104-107. 1961.
 12. NUTMAN, F. J. The root system of *C. arabica* L. Part II. The effect of some soil conditions in modifying the normal root system. Empire Journal of Experimental Agriculture. 1:285-296. 1933.
 13. SNEDECOR, G. W. and COCHRAN, W. G. Statiscal Methods. Oxford and IBH Publishing Co., India, 593 p. 1967.
 14. THOMAS, A. S. Observations on the root system of Robusta coffee and other tropical crops in Uganda. Empire Journal of Experimental Agriculture. 12:191-206. 1944.
 15. TRANCOSOVAZ, J. Estudo do sistema radicular do cafeiro em Angola. Revista do cafe português 8:101-116. 1961.
 16. VEEN, R. Van Der. Enkele waarneningen over wortet concurrentie in eenzeer drogen oostomoesson, (observations on root competition during very dry monsoon). Berg cultures 14:1519-1520. 1941.
 17. VISHVESHWARA, S. and AHMED, J. Variability in coffee. II. Studies on flower number in species. Indian Coffee 34:268-273. 1975.

Reseña de libros

GREENLAND, D. J. (Editor). CHARACTERIZATION OF SOILS in relation to their classification and management for crop production: Examples from some areas of the humid tropics Oxford University Press, Oxford, England, 1981, 446 p

El conocimiento inadecuado de los suelos de los trópicos húmedos y de su potencialidad para la producción de alimentos, es una de las fuentes de incertidumbre en la toma de decisiones sobre la capacidad del mundo de alimentar su población actual y futura. Con estas palabras el Editor señala, en términos claros, la hipótesis que dio origen al volumen que comentamos, en el cual se pretenden aclarar algunos aspectos importantes del problema así planteado.

La obra contiene 15 capítulos que giran en su mayoría alrededor de los estudios efectuados sobre aspectos diversos, en catorce "toposecuencias" localizadas en el Sur de Nigeria (Una "toposecuencia" se define como una sucesión de lugares desde una cresta o meseta hasta un valle en la parte más baja).

En el Capítulo 2 se describen las "toposecuencias" seleccionadas, las cuales engloban seis franjas ecológicas con lluvias variables desde menos de 1.100 hasta más de 2.500 milímetros anuales y dos grupos de materiales parentales (rocas cristalinas y rocas arenosas sedimentarias). De cada una de ellas se da una descripción muy detallada y se presenta la clasificación de los suelos que la componen.

En los capítulos siguientes se examinan, para los suelos bajo estudio, la mineralogía de las fracciones arcilla y arena fina; las características químicas; la adsorción y liberación del fósforo; las propiedades físicas; el estado de los micronutrientes; la transformación del nitrógeno y la materia orgánica; el papel de las micorizas en la asimilación de fósforo y el manejo de esos suelos para la producción continua de cosechas.

Finalmente, se dedica tres capítulos a aspectos generales de los suelos tropicales, no conectados directamente con el estudio de las "toposecuencias" descritas. El primero se refiere al manejo de los suelos en los Oxisoles de sabana y en los Ultisoles de selva en la

parte tropical de América Latina; el segundo a la evaluación de la fertilidad potencial y su uso en los trópicos húmedos y el tercero a los sistemas agrícolas y a las cosechas de los trópicos húmedos, en relación con la utilización de los suelos. El libro contiene dos apéndices que describen en detalle tanto los perfiles de los suelos incluidos en las "toposecuencias" como los sistemas agrícolas y las cosechas de los trópicos húmedos en África Occidental.

Es laudable el esfuerzo, que este volumen representa, de articular los trabajos de investigación sobre suelos tropicales, de manera que ellos, en primer término, se refieran a zonas concretas y comunes y luego se complementen cubriéndose así una amplia gama de los aspectos más importantes que condicionan las potencialidades productivas de los suelos y que de alguna manera tipifican situaciones de suficiente amplitud para ser de importancia general.

Para América Latina es particularmente interesante el capítulo sobre manejo de los Oxisoles y Ultisoles de sabanas y de selvas tropicales, respectivamente, de Suramérica; estos dos órdenes taxonómicos de suelos cubren 760 millones de hectáreas que son más de la mitad de los terrenos potencialmente arables en esta parte del mundo. Ellos predominan en el cerrado brasileño, y los llanos colombianos y venezolanos (regiones típicas de sabanas tropicales) y en la Cuenca del Amazonas y sus afluentes (región típica de selva tropical).

En el capítulo que a tales suelos se refiere, escrito por Pedro A. Sánchez, de la Universidad de Carolina del Norte (EE.UU), se hace un buen resumen de la bibliografía sobre las características físicas y químicas de estos suelos y su manejo más adecuado en relación con las condiciones críticas que deben corregirse y que son la acidez; la toxicidad de aluminio; la deficiencia de fósforo; el descenso de humedad en las plantas causado por las sequías cortas que ocurren durante la estación lluviosa y la escasez generalizada de casi todos los demás nutrientes. Las estrategias de manejo que se describen recogen muy bien los resultados de investigaciones llevadas a cabo principalmente en Brasil, Colombia y Venezuela.

Recomendamos la lectura de este valioso libro a todos los interesados en los problemas edafológicos y agronómicos de las regiones tropicales.

FERNANDO SUAREZ DE CASTRO
IICA, COSTA RICA, 1982

CONTROL QUIMICO DE MALEZAS EN ARROZ (*Oryza sativa* L. cv. INTI)
DE TRANSPLANTE CON HERBICIDAS GRANULADOS¹ /

LUIS A. CERNA BAZAN*
JOSE DIAZ C. *

Abstract

An experiment to compare the control of weeds with herbicides has been conducted in the Experimental Station of Jequetepeque Valley, district of Guadalupe, Province of Pacasmayo, Department of La Libertad, Peru.

The treatments studied, in doses of 1 a kg/ha were dimetametrina-piperofos to 1.65, 2.20 and 2.75 a kg/ha, applied on the eighth day after transplanting; oxyfluorfen-A to the dose of 0.4 and 0.6 a kg/ha, oxadiazon with the dose of 1.0 and 1.5 a kg/ha; bentiocarbo - simetrina to the dose of 1.8 and 3.0 a kg/ha; oxifluorfen - B in the dose of 0.4 and 0.6 a kg/ha; penoxalin to the dose of 2.0 and 3.0 a kg/ha; applied on the fourth day after transplanting. Furthermore two witnesses were used, one unweeded and other weeded.

The weeds that were recorded were: Echinochloa crusgalli, Echinochloa colunum, Ischaenum rugosum, Eclipta alba, Cyperus esculents, Commelina fasciculata and in minor scale Leptochloa uninervia, Eriochloa pacifica, Eleusine indica, Ipomoea pentaphylla y Cyperus difformis.

The treatments that showed to be efficient against gramineous were: unweeded witness, oxyfluorfen - A to the dose of 0.6 and 0.4 a kg/ha oxyfluorfen - B with the dose of 0.6 a kg/ha and penoxalin in its dose of 2 and 3 a kg/ha, with percentages of control of 99.83, 94.33, 79.89, 81.17, 76.45 and 70.04% respectively.

There has been a good control against dicotyledonous with the unweeded witness treatments, oxyfluorfen - A to the dose of 0.6 a kg/ha, bentiocarbo - simetrina to the dose of 3 and 1.8 a kg/ha and dimetametrina - piperofos to dose of 2.75 and 2.20 a kg/ha.

In regard to the grain production, the treatment that stood out were: unweeded witness, oxyfluorfen - A to the dose of 0.6 and 0.4 a kg/ha and penoxalin to the dose of 3 and 2 a kg/ha, with yields of 8429, 6876, 6162, 5533, 5525, and 5350 kg/ha, respectively.

Introducción

Uno de los factores negativos al cultivo de arroz es la acción competitiva de las malezas en elementos vitales como espacio, luz y nutrimentos y genera reducciones comprobadas en el orden del 30 al 70% de la producción total, además de ser hospederos de plagas y enfermedades.

¹ Recibido para publicación 11 de mayo de 1980

* Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 8 de octubre No. 637, Lambayeque, Perú.

El combate oportuno de malezas, constituye en la actualidad una de las labores prioritarias a realizar durante el desarrollo del cultivo, especialmente dentro de sus primeros 70 días de periodo crítico en el cual el uso de herbicidas de pre-emergencia en el medio más oportuno de control. Este estudio se enmarca dentro de los objetivos de evaluar y determinar él o los herbicidas de mayor eficiencia en el combate específico de malezas.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en una área experimental de 2310 m², en la Subestación Experimental del Centro Regional de Investigación Agropecuaria del Norte, ubicado en la Cooperativa Agraria de Producción "Talla", en la ciudad de Guadalupe, Provincia de Pacasmayo, Departamento de la Libertad, Perú.

El área de mención se encuentra localizada en la parte baja del Valle Jequetepeque, entre los 7° 15' 36" de latitud sur y 79° 25' 16" de longitud oeste, a una altura de 113 m sobre el nivel del mar y con un clima de características subtropicales desértico.

Durante el estudio de campo, la temperatura ambiental fue favorable al cultivo, con una máxima de 28°C, una mínima de 17°C y una media de 23°C; la humedad relativa promedio fue de 75% y se registró un promedio de 7 horas de sol diarias.

Las labores de preparación del terreno se realizaron en suelo húmedo, practicándose la aradura, rastreado y nivelación para almacigos y para el campo definitivo experimental.

El trasplante se hizo con plántulas de 40 días de edad, colocando 4-6 plantas/golpe y a distanciamiento de 25 cm. La fertilización se hizo en forma fraccionada en dos partes; la primera mitad aplicada a los 20 días después del trasplante y la otra al momento del "encañado", empleando la dosis de 320 kg de nitrógeno/ha; usando la urea 45% N como fuente nitrogenada.

Para las evaluaciones de abundancia de las malezas se contaron los individuos de *Echinochloa* (*E. crusgalli*, *E. colonum*) e *Ischaenum rugosum* en un área de 5 m². Los porcentajes de reducción de malezas se calcularon considerando el testigo con malezas como 0% y la escala de porcentajes de control siguiente: 0-10 como malo, 11-30 pobre, 31-50 incipiente, 51-70 regular, 71-90 bueno y 91-100 excelente.

El macollaje por m² de arroz se evaluó al encañado tomándose el número de macollaje de 6 golpes competitivos ubicados dentro del área de cosecha.

El rendimiento de grano se logró cosechando un área central de 4.5 m² de cada parcela, que luego de secado y ajustado al 14% de humedad fue convertido a toneladas por hectáreas.

Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar, con 17 tratamientos y 4 repeticiones.

Los herbicidas se aplicaron de acuerdo a sus requerimientos. El producto dimetametrina-piperofos (Avirosan) a 5.5% se probó a las dosis comercial de 30, 40 y 50 i a kg/ha y a 8 días después del trasplante, mientras que los otros tratamientos se aplicaron a los 4 días después del trasplante. Oxyfluorfen (Goal A y B) a 1% y a las dosis de 40 y 60 p c kg/ha, oxadiazón (Ronstar) 2.5% a las dosis de 40 y 60 p c kg/ha, bentiocarbo o tiobencarbo (Saturno) a 5% a 60 y 80 p c kg/ha, bentiocarbo-simetrina (Saturno-simetrina) a 5 + 1% y a las dosis de 30, 50 y 80 kg/ha, penoxalin o pendimethalin (Prowl) a 5% y a las dosis de 40 y 60 i a kg/ha. Además se incluyeron un testigo sin malezas con 5 deshierbas y un testigo con maleza sin deshierbas y con 5 deshierbas y un testigo con maleza sin deshierbas y sin producto. Los herbicidas que se probaron fueron en formulación granular por no requerir equipos de aplicación sino el voleo directo sobre la lámina de agua dentro de las pozas de arroz.

Resultados y discusión

Identificación de malezas infestantes

Las malezas más agresivas fueron las correspondientes a la familia de las gramíneas: *Echinochloa colonum* (moco de pavo), *Echinochloa colonum* (grama de lefe), e *Ischaenum rugosum*, (mazorquilla), presentándose predominancia de la primera.

Entre otras especies infestaron muy aisladamente: *Leptochloa uninervia* (rabo de zorro), *Eriochloa pacífica* (pajilla), *Eleusine indica* (pata de gallina) *Ipomoea pentaphylla* (correhuela), *Cyperus difformis* (cabeza de mono) y *Eclipta alba* (florcita).

Abundancia y porcentaje de reducción de *Echinochloa* spp.

En el Cuadro 1 se puede observar que el testigo sin maleza superó significativamente a los demás tra-

Cuadro 1. Promedio de abundancia en número/5 m² y porcentaje de reducción de *Echinochloa* spp., 30 días después de la aplicación de los herbicidas granulados en arroz (*Oryza sativa* L.) cv. "Inti" al trasplante. Estación Experimental de Jequetepeque, Perú.

Tratamientos	i a kg/ha	PARCELA				Promedio	Duncan +	Reducción (%)
		I	II	III	IV			
Testigo sin maleza	—	2	3	2	2	2	a	99.5
Oxyfluorfen-A	0.6	48	65	10	47	43	b	91.2
Penoxalin	2.0	21	22	50	87	45	b	90.8
Oxyfluorfen-A	0.4	45	78	50	12	46	b	90.6
Penoxalin	3.0	94	66	33	32	56	bc	88.6
Bentio-carbo	4.0	67	65	95	83	78	bcd	84.2
Bentio-simetrina	3.0	90	93	76	161	105	cde	78.7
Dimeta-piperofos	2.2	133	112	55	155	114	cde	76.9
Oxyfluorfen-B	0.6	130	148	120	67	116	cde	76.5
Bentio-carbo	3.0	105	119	150	101	119	cde	75.9
Dimeta-piperofos	2.7	231	139	120	185	169	def	65.7
Oxyfluorfen-B	0.4	196	242	219	138	199	defg	59.7
Oxadiazón	1.5	265	166	193	421	261	efg	47.3
Oxadiazón	1.0	200	250	188	422	265	efg	46.3
Bentio-simetrina	1.8	437	320	253	440	363	efg	26.5
Dimeta-piperofos	1.6	457	340	303	395	374	fg	24.3
Testigo con maleza	—	619	470	435	450	494	g	0
F calculado tratamientos:	34.9							C.V.: 9.4%

+ En las pruebas de Duncan 0.01, los tratamientos con la misma letra no difieren entre sí.

Cuadro 2. Promedio de abundancia en número/5 m² y porcentaje de reducción de *Ischaenum rigosum*, 30 días después de la aplicación de los herbicidas granulados en arroz (*Oryza sativa* L.) cv. "Inti" al trasplante. Estación Experimental de Jequetepeque-Perú.

Tratamientos	i a kg/ha	PARCELA				Promedio	Duncan +	Reducción (%)
		I	II	III	IV			
Testigo sin maleza	—	1	1	2	3	2	a	92.5
Oxyfluorfen-A	0.6	1	6	6	4	4	ab	85.1
Oxyfluorfen-B	0.6	3	2	8	6	5	b	81.4
Oxyfluorfen-A	0.4	5	12	8	4	7	b	74.0
Oxyfluorfen-B	0.4	15	31	25	20	23	c	14.8
Bentio-carbo	4.0	12	26	13	44	24	c	11.1
Testigo con maleza	—	31	35	29	14	27	cd	0
Bentio-simetrina	1.8	16	40	27	29	28	cde	0
Penoxalin	2.0	38	40	13	30	30	cde	0
Penoxalin	3.0	41	20	35	45	35	cde	0
Bentio-simetrina	3.0	28	40	45	38	38	cde	0
Dimeta-piperofos	1.6	89	36	60	95	70	def	0
Oxadiazón	1.0	70	37	91	82	70	def	0
Bentio-carbo	3.0	61	88	83	52	71	def	0
Dimeta-piperofos	2.2	77	51	80	84	73	efg	0
Dimeta-piperofos	2.7	73	105	95	162	109	fg	0
Oxadiazón	1.5	175	151	240	229	199	g	0
F calculado tratamientos :	34.5							C.V.: 13.7%

+ En las pruebas de Duncan 0.01, los tratamientos con la misma letra no difieren entre sí.

tamientos al reducir el número de plantas de *Echinochloa*. Sin embargo, también hay un control excelente, más de 80% de reducción, con los tratamientos oxyfluorfen-A a las dosis de 0.6 y 0.4 i a kg/ha, penoxalín con 2 y 3 i a kg/ha y bentiocarbo a la dosis de 4 i a kg/ha, aplicados 4 días después del trasplante. Entretanto como buenos y con más del 70% de reducción se encontró a los herbicidas bentiocarbo-simetrina a la dosis de 3 i a kg/ha, dimetametrina-piperofos con 2.20 i a kg/ha, oxyfluorfen a la dosis de 0.6 i a kg/ha, bentiocarbo con 3 i a kg/ha; y los tratamientos siguientes mostraron comportamientos regulares a pobres.

Abundancia y porcentaje de reducción de *Ischaenum rugosum*

Como se detalla en el Cuadro 2, el análisis de variancia muestra un alto grado de significación entre tratamientos y según la prueba de Duncan 0.01 el producto oxyfluorfen A a la dosis de 0.6 i a kg/ha aplicado a los 4 después del tratamiento, tuvo similitud estadística con el testigo sin maleza, pero al igual que oxyfluorfen-B a 0.6 i a kg/ha y oxyfluorfen-A a 0.4 i a kg/ha sobresalen en el control de esta

maleza con más del 70% de reducción. Los demás tratamientos tuvieron comportamientos similares o mayores al testigo con maleza.

Biomasa seca de maleza de gramíneas

Según los resultados del Cuadro 3 con la prueba de significación de Duncan se presenta similitud estadística entre los 8 primeros tratamientos, los mismos que permitieron las mayores producciones de materia orgánica de malezas gramíneas debido a que los controlaron en forma incipiente o mala.

Sobresalen limitando la formación de materia orgánica de malezas los productos: penoxalín a las dosis de 3 y 2 i a kg/ha, oxyfluorfen) B a la dosis de 0.6 i a kg/ha y oxyfluorfen)A con sus dosis de 0.4 y 0.6 i a kg/ha aplicados a los 4 después del tratamiento, con pesos de 2.25, 2.46, 2.53, 1.03 y 0.43 t/ha.

Macollaje del cultivo de arroz al encañado

Practicando los análisis estadísticos correspondientes, se halló una escasa significación entre tratamien-

Cuadro 3. Biomasa seca (t/ha) de malezas gramíneas a la pre-cosecha de arroz (*Oryza sativa* L.) cv. "inti" al trasplante, con herbicidas granulados. Estación Experimental de Jequetepeque-Perú.

Tratamientos	i a kg/ha	PARCELA				Promedio	Duncan +
		I	II	III	IV		
Oxadiazón	1.0	13.0	15.0	14.0	12.0	13.5	a
Dimeta-piperofos	1.6	14.2	8.2	13.0	10.4	11.4	ab
Testigo con maleza	-	8.3	13.7	9.8	13.0	11.2	ab
Bentio-simetrina	1.8	8.0	8.4	8.0	14.0	9.6	abc
Dimeta-piperofos	2.7	7.6	7.0	10.3	13.2	9.5	abc
Oxadiazón	1.5	12.0	7.0	6.0	12.6	9.4	abc
Bentiocarbo	3.0	8.0	7.8	11.0	10.2	9.2	abc
Dimeta-piperofos	2.2	2.4	8.0	8.6	14.1	8.3	abc
Bentiocarbo	4.0	5.8	6.0	8.0	7.6	6.8	abc
Bentio-simetrina	3.0	2.8	9.0	6.4	8.2	6.6	bcd
Oxyfluorfen-B	0.4	8.0	2.0	7.6	3.4	5.2	cde
Penoxalín	3.0	1.9	1.9	4.8	1.4	2.5	def
Oxyfluorfen-B	0.6	1.3	5.4	2.2	1.1	2.5	def
Penoxalín	2.0	0.5	1.2	3.6	4.4	2.4	def
Oxyfluorfen-A	0.4	1.5	0.4	1.7	0.4	1.0	ef
Oxyfluorden-A	0.6	0.6	0.5	0.2	0.2	0.4	ef
Testigo con maleza	-	0	0	0	0	0	f
F calculado tratamientos :	13.6						C.V.: 35.8%

+ En las pruebas de Duncan 0.01, los tratamientos que tienen la misma letra no difieren entre sí.

tos (Cuadro 4), donde sólo el testigo sin maleza difiere con los 4 últimos tratamientos. De acuerdo a los promedios resultantes, el máximo macollaje se logró con el testigo sin maleza con 531 unidades, seguido por el tratamiento oxyfluorfen-A a las dosis 0.4 y 0.6 i a kg/ha, con cierta superioridad sobre los restantes. Los menores valores para esta característica fueron conferidos por el testigo con maleza y el tratamiento oxadiazón a la dosis de 1.5 kg/ha con 246 y 241 macollos.

Rendimiento en grano y números de panojas/m²

De acuerdo con el análisis estadístico (Cuadro 5) se encontró alta significación para los tratamientos con el máximo rendimiento logrado con el testigo sin maleza con 8.52 t/ha, de arroz en cáscara, sin diferir estadísticamente con los tratamientos oxyfluorfen-A a la dosis 0.6 y 0.4 i a kg/ha aplicados a los 4 días después del tratamiento al originar 6.87 y 6.16 t/ha de arroz; corroborando los resultados obtenidos por Caballero (2) y Alva (1).

También se destacaron los tratamientos oxyfluorfen a la dosis de 0.6 kg/ha, penoxalin a las dosis de

3 y 2 i a kg/ha y bentio-carbo-simetrina con 3 i a kg/ha; aplicados 4 días después del tratamiento con rendimientos 5.53, 5.52 y 4.11 t/ha de grano respectivamente. Resultados similares fueron logrados en trabajos de Vélez y Ojeda (3, 4).

Los tratamientos siguientes a excepción de oxyfluorfen-B a la dosis de 0.4 kg/ga con 4.073 t/ha de arroz ocasionaron rendimientos inferiores a las 4 t, como sucedió con bentio-carbo y dimetametrina-piperofos, debido a sus requerimientos en lámina de agua por más de 7 días después del voleo de los productos.

También hubo bajos rendimientos con el herbicida oxadiazón, que por antecedentes en otros estudios revela un control excelente sobre las malezas en formulación granular.

Conclusiones

Bajo las condiciones experimentales en que se condujo este trabajo sobre control químico de malezas con herbicidas granulados en arroz de trasplante, se concluye:

Cuadro 4. Macollaje/m² al encañado del arroz (*Oryza sativa* L.) cv. "inti" al trasplante, con herbicidas granulados. Estación Experimental de Jequetepeque-Perú.

Tratamientos	i a kg/ha	PARCELA				Promedio	Duncan +
		I	II	III	IV		
Testigo sin maleza	—	520	548	551	503	531	a
Oxyfluorfen-A	0.4	466	410	479	411	441	ab
Oxyfluorfen-A	0.6	375	420	327	410	383	ab
Bentio-simetrina	3.0	447	325	261	484	379	ab
Bentio-carbo	4.0	436	370	399	253	365	ab
Penoxalin	2.0	420	311	372	331	359	ab
Oxyfluorfen-B	0.6	372	289	243	466	343	ab
Penoxalin	3.0	374	367	320	293	339	ab
Oxyfluorfen-B	0.4	391	277	239	271	295	ab
Bentio-simetrina	1.8	426	301	226	200	288	ab
Dimeta-piperofos	2.2	410	326	229	160	281	ab
Oxadiazón	1.0	328	277	205	314	281	ab
Bentio-carbo	3.0	415	333	137	218	276	ab
Dimeta-piperofos	1.6	189	325	293	210	254	b
Dimeta-piperofos	2.7	293	346	230	134	251	b
Testigo con maleza	—	385	145	281	158	246	b
Oxadiazón	1.1	185	280	371	128	241	b
F calculado tratamientos :	1.8						C V : 34.9%

+ En las pruebas de Duncan 0.01, los tratamientos con la misma letra no difieren entre sí.

1. Demostraron alta eficiencia en el control de gramíneas los tratamientos: testigo con maleza, oxyfluorfen-A a las dosis de 0.6 y 0.4 i a kg/ha; oxyfluorfen a la dosis de 0.6 i a kg/ha y penoxalin a las dosis de 2.0 y 3.0 i a kg/ha; aplicados a los 4 días del trasplante con 99.8, 94.3, 79.9, 81.2, 76.4 y 70% de reducción de maleza respectivamente.
2. Los tratamientos que ejercieron mayor control de dicotiledóneas fueron: testigo sin maleza, oxyfluorfen-A a la dosis de 0.6 i a kg/ha; bentio-carbo-simetrina en sus dosis de 3.0 y 1.8 i a kg/ha; aplicados a los 4 días del trasplante y dimetametrina piperofos a las dosis de 2.75 y 2.20 i a kg/ha aplicados a los 8 días del trasplante.
3. De acuerdo al comportamiento de control de malezas, los tratamientos que destacaron en la producción de grano fueron: testigo sin maleza; oxyfluorfen-A a las dosis de 0.6 y 0.4 i a kg/ha, oxyfluorfen-B con 0.6 i a kg/ha y penoxalin a las dosis de 3.0 y 2.0 i a kg/ha; aplicados a los 4 días del trasplante con rendimientos de 8429, 6876, 6162, 5533, 5525, y 5350 kg/ha, respectivamente.

Resumen

En la Estación Experimental del Valle Jequetepeque, distrito de Guadalupe, -Provincia de Pacasmayo, Departamento de la Libertad, se concluyó un experimento para comparar el control de malezas con herbicidas granulados. Los tratamientos estudiados, en dosis de i a /ha fueron: dimetametrina-piperofos a 1.65, 2.20 y 2.75 i a kg/ha, aplicados a los 8 días después del trasplante; oxyfluorfen-A a las dosis de 0.4 y 0.6 i a kg/ha, oxadiazón con las dosis de 3.0 y 4.0 i a kg/ha; bentio-carbo-simetrina a las dosis de 1.8 y 3.0 i a/ha; oxyfluorfen-B en las dosis 0.4 y 0.6 i a /ha, penoxalin a las dosis de 2.0 y 3.0 i a kg/ha; aplicados a los 4 días después del trasplante. Además se establecieron dos testigos, uno sin maleza y otro con maleza.

Las malezas que se registraron fueron: *Echinochloa crusgalli*, *Echinochloa colonum*, *Ischaenum rugosum*, *Eclipta alba*, *Cyperus difformis*

Los tratamientos que demostraron ser eficientes contra gramíneas fueron: testigo sin maleza, oxyfluorfen-A a las dosis de 0.6 y 0.4 i a kg/ha, oxyfluorfen-B con la dosis de 0.6 i a kg/ha y penoxalin en sus

Cuadro 5. Rendimiento en grano de arroz (*Oryza sativa* L.) cv. Inti al trasplante, con herbicidas granulados. Estación Experimental de Jequetepeque-Perú.

Tratamientos	i a kg/ha	Rendimiento kg/ha	Duncan +
Testigo sin maleza	0	8429	a
Oxyfluorfen-A	0.6	6876	ab
Oxyfluorfen-A	0.4	6162	abc
Oxyfluorfen-B	0.6	5533	bc
Penoxalin	3.0	5525	bc
Penoxalin	2.0	5350	bcd
Bentio-simetrina	3.0	4118	bcde
Oxyfluorfen-B	0.4	4073	bcde
Bentio-carbo	4.0	3875	cdef
Bentio-simetrina	1.8	2605	defg
Dimeta-piperofos	2.2	2334	efg
Bentio-carbo	3.0	2070	efg
Dimeta-piperofos	2.7	1974	efg
Oxadiazón	1.5	1863	efg
Testigo con maleza	-	1143	fg
Dimeta-piperofos	1.6	927	g
Oxadiazón	1.0	757	g
F. calculado tratamientos:	12.99		C.V.: 33.8

+ En las pruebas de Duncan 0.01, los tratamientos que tiene la misma letra no difieren entre si

dosis de 2 y 3 i a kg/ha; con porcentajes de control de 99.9, 94.3, 79.9, 81.2, 76.4 y 70.0% respectivamente.

Contra dicotiledóneas hubo buen control con los tratamientos: testigo desmalezado, oxyfluorfen-A a la dosis de 0.6 i a kg/ha, bentiocarbo-simetrina a la dosis de 3 y 1.8 i a kg/ha y dimetametrina-piperofos a las dosis de 2.75, 2.20 i a kg/ha.

En cuanto a la producción de grano, los tratamientos que sobresalieron fueron: testigo sin maleza, oxyfluorfen-A a la dosis de 0.6 y 0.4 i a kg/ha, oxyfluorfen-B con 0.6 i a kg/ha y penoxalin a las dosis de 3 y 2 i a kg/ha con rendimientos de 8429, 6876, 6162, 5533, 5525 y 5350 kg/ha respectivamente.

Literatura citada

1. ALVA, R. M. Comparativos de herbicidas en el control de malezas en arroz (*Oryza sativa* L.) cultivar Inti en siembra al trasplante. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque. Perú. 1978. 83 p.
2. CABALLERO, O. F. Comparativo avanzado de herbicidas en arroz de siembra al trasplante, cultivar Inti. Estación Experimental del Chirra. In: Reunión anual del Programa Nacional de Arroz. Lambayeque, Perú. 1978.
3. OJEDA, R. F. Control químico de malezas en arroz (*Oryza sativa* L.) cultivar Inti por el sistema de trasplante. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú. 1978. 65 p.
4. VELEZ, G. J. Comparativo avanzado de herbicidas en arroz de siembra al trasplante, cultivar Inti. Estación Experimental de Vista Florida, Memoria anual. Lambayeque, Perú. 1978.

Notas y comentarios

HORMIGAS AYUDAN A DESCUBRIR FUNGICIDAS NATURALES

Científicos que trabajan en el Parque Nacional de Santa Rosa, en Costa Rica, han encontrado por lo menos 17 plantas que producen compuestos que matan o paralizan el crecimiento de muchos hongos peligrosos para las plantas y para el hombre.

El grupo, dirigido por Stephen Hubel y David Wiener, de la Universidad de Iowa, estaba estudiando una especie de hormiga cortadora de hojas, la zompopa (*Atta cephalotes*). Estas hormigas cultivan un hongo (*Rhizites gonylophora*) en sus nidos, sobre un substrato formado por las hojas que cortan. Las larvas se alimentan exclusivamente de este hongo, mientras que los adultos necesitan las enzimas que produce para digerir su principal alimento, la savia de las hojas.

La relación simbiótica hongo-zompopa es tan estrecha que el hongo no produce esporas sexuales; depende enteramente de las zompopas para su reproducción vegetativa.

El equipo de Iowa notó que las hormigas cortadoras evitaban algunas plantas y decidieron investigar lo que había en esas hojas que las hacían tan poco atractivas a las normalmente voraces zompopas.

Una de las especies repelentes es el guapinol (*Hymenaea courbaril* L.), árbol leguminoso productor de ámbar del Mioceno, nativo desde México hasta Brasil y Perú (donde se le conoce como azucarhuayo). Produce un terpenoide llamado epóxido cariofileno que repele a las zompopas. El grupo aisló esta crucial sustancia en una serie de ensayos biológicos, empapó una hoja normalmente aceptable en epóxido cariofileno en la concentración natural y observó que las hormigas no la tocaban. Cuando la concentración fue aumentada a diez veces el nivel natural las hormigas enloquecieron. Literalmente, saltaban hacia atrás y se limpiaban frenéticamente por unos 30 segundos.

Aunque el grupo suponía, en general, que las plantas repelentes contenían insectos naturales, se sorprendieron al descubrir que los compuestos repelentes poseían también propiedades antifungosas. El epóxido cariofileno mató a los dos hongos fitopatógenos al que se les expuso y también mató o paralizó el crecimiento de 22 de los 45 hongos patógenos al hombre, con los cuales se probó el terpenoide.

ADALBERTO GORBITZ

PETER L. WEAVER*

Resumen

El incremento periódico anual del DAP en un rodal, previamente entresacado, localizado en bosque montano alto (bosque colorado) en el sudeste de Puerto Rico, creció a un promedio de 0.25 cm/año durante 27 años. El incremento a largo plazo era el doble de cualquier otro registrado en otro bosque colorado en la isla.

Introduction

Information on growth rates and stand dynamics are scarce in the neotropics, and both are vital to forest planning and management. Such information is needed for a variety of sites and stand conditions, including climax and secondary forests. In this paper, periodic annual diameter increment (PAI), ingrowth, mortality, basal area, and species composition are summarized for a small plot in southeastern Puerto Rico. Estimates are based on measurements that span 27 years.

The study area

The Sierra de Cayey, an isolated range of Cretaceous monadnocks Beinroth (3) in southeastern Puerto Rico, rises to slightly over 900 m. The weathering of igneous rocks has created areas of shallow and deep clays. The climax vegetation included four montane types Beard (1, 2): Lower Montane (tabonuco forest) at lower elevations; Upper Montane (colorado forest) at higher elevations; dwarf forest on the isolated summits near Cerro La Santa; and interspersed in the tabonuco and colorado types, particularly in the latter, zones dominated by palm.

A recent study classified most of the area as Subtropical Wet Forest; a small zone encompassing Cerro La Santa was classified as Lower Montane Wet Forest Ewel and Whitmore (4). Mean temperature ranges from 25°C at the base of the mountains to about 21°C at the summits, and rainfall varies from 1900 through 2500 mm/yr Picó *et al.* (8).

Methods

In 1951, at 725 m elevation in previously undisturbed colorado forest, a 0.10 ha plot was thinned to 1700 stems/ha with a basal area of 11.4 m²/ha. Deep clay soil underlies the plot. Rainfall approaches 2500 mm/yr, and the mean annual temperature is about 22°C.

All trees ≥ 4.1 cm were measured with a steel tape at D.B.H. and permanently marked with numbered tags at 15 cm below D.B.H. to prevent errors that swelling might cause in future measurements. Crown classes also were recorded. The plot was visited again in 1956, 1964, and 1978, and in each instance, diameters and crown classes were recorded; ingrowth ≥ 4.1 cm was measured; and mortality was noted. A brief visit in 1953 provided preliminary observations of stand development.

Results and discussion

Observations two years after thinning showed that weeds slightly over 1 m in height had invaded the larger openings; no vines, however, were observed.

¹ Received for publication July 12, 1980.

* Research Forester, Institute of Tropical Forestry, Southern Forest Experiment Station, Forest Service — USDA Rio Piedras, Puerto Rico.

Table 1: Ranking of species by density and basal area (BA) dominance in previously thinned colorado forest (Subtropical Wet Life Zone) in Cayey from 1951 to 1978.

Species ²	1951		1978		Mortality by D.B.H. class, 1951-78					Total
	Stems (No./ha)	BA (m ² /ha)	Stems (No./ha)	BA (m ² /ha)	5	10	20	40	No./ha	
<i>Miconia prasina</i>	430	0.80	50	0.25	350	60	-	-	-	410
<i>Micropholis chrysophylloides</i>	310	4.10	370	9.68	20	20	-	-	-	40
<i>Calycogonum squamulosum</i>	270	2.15	300	4.02	10	10	-	30	-	50
<i>Inga laurina</i>	150	1.77	120	4.42	20	10	-	-	-	30
<i>Psychotria berteriana</i>	150	0.36	20	0.03	100	50	-	-	-	150
<i>Swietenia macrophylla</i>	80	0.39	20	0.32	20	20	-	-	-	60
<i>Myrcia splendens</i>	70	0.31	60	0.77	20	-	-	-	-	30
<i>Ocotea spatulata</i>	30	0.24	30	0.65	-	-	-	-	-	-
<i>Rapanea ferruginea</i>	30	0.14	20	0.27	10	10	-	-	-	20
<i>Ocotea leucoxylon</i>	30	0.07	-	-	20	10	-	-	-	30
<i>Nectandra coriacea</i>	30	0.06	10	0.05	20	-	-	-	-	20
<i>Alchornea latifolia</i>	20	0.19	30	0.50	-	-	-	-	10	10
<i>Cordia borinquensis</i>	20	0.17	110	0.45	90	-	-	-	-	-
<i>Inga vera</i>	10	0.22	-	-	-	-	-	-	10	10
<i>Haenanthus salicifolius</i>	10	0.10	10	0.75	-	-	-	-	-	-
<i>Sloanea berteriana</i>	10	0.10	10	0.41	-	-	-	-	-	-
<i>Casarea arborea</i>	10	0.09	80	1.09	70	-	-	-	-	-
<i>Cordia nitida</i>	10	0.05	-	-	-	10	-	-	-	10
<i>Rondeletia portoricensis</i>	10	0.02	-	-	10	-	-	-	-	10
<i>Didymopanax morototoni</i>	10	0.01	20	0.61	10	-	-	-	-	-
<i>Myrcia deflexa</i>	10	0.01	10	0.05	-	-	-	-	-	-
<i>Prestoea montana</i>	-	-	70	1.93	70	-	-	-	-	-
<i>Cecropia peltata</i>	-	-	50	2.03	50	-	-	-	-	-
<i>Eugenia stabilis</i>	-	-	10	0.02	10	-	-	-	-	-
<i>Ditita myricoides</i>	-	-	10	0.01	10	-	-	-	-	-
TOTAL	1700	11.35	1410	28.31	590	200	60	30	880	

1 Ingrowth refers to stems present in the final survey but absent in the initial survey; mortality, stems recorded initially but absent in the final survey. Mortality D. B. H. classes increase geometrically from the 5 cm through the 40 cm class: 5 cm (4.1 - 6.5), 10 cm (6.6 - 14.1), 20 cm (14.2 - 26.8), and 40 cm (26.9 - 54.6). Stems that entered the lowest D. B. H. class (i.e. 4.1 cm) after the initial survey, but died before the final survey, were not tallied.

2 Nomenclature in this and following tables taken from: Little and Wadsworth (10) and Little, Woodbury and Wadsworth (7).

After a 1956 hurricane, little regeneration was found, and the plot remained more open than undisturbed colorado forest. Only minor damage was caused by high winds.

By 1978, the number of stems had decreased from 1700 to about 1400/ha, but the basal area increased from 11.4 to 28.3 m²/ha (Table 1). Ingrowth amounted to 590 stems/ha, adding 5.7 m² of basal area, and mortality eliminated 880 stems/ha. Net basal area increase during the 27 years amounted to 16.9 m²/ha.

Ingrowth and mortality resulted in changes in stand composition (Table 1). *Miconia prasina* and *Psychotria berteriana*, both short-lived secondary species, decreased substantially in number. *Cecropia peltata*, another secondary species, invaded the stand, probably because of the availability of growing space. *Micropholis chrysophylloides*, a climax overstory species, increased in number. *Prestoea montana*, a climax species ubiquitous in Montane Forests in Puerto Rico, invaded the plot.

Differences in increment were found among species (Table 2). PAI's ranged from 0.18 cm/yr for *Ocotea spathulata* and *Cordia borinquensis* to 1.05 cm/yr for *Casearia arborea*. Species that were

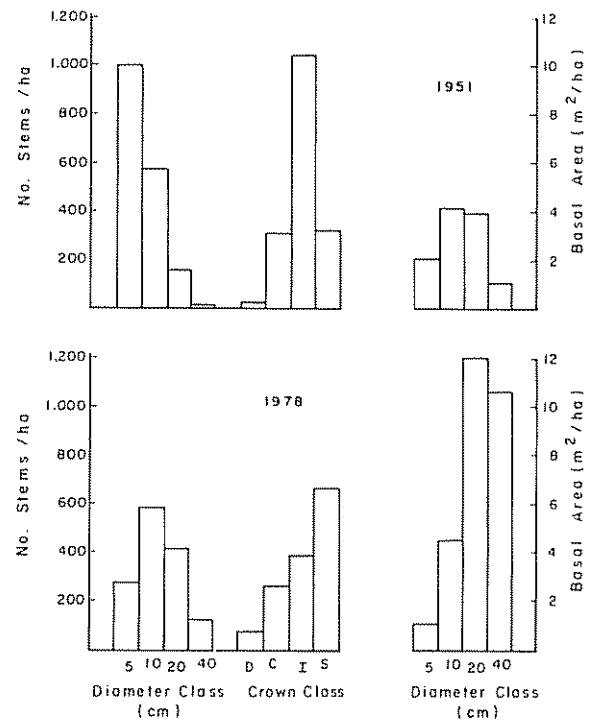


Fig. 1. Number of Stems/ha by D.B.H. Class, Number of Stems/ha by Crown Class, and Basal Area/ha by D.B.H. Class for Thinned Colorado Forest (Subtropical Wet Life Zone) in 1951 and 1978

Table 2. Periodic annual diameter increment by species from 1950 to 1978 in thinned colorado forest (Subtropical Wet Life Zone) in Cayey for all trees that survived the entire period.

Species	1951-78 Statistics			D.B.H. Range			
	1951-56	1956-64	1964-78	Mean	CV ¹	Stems	1951
	cm/yr			(%)	(No.)	(cm)	
<i>Miconia prasina</i>	0.25	0.06	0.01	0.06	28	2	4-7
<i>Micropholis chrysophylloides</i>	0.46	0.27	0.24	0.29	44	27	4-39
<i>Calycogonium squamulosum</i>	0.34	0.18	0.13	0.18	45	22	4-18
<i>Inga laurina</i>	0.38	0.29	0.25	0.28	74	12	4-26
<i>Swietenia macrophylla</i>	0.25	0.19	0.12	0.16	76	2	11-16
<i>Myrcia splendens</i>	0.30	0.21	0.22	0.24	52	4	5-21
<i>Ocotea spathulata</i>	0.18	0.23	0.24	0.23	76	3	12-20
<i>Rapanea feruginea</i>	0.58	0.42	0.12	0.30	-	1	14
<i>Nectandra coriacea</i>	0.20	0.10	0.02	0.08	-	1	8
<i>Alchornea latifolia</i>	0.75	0.40	0.05	0.28	-	1	20
<i>Cordia borinquensis</i>	0.18	0.05	0.01	0.05	71	2	11-12
<i>Haenianthus salicifolius</i>	0.88	0.95	0.55	0.72	-	1	30
<i>Sloanea berteriana</i>	0.35	0.40	0.42	0.40	-	1	22
<i>Casearia arborea</i>	1.05	0.65	0.52	0.65	-	1	28
<i>Didymopanax morototoni</i>	0.82	0.52	0.98	0.82	-	1	26
<i>Myrcia deflexa</i>	0.42	0.08	0.08	0.15	-	1	8
Mean/Total	0.40	0.25	0.21	0.25	66	82	4-39

1 CV = Coefficient of variation.

better represented on the plot, *Calycogonium squamulosum*, *Inga vera*, and *Micropholis chrysophylloides*, ranged from 0.34 through 0.46 cm/yr. From 1951-56, the codominant crown class grew the fastest at 0.45 cm/yr, followed by the dominants at 0.38, the intermediates at 0.26, and the suppressed stems at 0.22 cm/yr.

The PAI for stems that survived the entire period was 0.25 cm/yr, and ranged from 0.05 cm/yr for *Cordia borinquensis* to 0.82 cm/yr for *Didymopanax morototoni* (Table 2). Most of the species declined in PAI, probably because of a gradual closing of the stand. The heavy mortality in the 5 and 10 cm D.B.H. classes, and the fact that by 1978 the stand had attained a ground cover approaching that of undisturbed colorado forest, support this contention.

Undisturbed colorado forest in Puerto Rico usually has a basal area around 40 m²/ha and contains from 40-50 species (ITF Files). The long-term PAI in both thinned and undisturbed climax colorado forests in Maricao and Luquillo averaged 0.10-0.12 cm/yr (Wadsworth (10); Tropical Forest Experiment Station (9); Weaver (11); ITF Files). In thinned colorado ecotone in Toro Negro and Guilarte Forests, the PAI was about 0.14 cm/yr (ITF Files). In all cases, the estimates are for stems ≥ 4.1 cm in D.B.H., regardless of species or crown class. Individual stands vary in size, species composition, and exposure; rainfall ranges from 2500-4000 mm/yr, elevation from 670-930 m, and basal area from 11-53 m²/ha. Except for Maricao on serpentine, all stands are on clay soil. Tree ages are unknown. All measurements span 24-30 years.

The PAI's for colorado forest are well within the range of those reported for temperate forest trees of the United States Fowells (5). Within the colorado forests that were studied, the long-term PAI of the Cayey stand was twice that of all others. Although direct comparisons among colorado stands are hampered because of differences in site characteristics and species composition, the low basal area at the beginning of measurement in the Cayey stand probably accounts for the difference observed.

Abstract

Periodic annual diameter increment on a previously thinned small plot in upper montane forest (colorado forest) in southeastern Puerto Rico averaged 0.25 cm/yr over 27 years. Long-term increment was twice that recorded for other colorado forests on the island.

Literature cited

1. BEARD, J. L. Climax vegetation in Tropical America. *Ecol.* 25:127-158. 1944.
2. BEARD, J. L. Natural vegetation of the Windward and Leeward Islands. *Oxford Forestry Mem.* 21:1-192. 1949.
3. BEINROTH, F. H. An outline of the geology of Puerto Rico. *Agriculture Experiment Station Bulletin* 213. Rio Piedras, Puerto Rico. 31 p. 1969.
4. EWEL, J. J., and J. L. WHITMORE. The ecological life zones of Puerto Rico and the U. S. Virgin Islands. U. S. Dep. Agric. For. Serv. Res. Pap. ITF-18. Rio Piedras, Puerto Rico. 72 p. 1973.
5. FOWELLS, H. A. (compiler). *Silvics of forest trees of the United States*. U. S. Dep. Agric. For. Serv. Agric. Handb. No. 271. Washington, D. C. 762 p. 1965.
6. LITTLE, E. L., Jr., and F. H. WADSWORTH. *Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands*. U. S. Dep. Agric. For. Serv. Agric. Handb. No. 249. Washington, D. C. 548 p. 1964.
7. LITTLE, E. L., Jr., R. O. WOODBURY and F. H. WADSWORTH. *Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands, Second Volume*. U. S. Dep. Agric. For. Serv. Agric. Handb. No. 449. Washington, D. C. 1024 p. 1974.
8. PICO, R., Z. BUITRAGO de SANTIAGO, and H. H. BERRIOS. *Nueva geografía de Puerto Rico*. The University of Puerto Rico, Rio Piedras, Puerto Rico. pp. 151-183. 1969.
9. TROPICAL FOREST EXPERIMENT STATION. Thirteenth annual report. *Carib. For.* 14:1-33. 1953.
10. WADSWORTH, F. H. Forest management in the Luquillo Mountains, I. The setting. *Carib. For.* 12:93-114. 1951.
11. WEAVER, P. L. Tree growth in several tropical forests of Puerto Rico. U. S. Dep. Agric. For. Serv. Res. Pap. So-152, 15 p. South. For. Exp. Stn., New Orleans, La. 1979.

RELACION DIAMETRO DE COPA-DIAMETRO ALTURA DE PECHO
PARA *Pinus oocarpa*, SCHIEDE, EN SIGUATEPEQUE, HONDURAS¹ /

FROYLAN CASTAÑEDA*, CESAR ALVARADO**, RODOLFO DIAZ***,
CAROLINA DE ALVARADO***, CONRADO VALDEZ***

Summary

This report presents five regression equations that study the relationships of crown characteristics and diameter at breast height (DAP) for Pinus oocarpa, Schiede, en Siguatepeque, Honduras. The first two equations predict DAP, one using crown diameter (D. COPA) and total tree height (A), and the other using DAP only. A simple linear regression, having DAP as the only independent variable, was used to estimate D. COPA. The last two equations estimate crown length (L. COPA) using first DAP, A and length of clean bole (A. COPA), and then D. COPA, A. and A. COPA. All equations are significant at the 1.00%.

Introducción

El uso de la fotografía aérea en el campo forestal ha facilitado la labor del dasónomo de forma tal que ha reemplazado en gran parte su trabajo de campo. Diversas son las ventajas que la fotografía aérea ofrece, siendo la más notoria el poder tomar ciertas medidas con el fin de formarse una idea bastante clara y precisa de la realidad en el terreno.

A medida que su uso se ha popularizado, se han desarrollado, mejores fotografías aéreas. En la actualidad es común trabajar con fotos aéreas a escala grande (1:10 000), en las cuales se pueden tomar medidas como altura total (A) y estimar otras como lo es el diámetro a la altura de pecho (DAP) con el fin de obtener valores de volumen maderable de la zona.

1/ Recibido para su publicación el 11 de noviembre de 1981.

Los autores agradecen a la Facultad de Dasonomía de la Universidad de Idaho y a la ESNACIFOR por haber proveído parte de los fondos necesarios para llevar a cabo este estudio.

* Actualmente optando al título de Ph.D. en Aprovechamiento, Corta y Extracción de la madera en el College of Forestry, Wildlife and Range, University of Idaho, Moscow, Idaho 83843.

** Catedrático de Manejo Forestal y Fotogrametría en la ESNACIFOR.

*** Dasónomos, técnicos del Departamento de Manejo Forestal en la ESNACIFOR.

El objetivo de este estudio fue el de desarrollar modelos de predicción de DAP, diámetro de la copa (D. COPA) y longitud de la copa (L. COPA) para *Pinus oocarpa*, Schiede, en Siguatepeque, Honduras. Mediante el uso de las ecuaciones y cuadros que aquí se presentan, se podrá obtener una estimación del DAP utilizando fotos aéreas con fines de inventario. La longitud de la copa, junto con su diámetro, es información vital en una aproximación conservadora del volumen bruto de combustible disponible para incendios forestales, una vez que el bosque ha sido explotado. Es importante que al realizar estas estimaciones se asuma que la forma de la copa en esta especie se aproxima a un cono, especialmente en árboles jóvenes.

Material y método

Los datos de campo fueron tomados en el bosque de la ESNACIFOR, el cual se encuentra en la zona central de Honduras a una altura promedio sobre el nivel del mar de 1140 metros. los árboles muestra se encontraron en rodales jóvenes y densos, con crecimiento libre de copa y sin contacto con otras copas vecinas.

Para determinar el D. COPA se tomaron a cada árbol dos medidas de la copa: de norte a sur y de este a oeste. Estas dos mediciones se sumaron y luego se promediaron considerando de esta forma la base de la copa del árbol como la base de un cono. Las medidas se tomaron en dirección norte sur y este-oeste con el fin de mantener una uniformidad en las mediciones.

Los límites de la copa se consideraron hasta donde se extendía la primera rama viva "gruesa" (10 centímetros o más de diámetro al peque del fuste, ya que se observó que ramas de menos de 10 cm en esta especie, generalmente no se extienden o no crecen tanto como para definir los límites de la copa) más distante del centro del fuste siempre en dirección de los puntos cardinales. La proyección perpendicular-horizontal de las ramas hacia el suelo se tomó como los límites del D. COPA. Además, a cada árbol se le midió el DAP a 1.30 metros del suelo, altura total y altura del fuste hasta el comienzo de la copa (A. COPA). Esta altura, A. COPA, se consideró del suelo hasta la primera rama viva "gruesa".

El DAP fue medido con cinta diamétrica a la décima de centímetro más próximo y el D. COPA en metros al cuarto de metro más próximo. Las alturas se tomaron con un hipsómetro Blume-Leiss; la altura total se midió al medio metro más próximo. La longitud de la copa se determinó por la diferencia entre A y A. COPA. Todas las mediciones fueron tomadas por dasónomos con experiencia en el uso del equipo mencionado.

El tamaño de la muestra consistió en 250 árboles con las siguientes estadísticas:

	DAP (cm)	D. COPA (m)	L. COPA (cm)	A. COPA (m)	A (m)
Rango	11.1-42.0	2.34-11.65	5.20-17.04	6.80-10.00	11.00-27.00
Promedio	25.53	6.18	10.62	8.58	19.50

Una revisión de literatura indicó que los modelos de regresión más utilizados e indicados para la relación DAP/D. COPA son (2, 3, 4, 6):

$$DAP = a + b_1 \cdot A + b_2 \cdot D. COPA + b_3 (A \cdot D. COPA)$$

$$DAP = a + b_1 \cdot D. COPA$$

Para poder estimar L. COPA se analizaron varios modelos y los más indicados tomaron las formas siguientes:

$$L. COPA = a + b_1 \cdot DAP + b_2 \cdot A + b_3 (A \cdot COPA/A)$$

$$L. COPA = a + b_1 \cdot DAP + b_2 \cdot D. COPA + b_3 (A \cdot COPA/A)$$

$$L. COPA = a + b_1 \cdot DAP + b_2 (A \cdot COPA/A)$$

$$L. COPA = a + b_1 \cdot D. COPA + b_2 (A \cdot COPA/A)$$

Finalmente se analizó la relación D. COPA/DAP y el modelo que registró el coeficiente de regresión más alto fue el siguiente:

$$D. COPA = a + b_1 \cdot DAP$$

Barney *et al* (1) desarrollaron ecuaciones de predicción de D. COPA usando diámetro a la altura del tocón, o diámetro basal, en vez de DAP. Este método no se adaptó en este trabajo por carecer de este diámetro basal y por lo impráctico que es su medición en el bosque.

Resultados y conclusiones

El resultado de las regresiones más confiables aparece en el Cuadro 1. Todas las ecuaciones son significativas al 1.00%. El rango de los errores estadares resultantes fue de 0.24 a 11.0 centímetros.

DAP Y DIAMETRO COPA

De las ecuaciones 1 y 2 (Cuadro 1) que se presentan para estimar el DAP, la 2 es la más fácil y más práctica de usar, especialmente cuando se utilizan fotos aéreas. Sin embargo, en la mayoría de los inventarios forestales usualmente se toma la altura total

Cuadro 1. Ecuaciones de predicción del DAP, D. COPA, y L. COPA para *Pinus oocarpa*. Schiede, en Siguatepeque, Honduras.

Ecuación No.	Ecuación de Predicción ^a	r ²	S _{x̄} ^b
1	DAP = -3 0921 + 0.6504 A + 3.2556 D COPA - 0.032 (A · D COPA)	0.6724	0.24 cm
2	DAP = 7.7123 + 2.8824 D COPA	0.6293	0.26 cm
3	D COPA = 0.6079 + 0.2183 DAP	0.6293	0.26 cm
4	L COPA = 7.8053 + 0.0045 DAP + 0.5684 A - 18.4233 ($\frac{A \cdot COPA}{A}$)	0.9860	0.03 m
5	L COPA = 15.7578 + 0.3633 D COPA - 16.9126 ($\frac{A \cdot COPA}{A}$)	0.7738	0.11 m

a De donde: DAP = Diámetro altura de pecho, a 1.30 m del suelo (en centímetro); A = Altura total (en metros); D COPA = Diámetro de la copa (en metros); L COPA = Longitud de la copa (en metros); A · COPA = Altura desde el suelo hasta el comienzo de la copa (en metros); y todas las ecuaciones son significativas al 1.00%.

b S_{x̄} = Error estándar del promedio

promedio, recomendándose en este caso utilizar la ecuación 1. Esta ecuación da un valor de r² más elevado y un error estándar de lo estimado más bajo.

Como se puede notar en el Cuadro 1, los valores del r² para las ecuaciones 2 y 3 son iguales. Esto era de esperar ya que lo único que se hizo en cada caso fue invertir la variable dependiente.

Si con la ecuación 2 se estima el DAP incluyendo un valor de D. COPA de 7 metros, el DAP equivalente sería de 27.9 centímetros. Si con la ecuación 3 se estima el D. COPA incluyendo un DAP de 27.9 centímetros, el D. COPA resultante sería de 6.69 metros. Si por el contrario, con la ecuación 3 se estima el D. COPA dándole un valor al DAP de 25 centímetros, el valor equivalente del D. COPA calculado sería de 6.06 metros. Incluyendo este mismo valor de 6.06 metros en la ecuación 2, el DAP sería de 25.19 centímetros. Estas diferencias en las predicciones se deben a varias asunciones en el sistema de cuadrados mínimos (5):

1. Cuando se estudia la relación DAP/D. COPA por ejemplo, el sistema de cuadrados mínimos asume que la variable independiente, D. COPA, ha sido medida sin error. Esto no es cierto en este caso ya que en algún error se incurrió al medir el D. COPA como la proyección perpendicular-horizantal al suelo.

2. Sin embargo, al estudiar la relación D. COPA/DAP, se asume que la variable independiente, DAP, se midió sin error, lo cual es más valedero puesto que el DAP se midió directamente a 1.30 metros con la cinta diamétrica. Por consiguiente la ecuación 3, que explica la relación D. COPA/DAP, es la más correcta.

3. Las diferencias existentes a las cuales se hace mención, también se deben a que a pesar de que el mismo método de cuadrados mínimos se aplicó para desarrollar ambas ecuaciones, las diferencias mínimas al cuadrado son distintas.

Si se usa la ecuación 2 con fines de determinar el D. COPA correspondiente a cierto DAP y evitarse así las diferencias, entonces la solución es algebraica:

$$DAP = 7.7123 + 2.8824 \cdot D. COPA$$

$$D. COPA = \frac{DAP - 7.7123}{2.8824}$$

4. Sin embargo, las ecuaciones 2 y 3 pueden intercambiarse solamente cuando se trabaje alrededor o cerca de los promedios correspondientes de la muestra usada en este estudio.

De las dos ecuaciones principalmente discutidas, la 2 será de gran aplicación en inventarios forestales aéreos. La aplicación de la ecuación 3 es más que

Cuadro 2. Capacidad "física" del sitio en número de árboles por hectárea, según el diámetro de la copa para *Pinus oocarpa* Schiede, en Siguatepeque, Honduras.

DAP Centímetros	D. COPA ^a Metros	Superficie Copa Metros Cuadrados	Arboles por Hectárea
10	2.79	6.11	1637
15	3.88	11.84	845
20	4.97	19.43	515
25	6.06	28.89	346
30	7.16	40.23	249
35	8.25	53.43	187
40	9.34	68.51	146

a D COPA según la ecuación 3

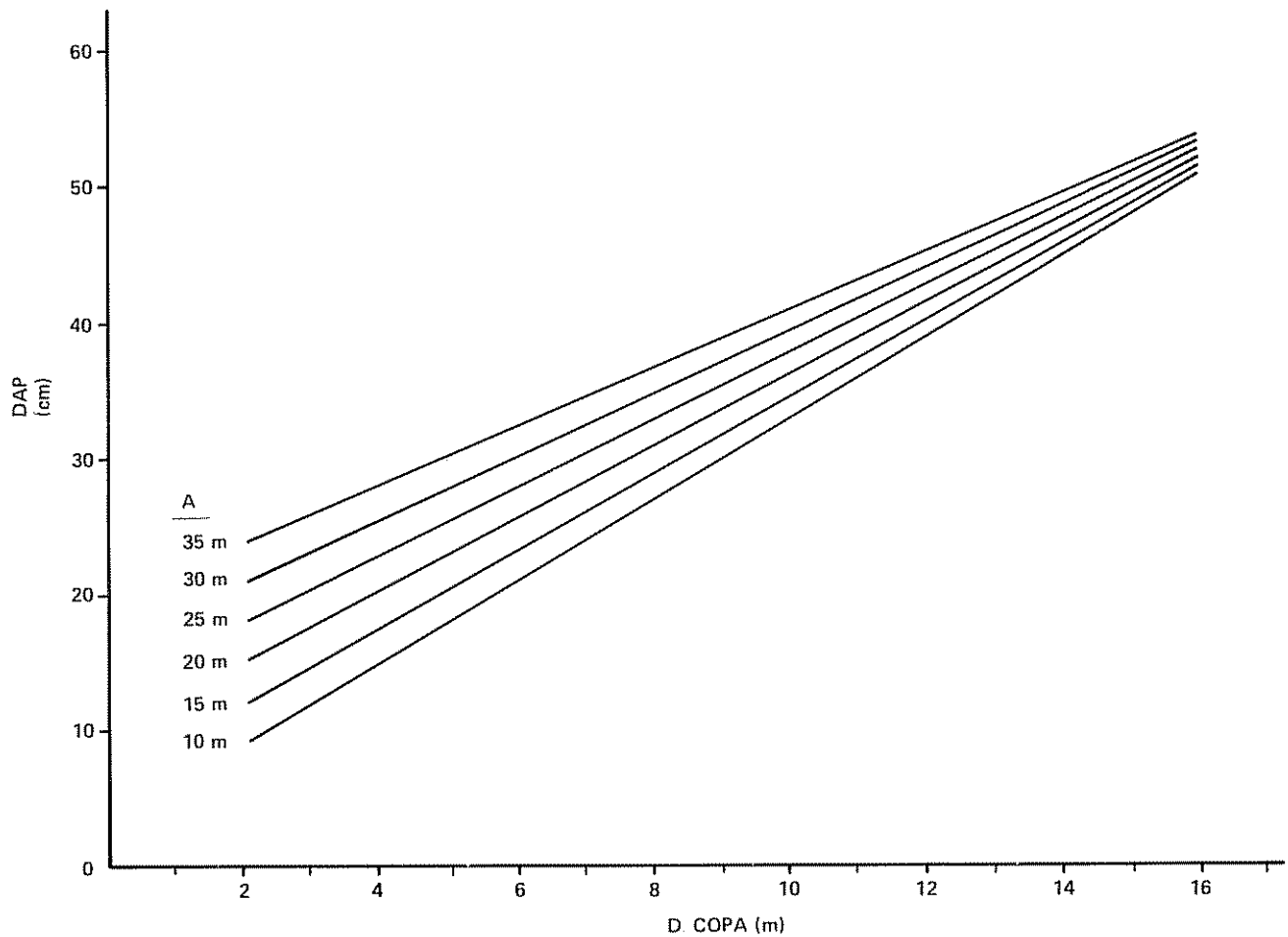


Fig. 1. Relación DAP/D. COPA a varias alturas para *Pinus oocarpa* S en Siguatepeque, Honduras, C. A. (Según ecuación 1).

todo de uso silvicultural ya que de ella se puede inferir, por ejemplo, una idea aproximada de la capacidad "física" razonable del sitio en cuanto a cantidad de fustes según DAP por unidad de superficie (Cuadro 2) y con la cual pueden sentarse normas de intensidad de raleo en una determinada zona. No se hace mención de la capacidad "biológica", la cual será distinta a la capacidad "física" ya que su determinación requiere un estudio mucho más intenso

Finalmente, se dan las ecuaciones 4 y 5 para calcular L. COPA, dato importante de obtener para la estimación del volumen bruto de combustible dejado en el bosque después de una tala. Las dos ecuaciones tendrán mayor aplicación en aquellos sitios de corta donde la práctica es la de aprovechar el fuste limpio solamente, o como se le refiere, hasta la primera rama viva "gruesa". Teniendo como información básica el D. COPA o el DAP, se podrá estimar, por medio

Cuadro 3. Diámetro altura de pecho según diámetro de la copa y altura total para *Pinus oocarpa*. Schiede, en Siguatepeque, Honduras, C. A.

Diámetro copa (D. COPA) (metros)	Altura total (A) en metros					
	10	15	20	25	30	35
Diámetro altura de pecho (DAP), en centímetros						
2.0	9.3	12.2	15.1	18.1	21.0	23.9
2.5	10.8	13.6	16.5	19.3	22.2	25.0
3.0	12.2	15.0	17.8	20.5	23.3	26.1
3.5	13.7	16.4	19.1	21.8	24.5	27.1
4.0	15.2	17.8	20.4	23.0	25.6	28.2
4.5	16.6	19.2	21.7	24.2	26.6	29.3
5.0	18.1	20.5	23.0	25.4	27.9	30.3
5.5	19.6	21.9	24.3	26.7	29.0	31.4
6.0	21.0	23.3	25.6	27.9	30.2	32.5
6.5	22.5	24.7	26.9	29.1	31.3	33.6
7.0	24.0	26.1	28.2	30.4	32.5	34.6
7.5	25.4	27.5	29.5	31.6	33.6	35.7
8.0	26.9	28.9	30.8	32.8	34.8	36.8
8.5	28.4	30.3	32.1	34.0	35.9	37.8
9.0	29.8	31.6	33.5	35.3	37.1	38.9
9.5	31.3	33.0	34.8	36.5	38.2	40.0
10.0	32.8	34.4	36.1	37.7	39.4	41.0
10.5	34.2	35.8	37.4	39.0	40.5	42.1
11.0	35.7	37.2	38.7	40.2	41.7	43.2
11.5	37.2	38.6	40.0	41.4	42.8	44.2
12.0	38.6	40.0	41.3	42.6	44.0	45.3
12.5	40.1	41.4	42.6	43.9	45.1	46.4
13.0	41.6	42.7	43.9	45.1	46.3	47.4
13.5	43.0	44.1	45.2	46.3	47.4	48.5
14.0	44.5	45.5	46.5	47.5	48.6	49.6
14.5	46.0	46.9	47.8	48.8	49.7	50.6
15.0	47.4	48.3	49.1	50.0	50.9	51.7

ECUACION DE PREDICCIÓN:

$$DAP = -3.0921 + 0.6504 A + 3.2556 D \text{ COPA} - 0.032 (A \cdot D \text{ COPA})$$

Tamaño de la muestra = 250 árboles

Error estándar de la estimación = ± 0.24 centímetros

Ecuación significativa al 1.00%

Coefficiente de determinación, r² = 0.6724

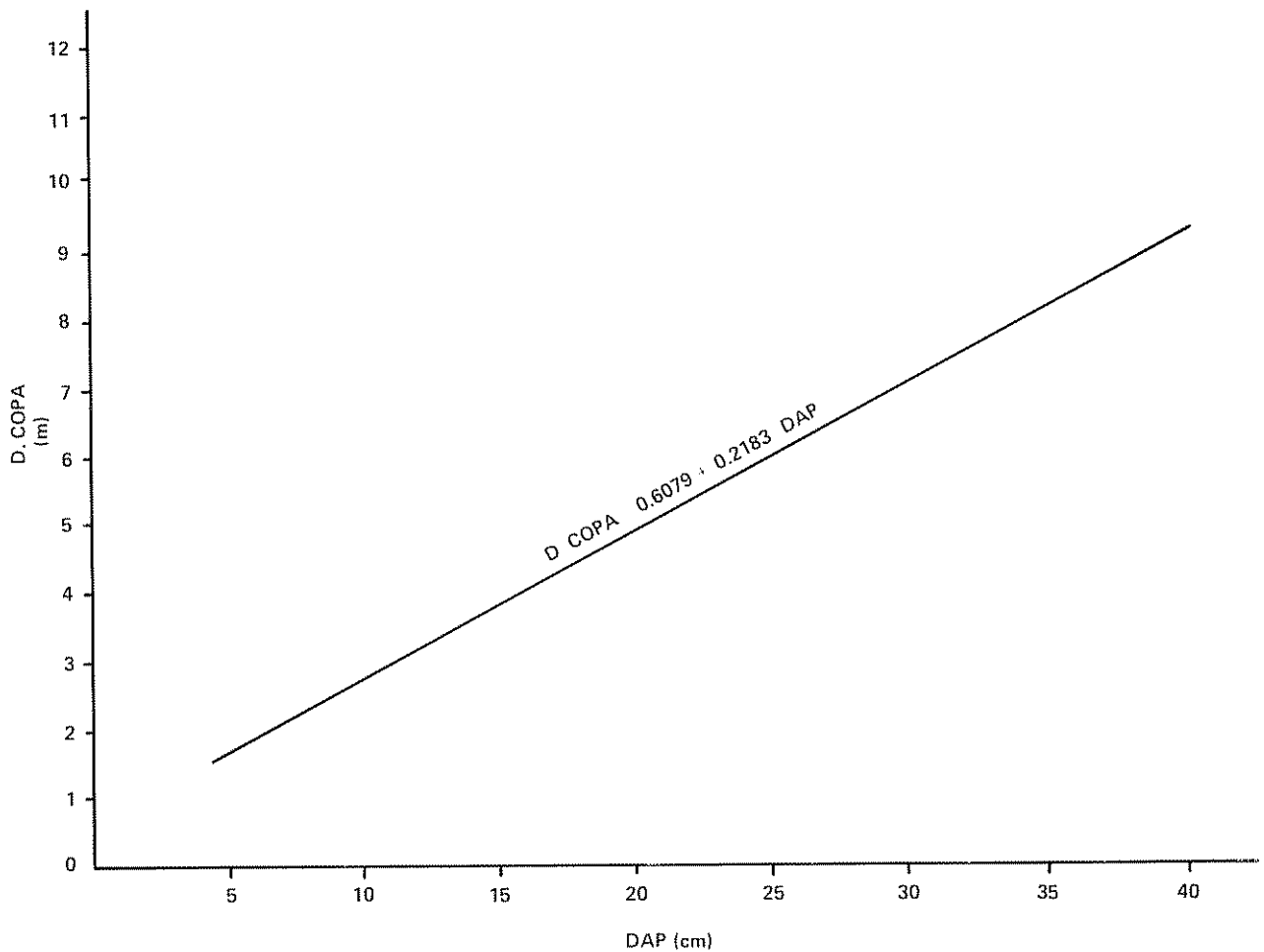


Fig. 2. Relación lineal D. COPA/DAP para *Pinus oocarpa* S. en Siguatepeque, Honduras. C. A.

de las ecuaciones dadas, la longitud de la copa. La relación $A. \text{ COPA}/A$ es un dato fácil de obtener, ya sea mediante una visita rápida a un bosque de características similares o simplemente con base en la experiencia.

La ecuación 4 es más aplicable en reconocimiento del bosque directamente en el terreno, mientras que la aplicación práctica de la ecuación 5 sería en reconocimiento aéreo.

En el Cuadro 3 se presentan las estimaciones del DAP a partir del D. COPA y A según la ecuación 1. Esta relación también se representa en la Figura 1 y se recomienda como la más correcta. Ello, sin embargo, implica la medición adicional de la variable altura total. La Figura 2 muestra la relación D. COPA/DAP.

Resumen

En este trabajo se presentan cinco ecuaciones de regresión que estudian las relaciones de características de la copa y diámetro altura de pecho (DAP) para *Pinus oocarpa*, Schiede, en Siguatepeque, Honduras. Las primeras dos estiman DAP usando diámetro de la copa (D. COPA) y altura total (A); y la segunda DAP solamente. Para estimar el D. COPA se aplicó regresión lineal usando DAP como la única variable independiente. Se dan dos últimas ecuaciones para estimar la longitud de la copa (L. COPA) en las cuales se emplearon las variables DAP, A y longitud libre del fuste (A. COPA) en una, y en la última D. COPA, A y A. COPA. Todas las ecuaciones son significativas al 1.00%.

Literatura citada

1. BARNEY, R. J., VANCLEVE and SCHLEUTER. Biomass distribution and crown characteristics in two Alaskan *Picea mariana* ecosystems. *Canadian Journal of Forest Research*, 8(1):36-41. 1978.
2. BONNOR, G. M. Stem diameter estimates from crown width and tree height. *Commonwealth Forestry Review*, 47(1):8-13. 1968.
3. MINOR, C. O. Stem-crown diameter relations in Southern pine. *Journal Forestry*, 49(7): 490-493. 1951.
4. SANTANDER, C. y ALBERTIN W. *Carapa guianensis*, Aubl., posible alternativa para el barrenador de las Meliaceae de los trópicos. *Turrialba* 28(3):179-186. 1978.
5. STEEL, R. G. y TORRIE J. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York. p. 1960. 480 p.
6. WILE, B. C. Crown size and stem diameter in red spruce and balsam fir. Department of Forestry, Canada; Forest Research Branch. Publication No. 1056. 1-9. 1964.

LIBROS DISPONIBLES

- ADMINISTRACION DE EMPRESAS ASOCIATIVAS DE PRODUCCION AGROPECUARIA. Héctor Murcia. 2a. reimp. 1982. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 232 p. Precio US\$ 7.00.
- ADMINISTRACION DE ORGANIZACIONES AGROPECUARIAS. A. T. Mosher. 1979. Serie Desarrollo Institucional No. 6. Un volumen de 65 p. Precio US\$ 3.50.
- COMPENDIO DE MERCADEO DE PRODUCTOS AGROPECUARIOS. Gilberto Mendoza. 1a. reimp. 1982. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 288 p. Precio US\$ 9.00.
- COMUNICACION ESCRITA. Alejandro Mc Lean, 1a. reimp. 1979. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 135 p. Precio US\$ 3.00.
- CONSERVACION DE SUELOS. Fernando Suárez de Castro. 3a. edición, 1a. reimpresión, 1980. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 335 p. Precio US\$ 6.00.
- CULTIVO DE CITRICOS. Charles Morin. 2a. ed. 1980. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 610 p. Precio US\$ 14.00.
- FACTORES AGRICOLAS EN PLANIFICACION Y DESARROLLO REGIONAL. Isaac Arnon. 1979. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 422 p. Precio US\$ 10.00.
- FISICA DE SUELOS. Warren Forsythe. 1a. reimp. 1980. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 212 p. Precio US\$ 4.00.
- INTRODUCCION A LA FITOPATOLOGIA. Luis Carlos González. 3a. reimp. 1981. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 148 p. Precio US\$ 3.00.
- LA BATATA O CAMOTE. Fausto Folquer. 1978. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 144 p. Precio US\$ 4.00.
- LA INFORMACION COMO MATERIA PRIMA DEL DESARROLLO RURAL. José Emilio G. Araujo. 1978. Publicación Miscelánea 180. Un volumen de 349 p. Precio US\$ 3.00.
- LA YUCA O MANDIOCA. Alvaro Montaldo, con la colab. de J. J. Montilla, A. E. Reverón, S. Pérez y T. Gunz. 1979. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 404 p. Precio US\$ 12.00.
- MANUAL DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS AGROPECUARIAS. Guillermo Guerra. 4a. reimp. 1982. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 352 p. Precio US\$ 7.00.
- METODOS DE INVESTIGACION FITOPATOLOGICA. Edward French y Teddy T. Hebert. 1a. reimp. 1982. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 315 p. Precio US\$ 6.50.
- MOTORES DE COMBUSTION INTERNA. Jaime Gilardi. 1a. reimp. 1982. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 133 p. Precio US\$ 4.00.
- ORGANIZACION Y ADMINISTRACION DE LA INVESTIGACION AGRICOLA. Isaac Arnon. 2a. ed. 1978. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 433 p. Precio US\$ 9.00.
- PRODUCCION DE HORTALIZAS. Ernesto Cásseres. 4a. ed. 1a. reimp. 1981. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 409 p. US\$ 7.50.
- QUIMICA DE SUELOS CON ENFASIS EN SUELOS DE AMERICA LATINA. Hans W. Fassbender, 3a. reimp. 1982. Serie de Libros y Materiales Educativos. Un volumen de 398 p. Precio US\$ 7.00.

EFFECTS OF METHIONINE—SUPPLEMENTED CASSAVA MEAL DIETS ON PERFORMANCE AND CARCASS CHARACTERISTICS AND SOME ORGAN WEIGHTS OF GROWING—FINISHING PIGS¹ /

E. B. SONAIYA*
T. A. OMOLE*
A. A. ADEGBOLA*

Resumen

En este estudio se empleó niveles de 0% , 15% , 30% y 45% de harina de yuca (CM), en raciones balanceadas para cerdos en crecimiento y acabado de cerdos. La harina de yuca se preparó a partir de trozos de yuca fresca seca al sol.

Las raciones para cerdos de 8.7 kg de peso hasta el momento del destace se complementaron con 0.05% DL. de metionina. La ganancia de peso más alta se logró con la dieta del 30% de CM. Todas las raciones que contenían harina de yuca indujeron con crecimiento más acelerado que aquellas a base de maíz, aunque también contenían niveles más elevados de harina de pescado. La canal y las mediciones hechas de ciertos órganos no se vieron afectadas significativamente por las raciones. La ración con 45% de CM produjo canales con menor contenido de grasa. Los cerdos en crecimiento utilizaron las raciones con altos niveles de harina de yuca más eficientemente que los cerdos en acabado, los cuales ganaron más con raciones bajas en CM.

Introduction

Replacement of cereals by cassava meal (CM) in the diet of growing-finishing pigs has produced conflicting results.

Kok and Robeiro (9) have observed enhanced liveweight gain, feed intake and feed efficiency by feeding cassava based diets, while other authors (2, 14) reported depressed gain, feed intake and feed efficiency in pigs fed cassava supplemented diets.

Effects of dietary cassava on carcass quality have been variable. Some investigators (9, 11, 14) observed increased fat deposition and reduced loin eye area as a result of feeding cassava-based rations to finishing

pigs. However, others authors (5, 12) did not obtain any deleterious effects of dietary cassava on carcass characteristics.

Processing techniques of cassava meal, vitamin and mineral imbalance and the methionine content of cassava-based rations have been implicated as possible causes of variations in response (13, 10). This study was undertaken to obtain more information on growth response and carcass performance of growing-finishing pigs fed methionine-supplemented cassava meal diets.

Materials and methods

Cassava processing

Cassava tubers used in this study were of the bitter variety. Lifted roots were purchased from local farmers around Ile-Ife. Soil was shaken off the roots which were then carefully peeled. The pulp was

¹ Received for publication on December 30, 1981.

* Department of Animal Science, University of Ife, Ile-Ife Nigeria.

sliced into thin flakes which were sun-dried on concrete floors with constant turning until the moisture content was about 12%. The dry flakes were ground in a Bentall hammer mill and the resulting cassava meal stored in jute bags until used. The proximate analysis, gross energy and hydrocyanic acid contents of cassava meal appear on Table 1. Moisture, nitrogen, ether extracts, crude fibre and ash were analysed by the methods of the Association of Official Analytical Chemists (4). Gross energy was

Table 1. Proximate, HCN and energy contents of cassava meal.

	Content in air dry basis (%)	
Moisture	12.24	
Ether extracts	1.23	
Crude fibre	1.84	
Crude protein (N x 6.25)	2.12	
Ash	3.05	
NFE	79.52	
HCN (mg/kg)	232	(wet pulp)
HCN (mg/kg)	75	(dry meal)
Gross energy (kcal/kg)	4160	
Digestible energy (kcal/kg) ¹	3650	

1 Obtained from G. E. value by the combined methods of Drennan and Maguire (6) and King and Taverner (8)

determined using a Gallenkamp ballistic bomb calorimeter. HCN content was determined by both the picric acid and cyanobromide methods (16, 3).

Treatments

Four experimental rations containing 0%, 15%, 30% and 45% CM were formulated (Table 2). With increasing levels of cassava, yellow maize, groundnut cake, fish meal and brewers' waste were adjusted in an attempt to keep the rations both isocaloric and isonitrogenous. The fish meal level was doubled in cassava diets to assure 16% crude protein level and reduce the variability that may be due to allocation of different levels of this high quality supplement. This made the cassava diets more comparable to each other than to the control. The level of brewers' waste was increased to ensure adequate fibre in the diets and forestall the incidence of diarrhea that may be caused by the finely powdered meal. Levels of 0.1% and 0.2% methionine have been used to supplement cassava diets without any toxicity symptoms in pigs (1). A level of 0.05% D L methionine was intuitively chosen bearing in mind the high cost of this high grade methionine and the use of 0.5% palm oil, which also aids in the detoxification of HCN (12). Other nutrients were optimal but there was a decreasing trend in ether extracts of the rations with increasing levels of cassava meal. This led to the dusty nature of cassava substituted rations.

Table 2. Composition of experimental rations (%air dry basis).

	Cassava levels (%)			
	0	15	30	45
Yellow maize	72.5	54.5	33.4	13.0
Cassava meal	0.0	15.0	30.0	45.0
Groundnut cake	6.5	5.0	8.0	10.0
Fish meal	2.0	4.4	4.0	4.4
Brewer's waste	15.4	17.5	21.0	24.0
Palm oil	0.5	0.5	0.5	0.5
Dicalcium phosphate	2.0	2.0	2.0	2.0
Salt	0.5	0.5	0.5	0.5
Vit-Min premix ¹	0.5	0.5	0.5	0.5
Antibiotics	0.05	0.05	0.05	0.05
D. L. Methionine	0.05	0.05	0.05	0.05
Analysed crude protein (%DM)	15.5	16.5	16.0	14.4
Analysed gross energy (kcal/kg)	4168	4483	4316	4208
Calculated digestible energy (kcal/kg) ²	3261	3273	3274	3287

1 A commercial preparation supplying per kg diet: 10 000 I. U. Vit. A, 1333 I. U. Vit. D₃, 6.7 mg B₂, 83.3 I. U. B₃, 23.3 I. U. B₅, 0.03 mg B₆, 833 mg Choline chloride, 16.7 mg Zinc bacitracin, 208 mg antioxidant, 167 mg Iron, 133 mg Manganese, 208 mg Zinc, 125 mg Cooper, 0.83 mg Cobalt and 3.3 mg Iodine

2 Obtained from G. E. values by the combined methods of Drennan and Maguire (6) and King and Taverner (8).

Animals

Twenty large white pigs weaned at 6 weeks were dewormed and then assigned to 4 groups each of 5 pigs on the basis of sex and weight such that the average individual weight in all treatments was 8.7 kg. All pigs were housed in concrete-floored pens equipped with group feeding facilities, in a standard open-sided pig house with asbestos roofing. The pens were washed and disinfected before the start of the experiment and every morning throughout the experimental period. Feed was supplied *ad libitum*. As part of the routine management, pigs were dewormed once a month with Thiprazole and sprayed with Tigal against insects and skin infections.

Carcass analysis

As the pigs attained an average of 78 kg liveweight they were fasted for 18 hours and were slaughtered, dressed and the carcass split into two longitudinal halves. On the left halves, carcass length, average backfat and loin eye area were determined. The standard practice is to chill carcasses before taking measurements. This was however not possible for technical reasons and the greatest error will be associated with the backfat measurements due to the flabbiness of carcasses but the loin eye area was measured on loins chilled at 5°C for 24 hours. The carcass was cut into: ham between the second and third lumbar vertebrae and perpendicular to the backline; shoulder — between the second and third ribs; loin — separated from the neck and from the belly by making a cut beginning at the tip of the tenderloin following the back curvature. The trotters were separated from both the ham and shoulder. These various cuts were weighed and expressed as percentages of the half carcass. Liver, kidney and muscle samples were taken, weighed and blended with equal volumes of water in a Kenwood Chef blender. Dry matter determinations were made in a forced air oven at 80°C for 72 hours.

Records and statistical analysis

Pigs were weighed every two weeks while feed intake was recorded weekly.

Data were subjected to the analysis of variance (15). Treatment means were compared using Duncan's multiple range test (7).

Results

General conditions of experimental animals

All pigs were in good health. In the initial stages, pigs found the cassava rations dusty but they quickly adjusted.

Daily liveweight gain

Results of daily gain of pigs are summarised on Table 3. The whole experimental period was sectioned into 3 phases to identify the effect of cassava meal at various points on the growth curve. The differences in daily rate of gain were not significant ($P > 0.05$) either for the whole period or for the different growing phases. At the initial stages of growth (initial — 20 kg), 45% CM was superior to other dietary treatments. In the second phase (20 kg — 50 kg), 30% CM promoted the fastest growth. Similarly in the finishing phase (50 kg — slaughter), 15% CM diet promoted the fastest rate of gain.

The different levels of fish meal in control as compared with cassava rations appeared to account in part for the superior performances of pigs on the cassava rations.

Feed intake

Increasing levels of cassava meal produced improved feed intake (Table 3). In the finishing phase, feed intake of pigs fed 30% and 45% CM diets was the same while pigs on 15% CM ration consumed 25% and 21% more feed respectively than pigs fed control or 45% CM diets.

Feed conversion efficiency

Summaries of feed conversion efficiency expressed as feed/gain are shown on Table 3. Throughout the experimental period, efficiency was lowest in the control and highest on the 30% CM diet again, probably due to the lower fish meal level in the control. In the second phase, both 30% and 45% CM diets were equally efficient while in the finishing phase 15% and 30% CM diets were more efficient than either the control or 45% CM diets.

Carcass analysis

Post mortem visual inspection of whole and sliced organs did not show any enlarged thyroid gland, liver or kidney lesions. Dietary cassava did not significantly

Table 3. Effect of cassava meal on growth, feed intake and feed efficiency of pigs.

	Cassava level (%)				S.E. ¹
	0	15	30	45	
Average initial weight (kg)	8.7	8.7	8.7	8.7	1.13
Average final weight (kg)	72.0	76.4	84.0	78.7	8.83
Initial - 20 kg					
Average daily gain (g)	175	203	199	216	17.7
Average daily feed intake (g)*	827	841	840	856	
Feed/gain**	4.73	4.14	4.22	3.96	
20 kg - 50 kg					
Average daily gain (g)	343	388	414	406	42.4
Average daily intake (g)	1251	1247	1257	1256	
Feed/gain	3.65	3.21	3.04	3.09	
50 kg - slaughter					
Average daily gain (g)	795	1123	1118	903	75.41
Average daily intake (g)	1417	1772	1465	1465	
Feed/gain	1.78	1.58	1.31	1.62	
Overall summary					
Average daily gain (g)	391	418	465	432	42.8
Average daily intake (g)	1161	1164	1168	1173	
Feed/gain	2.97	2.78	2.51	2.71	

1 Standar Error.

* and ** It was not possible to obtain individual values because the pigs were group-fed

($P > 0.05$) influence carcass measurements in this study. Dressing percentage was highest with control pigs and lowest with pigs on 30% CM diets where backfat was thickest and loin eye area smallest. The variation in dressing percent within treatments was quite striking. This characteristic is affected by age,

time of year, muscling, weight, fill, diseased parts and bruises; out of which only the first two were under our control. The non-correlation between backfat and dressing percent cannot be satisfactorily explained. Increasing CM levels resulted in increased % ham and loin (Table 4). Carcass length did not

Table 4. Carcass measurements of pigs fed cassava meal from growing to finishing.

	Cassava level (%)				S.E.
	0	15	30	45	
Carcass length (cm)	75.50	70.25	76.75	73.00	2.50
Dressing (%)	75.75	74.35	70.80	73.50	7.10
Average fat (cm)	2.80	2.25	2.85	2.50	0.50
Loin area (cm ²)	21.20	23.65	18.15	22.65	3.00
Ham and loin (%)	21.55	21.75	24.50	26.40	2.10

1 Standar Error.

Table 5. Fresh tissue weights and dry matter content.

	Cassava level (%) ¹				S.E. ²
	0	15	30	45	
Fresh liver weight (g)	1357	1206	1291	1375	41.92
Fresh kidney weight (g)	177	149	186	172	10.70
Liver dry matter (%)	73 ^a	78 ^{ab}	89 ^c	94 ^d	3.60
Kidney dry matter (%)	67	84	73	73	4.10
Muscle dry matter (%)	48 ^a	54 ^b	39 ^c	43 ^d	1.50

1 Figures with the same superscript are not significantly different ($P > 0.05$).

2 Standar Error.

seem to have been responding in any direction to cassava feeding. The shortest pigs on 15% CM dressed well while the longest pigs on 30% CM dressed poorest.

Tissue weights and dry matter

The percentage dry matter in liver and muscle was significantly influenced by the treatment. Forty-five percent CM diet produced greater dry matter in the liver than all other treatments. Thirty percent CM diet resulted in very low liver dry matter in pigs. Muscle dry matter was highest with 15% CM while 30% CM had the lowest (Table 5). Fresh tissue weights were not significantly ($P > 0.05$) different and did not follow any trend. Kidney dry matter was higher in pigs on CM diets but differences were not significant ($P > 0.05$).

Discussion

The results of this study confirm that cassava meal is an acceptable energy source for pigs from weaning to slaughter. Kok and Robeiro (9) obtained consistently faster rate of gain, higher feed efficiency and lower feed cost per kilogram liveweight gain when cassava meal was fed. On the contrary, Aina, Stratman and Tompkins (2) and Peixoto (14) observed depressed rate of gain and lower feed efficiency whenever cassava meal was fed. This could be due to the method of feeding used in these studies where cassava meal was offered separately while other feed ingredients were mixed and offered as a complete supplement with the result that treatment groups differed significantly in protein intake although dry matter intakes were similar. Apparently, pigs ate to satisfy their appetites but the great differences in nutrient content between cassava and

maize diets resulted in different rates of gain and efficiency.

The results of various growing phases show an increasing level of performance with decreasing CM. In this study, 45% CM diet promoted the fastest rates of gain and lowest feed/gain ratio in the early stages of growth but in the second phase, 30% CM promoted better growth and feed efficiency than either 45% or 15% CM. Finishing pigs on 15% CM diet showed the fastest rate of gain. This suggests that 15% may be the best level of cassava meal substitution for finishing pigs as it also induced a high dressing percent, low backfat and large loin eye area.

Thirty percent CM, although the most efficiently converted to gain in the finishing period, appeared inferior to 15% CM diet in carcass quality, liver and muscle dry matter. Fifteen percent CM produced high dry matter content in tissues, especially muscle. This could mean that more meat than fat was deposited when this level of cassava meal was fed during the finishing phase. In general, it is interesting to note that well balanced composite cassava meal rations appear similar to maize diets in promoting growth. As growth progresses, it may be advisable to decrease the level of cassava meal incorporated into the diet for better growth and carcass quality.

The results of this study indicate a reduction in the ability of pigs to utilize high levels of cassava meal with age; but could not demonstrate the superiority of cassava diets over maize diets due to the differing levels of fish meal in the rations.

Abstract

Cassava meal (CM), prepared from raw cassava flakes by sun drying and grinding, was included in

balanced rations for growing-finishing pigs at 0% , 15%, 30% and 45% levels. 0.05% DL methionine was incorporated into all rations which were fed to pigs from 8.7 kg liveweight till slaughter. The 30% CM diet promoted fastest rate of gain. All the diets containing cassava meal induced faster growth than the corn diets, but they contained higher levels of fish meal. Carcass and organ measurements were not significantly influenced by dietary cassava. The 45% CM diet resulted in leaner carcasses. Growing pigs utilized rations with higher levels of cassava meal more efficiently while finishing pigs made better gains on diets containing lower levels of cassava meal.

Literature cited

1. ADEGBOLA, A. A. Methionine as an additive to cassava-based diets. pp. 9-17 in Nestel, B. and Graham, M. (eds.), Cassava as animal feed: proceedings of a workshop held at University of Guelph, April 18-20, 1977. Ottawa, IDRC, 1977.
2. AINA, J. A., STRATMAN, F. W. and TOMPKINS, W. A. The economics and performance of growing finishing swine on maize or maize and cassava as carbohydrate source. Nigeria Agricultural Journal 5:21-23. 1968.
3. ALRIDGE, W. N. A new method for the estimation of microquantities of CN and SCN. Analyst 69:262-265. 1944.
4. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis A. O. A. C. Washington D. C. 11th ed. 1976.
5. CHOU, K. C. and MULLER, Z. Complete substitution of maize by tapioca in broiler ration. Proc. Australasian Poultry Science Convention, New Zealand. Auckland. pp. 149-160. 1972.
6. DRENNAN, P. and MAGUIRE, M. F. Prediction of the digestible and metabolisable energy content of pig diets from their fibre content. Journal Agricultural Research 9: 197-202. 1979.
7. DUNCAN, D. B. Multiple range and multiple F tests. Biometrika 44:1-42. 1955.
8. KING, R. H. and TAVERNER, M. R. Prediction of the digestible energy in pig diets from analyses of fibre contents. Animal Production 21(3):275-284. 1975.
9. KOK, E. A. and ROBEIRO, G. A. Cassava meal compared with ground maize for feeding pigs. Bio. Indust. Animal Sao Paulo, 1942, Vol. 5(4):86-124 Cited in Nutrition Abstracts & Review. 18:902. 1942.
10. MANER, J. H., BUITRAGO, J. and JIMENEZ, I. Utilization of yuca in swine feeding. Paper presented at the International Symposium on Tropical Root Crops. Trinidad. University of West Indies. 1969.
11. MODEBE, A. N. A preliminary trial on the value of dried cassava (*Mannihot utilissima* Pohl) for pig feeding. Journal of West African Science Association 7(2):127-133. 1963.
12. MULLER, Z., CHOU, K. C. and NAH, K. C. Cassava as a total substitute for cereals in livestock and poultry rations. World Review of Animal Production No. 12: 19-24. 1974.
13. NAH, K. C. and MULLER, Z. Economic tapioca rations for growing-finishing pigs. Proceedings of World Conference on Animal Production. Melbourne, Australia. Vol. 1. pp. 5-17. 1973.
14. PEIXOTO, R. R. Comparison of cassava meal and maize as feeds for growing and fattening pigs. Escola Agronom. Eliseu Maciel Pelotas Brazil 1965 p. 19. Cited in Nutrition Abstracts & Review 38:6023. 1968.
15. STEEL, R. G. D. and TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics. McGraw Hill Book Company, New York. 1960.
16. WOOD, T. The cyanogenic glucoside content of cassava and cassava products. Journal of Science of Food and Agriculture 16:300-304. 1965.

INFLUENCIA DEL MANEJO DE DOS SUELOS
DEL TROPICO HUMEDO SOBRE SUS PROPIEDADES QUIMICAS¹ */

ROBERTO SERPA V. **
ELEMER BORNEMISZA **

Abstract

An Inceptisol and an Ultisol were studied in the greenhouse after previous exposure to high or low intensity of cultivation.

The Ultisol is more responsive to similar management practices than the Inceptisol, as it becomes more acid under the influence of cultivation and loses more Ca, Mg and K.

The extraction of Ca, Mg and K was studied, using tomato as the test plant, when three levels of liming (0%, 150% and 300% of acidity present) were applied.

Greater changes were found in the Ultisol than in the Inceptisol, due to the lower CEC of the former soil. In order to neutralize 95% of the acidity, three times the theoretical level of lime was needed. An appreciable residual effect of the lime was found, as well as a rapid reduction of the level of cations. It was concluded that these soils can quickly lose their original fertility if they are intensively farmed.

Introducción

La agricultura de las últimas décadas ha sido caracterizada por un aumento en el uso intensivo de suelos a consecuencia de la introducción de cultivos con alta capacidad de extracción de nutrientes (14, 33).

Hart (14) y Sánchez (21) afirman que las salidas de nutrientes de un sistema de cultivo dependerán de las características del cultivo y el plan de manejo del mismo en el tiempo y en el espacio, así como de las propiedades del suelo y manejo.

Varios autores (4, 7) coinciden en considerar el incremento de la acidez como una consecuencia de la pérdida de nutrientes en los suelos. Fassbender (12) indica que el reemplazo paulatino de bases cambiables de los suelos de las áreas tropicales conduce de manera especial a una acidificación progresiva de los suelos.

Cuando los suelos pierden cantidades apreciables de nutrientes por las altas remociones por parte de los cultivos, llegará un momento en que puedan producirse deficiencias si se considera el nivel original de fertilidad de ese suelo y se utiliza como componente de un paquete tecnológico la utilización de enca-

1 Recibido para publicación el 2 de octubre de 1981

* Trabajo que incluye parte de la tesis de maestría del primer autor y que recibió apoyo del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas de Costa Rica.

** Estudiante de posgrado y profesor, Programa de Posgrado Universidad de Costa Rica – Centro Agronómico Tropical para Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica, Dirección actual del primer autor: Conjunto Residencial Lara, Edif. Crespon Apt 34, Patarata II, Barquisimeto, Edo. Lara, Venezuela.

dos mal dosificados que puedan cambiar las condiciones en las cuales se encuentran las pequeñas cantidades de nutrimentos.

Se planificó un experimento de invernadero cuyo objetivo general fue determinar los efectos del tipo de manejo y alta presión de cultivos a que fueron sometidos dos suelos, sobre el comportamiento del calcio, magnesio y potasio y el pH y observar los efectos del encalado como factor de manejo.

Materiales y métodos

Suelos

Se utilizaron horizontes superficiales de dos suelos; uno proveniente del sector de ganadería del CATIE, caracterizado y descrito por Aguirre (2) como un Inceptisol perteneciente a la serie Colorado y el otro proveniente de las Juntas de Pacuare en San Isidro de El General, clasificados por Pérez y Alvarado (19) como Ultisol.

En ambos suelos se distinguieron claramente dos tipos de manejo; uno el que fue realizado por el agricultor y otro en el que el CATIE probó la tecnología de sistemas de cultivos y que se basa en un aprovechamiento intensivo del espacio y el tiempo con diferentes tipos de cultivos.

El suelo del sector de ganadería del CATIE (Suelo 1) en su sistema de manejo tradicional (manejo 1) se caracterizó por haber sido manejado en forma de potrero con fertilizaciones de 100 kg/ha de N, mientras que al sector con sistemas de cultivos intensivos (manejo 2) durante los años 1977 y 1978 fueron dedicados a potreros con una fertilización de 100 kg/ha de N y al comenzar a ser sometidos a un manejo con sistemas de cultivos en 1979, se le hizo en la primera siembra una aplicación de 300 kg/ha de fórmula fertilizante 12-24-12 y 4000 kg/ha de CaCO_3 . En la siembra postrera se le adicionaron 4000 kg/ha de CaCO_3 y 250 kg/ha de fórmula 12-24-12.

El manejo tradicional (manejo 1) del suelo del sector de las Juntas de Pacuare en San Isidro de El General (Suelos 2) consistía en un tipo de potrero sin recibir ningún tipo de fertilizantes, mientras que el suelo con el manejo de cultivos intensivos (manejo 2) soportó una extracción con diferentes esquemas de cultivos múltiples y durante el año de 1977. Se aplicó una dosis básica de fertilizantes en la primera siembra, constituida por 60 kg/ha de N, 61 kg/ha de P_2O_5 , 51 kg/ha de K_2O , 5 kg/ha de MgO, 0,4 kg/ha de B y 2258 kg/ha de CaCO_3 y solo 70 kg/ha de N en la segunda época de siembra. En el año 1978 los arre-

glos de cultivos recibieron dos tipos de dosis de fertilizantes; una alta constituida por 131 kg/ha de N, 233 kg/ha de P_2O_5 , 111 kg/ha de K_2O , 24 kg/ha de Mg, 77 kg/ha de S y 2200 kg/ha CaCO_3 y una dosis considerada normal constituida por 117 kg/ha de N, 140 kg/ha de P_2O_5 , 71 kg/ha de K_2O 0.96 kg/ha de S y 2200 kg/ha de CaCO_3 .

Métodos de análisis de suelos

A los suelos, se les determinó el pH, la acidez intercambiable, calcio, magnesio y potasio según la metodología descrita por Diaz-Romeu y Hunter (10). El análisis granulométrico se realizó por el método de Bouyoucos, modificado por Hardy y Bazán (13).

Métodos de invernadero

Una vez que los suelos fueron secados al aire y tamizados se les realizaron las pruebas necesarias para la diagnosis y cuantificación de los problemas de fertilidad, según la metodología propuesta por Diaz-Romeu y Hunter (10).

Las necesidades de encalado se determinaron basándose en el método de neutralización de la acidez intercambiable extraída con sal neutra, neutralizándose el 0.150 y 300% del contenido de la acidez intercambiable con aplicaciones de CaCO_3 (10). En vista de que algunos suelos con tratamientos de 150% y 300% de neutralización ocasionaban un desbalance de la relación Ca/Mg, fue necesario adicionarle MgSO_4 a una dosis básica de 3 meq/100 ml de suelo.

Como planta indicadora se usó tomate variedad "Indian River", sembrándose 10 semillas en recipientes de 1000 ml. Una vez germinadas se raleó dejando 5 plantas por recipiente. La cosecha se realizó a los 45 días de sembradas.

Análisis foliares

Una vez que las plantas habían alcanzado su madurez fisiológica se cosechó el material vegetal. Las muestras fueron secadas en estufa con aire forzado. Para la cuantificación de la extracción de nutrimentos por parte de la planta se sometieron a digestión nítrico-perclórica según el método descrito por Johnson y Ulrich (15).

Métodos estadísticos

Los parámetros estudiados: suelos, tipo de manejo, niveles de neutralización de acidez, y aplicación de nutrimentos menores fueron distribuidos en un experimento de bloques al azar con un arreglo factorial de parcelas subdivididas, siendo el modelo matemático $X_{ijkl} = M + S + C + SC + M + SM + CM + SCM + Z + ZS + ZC + SMC + ZSCM$ corriéndose un modelo de correlación múltiple.

Resultados y discusión

Suelos

Las características químicas y físicas de los suelos, antes de iniciar el experimento se presentan en el Cuadro 1. Se nota que las características en acidez, pH y contenidos de bases indican un proceso de meteorización avanzada y pérdidas de nutrimentos así como baja fertilidad según lo sugieren varios autores (4, 6, 12). El nivel de manejo 2 de ambos suelos, que poseen valores superiores de materia orgánica, calcio, potasio y magnesio, reflejan el efecto de las aplicaciones de fertilizantes y cal en el pasado, así como el manejo de la materia orgánica.

pH

El pH presentó diferencias significativas entre manejos dentro de cada suelo. En la Figura 1 se presenta la variación del pH en cada uno de los tipos de manejo de suelo. Se observa que el manejo 1 del suelo 1 tenía una diferencia de 0.6 unidades de pH con respecto al tipo de manejo 2, la que se mantiene después de la prueba biológica pero se observa una disminución similar para el pH para ambos tipos de manejo. Para el suelo 2 se notó un comportamiento opuesto, incrementándose los valores de pH para ambos tipos de manejo en relación con los valores antes del experimento, pero siempre se mantiene la diferencia entre manejos.

La neutralización de la acidez intercambiable tuvo un efecto positivo, altamente significativo sobre los valores de pH en cada suelo, lo que se ilustra en la Figura 2. Se aprecia que el pH se incrementa conforme se incrementa el nivel de neutralización. El incremento más pequeño se observó para el tipo de manejo 2 del suelo 1, quizás por efecto de las cantidades de CaCO_3 más reducidas aplicadas en función de su menor contenido de acidez intercambiable que produce solamente pequeños incrementos en el pH, según lo indican Serpa y González (22), y Pearson (18). La variación en el

Cuadro 1. Algunas características químicas y físicas de los suelos del Sector de Ganadería del CATIE (1) y las Juntas de Pacuare (2).

CARACTERISTICA	Suelo 1		Suelo 2	
	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 (mg/ml)	9.4	8.0	5.5	1.3
Cu (mg/ml)	24.0	21.0	4.5	7.5
Zn (mg/ml)	2.5	3.9	2.7	4.7
Mn (mg/ml)	100.0	70.0	116.0	121.0
Fe (mg/ml)	140.0	118.0	100.0	410.0
Sat. Bases %	38.5	91.4	25.4	50.7
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

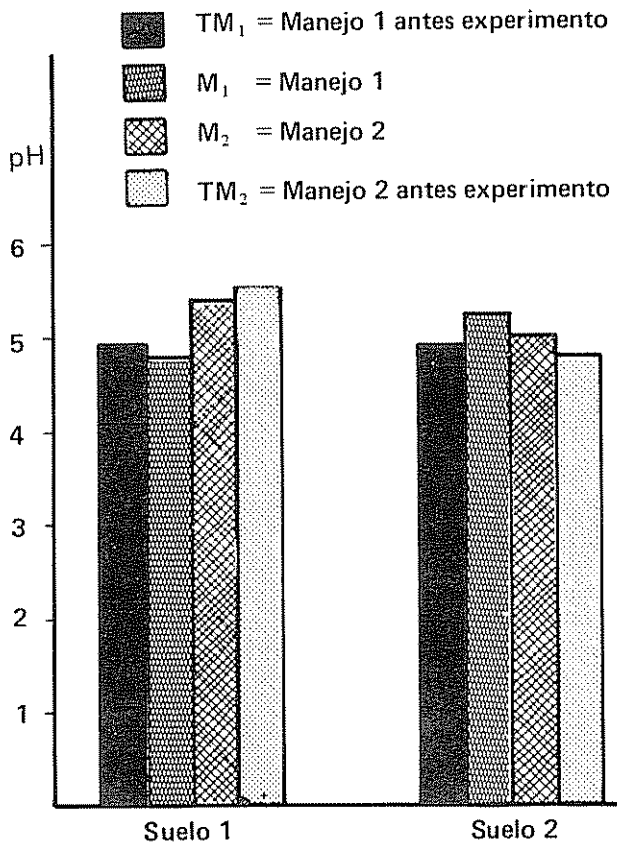


Fig. 1 Variaciones del pH según el tipo de manejo en cada suelo

pH es explicado significativamente ($R = 0.79$) por efecto del tipo de manejo y por efecto de los niveles de neutralización siendo la función de pH:

$$\text{pH} = 3.586 + 0.220X_3 + 0.478X_4 \quad R = 0.76$$

Donde: X_3 = tipo de manejo y X_4 = Nivel de neutralización y de la cual se desprende que conforme se incrementen las cantidades de cal aplicadas, se producirán incrementos en el pH como lo indican varios autores (6, 7, 9, 11) indistintamente del tipo de manejo. Sin embargo, se nota que si los suelos son explotados como el tipo de manejo intensivo, con tecnología del CATIE, el encalado tendrá mayor efecto en elevar el pH.

Acidez intercambiable

Se encontró diferencias altamente significativas en la acidez intercambiable entre tipos de manejo de suelo en relación a los niveles de neutralización

(Figura 3). Hubo una depresión general de la acidez en cada tipo de manejo de suelo conforme se fueron incrementando los niveles de encalado, siendo el efecto más pronunciado en los tipos de manejo 1 de ambos suelos que en los tipos de manejo 2, posiblemente como una consecuencia de las cantidades iniciales de acidez intercambiable que origina fuertes aplicaciones de cal en los tipos de manejo 1. Además se observa que en el máximo nivel de neutralización para ambos suelos y manejo, ya se había neutralizado aproximadamente un 95% de la acidez intercambiable a pesar de que las cantidades de cal aplicadas en los manejos de los suelos fueron muy diferentes.

Se encontró correlación negativa significativa entre la acidez intercambiable y los tipos de manejo, niveles de encalado, contenidos de calcio y magnesio y el pH, los cuales son factores cuyo incremento está asociado a una disminución en la acidez según lo indican Bornemisza (6) y Coleman, *et al* (8).

Al correr el modelo de regresión múltiple se encontró que la acidez es explicada significativamente ($R = 0.78$) por el tipo de suelo, el tipo de manejo y los niveles de neutralización de acidez siendo la función:

$$\text{Acidez (meq/100 ml)} = 3.845 + 0.714X_2 - 0.984X_3 - 1.198X_4$$

donde: X_2 = tipo de suelo; X_3 = tipo de manejo y X_4 = niveles de neutralización

Al analizar la función se observa que la acidez intercambiable será afectada negativamente por el tipo de manejo específico del que se trate y aún más si se acompañan de aplicaciones de cal y fertilizantes, coincidiendo estos resultados con los indicados por numerosos autores (2, 5, 10, 11, 14, 15, 18).

Calcio

El calcio varió significativamente entre manejos dentro de cada suelo, lo que se podrá explicar tanto por los contenidos de calcio inicial como por las aplicaciones diferenciales de calcio para cada tipo de manejo, encontrándose más calcio en aquel tipo de manejo en que el contenido y aplicación de este elemento fue más elevado. Autores como Serpa y González (22), Pearson (18) y Breland (7) coinciden con estas observaciones.

Al comparar los contenidos de calcio intercambiable en los manejos de los suelos con respecto a los valores iniciales (calcio inicial + calcio agregado), se observa en la Figura 4 que excepto en el manejo 2

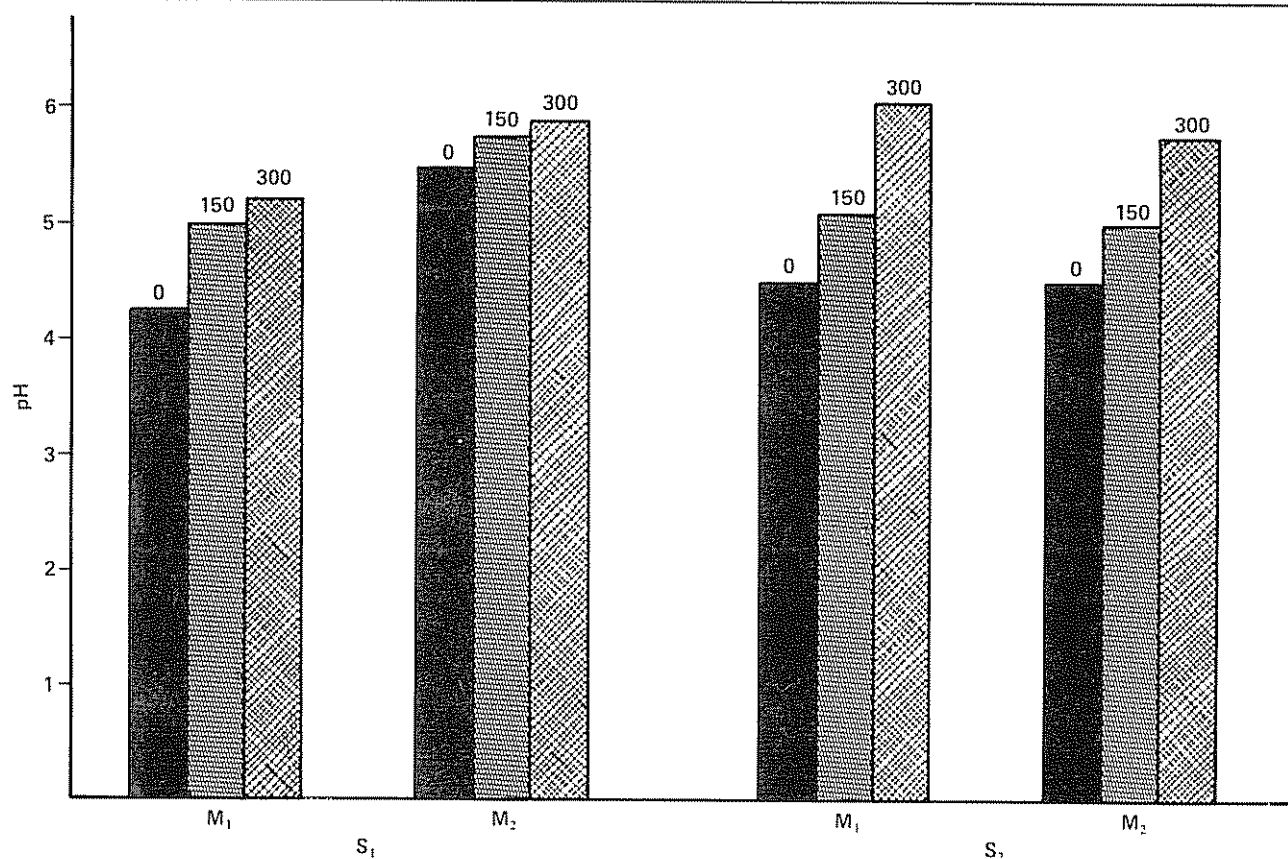


Fig 2 Variación del pH en cada tipo de manejo de suelo según los niveles de neutralización

del suelo 1, el calcio intercambiable extraído fue menor que las que teóricamente deberían haberse encontrado. Se cree que esta diferencia pudo ser debida a la extracción de la planta durante la prueba biológica, similar a la encontrada por Jiménez (16) y generalizada por Sánchez (21). La tendencia general en la extracción de calcio por la planta (Figura 5) fue que en aquel tipo de manejo de suelo en donde el calcio fue mayor, hubo mayor extracción de calcio por la planta, lo que resultó en una correlación positiva y significativa entre el contenido de calcio del suelo y las cantidades extraídas de este elemento.

Las cantidades de calcio intercambiable en ambos tipos de manejo se incrementan conforme se incrementan las cantidades de cal aplicadas según los niveles de neutralización (Figura 6). Resultados similares han sido indicados por Serpa y González (22), Pearson (18) y Bornemisza (6), quienes a pesar de no haber considerado el factor manejo como variable, han encontrado la misma tendencia general.

Se guarda poca relación entre el comportamiento del calcio en el suelo y lo extraído por la planta (Fi-

gura 7) en función de los niveles de encalado en cada tipo de manejo, a pesar de que se encontró correlación ($R = 0.47$) entre el calcio extraído y los niveles de neutralizaciones. Este comportamiento puede explicarse por un efecto antagónico potasio-calcio ($R^2 = 0.74$) que pudo afectar la extracción de calcio por la planta. Resultados similares fueron obtenidos por Bornemisza (5) y Pearson (18).

Al correr el modelo de regresión múltiple se encontró que el contenido de calcio intercambiable se explica en alto grado en función de las cantidades de cal aplicadas ($R = 0.74$). Se notó también que el calcio extraído por la planta es explicado negativamente por el tipo de suelo y positivamente por las cantidades de cal aplicadas según las funciones siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Ca (meq/100ml)} &= 0.239 + 3.489X_4 \\ \text{Ca extraído (mg/planta)} &= 0.452 - 0.308X_2 + 0.328X_4; \end{aligned}$$

en donde: X_2 = tipo de suelo y X_4 = niveles de neutralización.

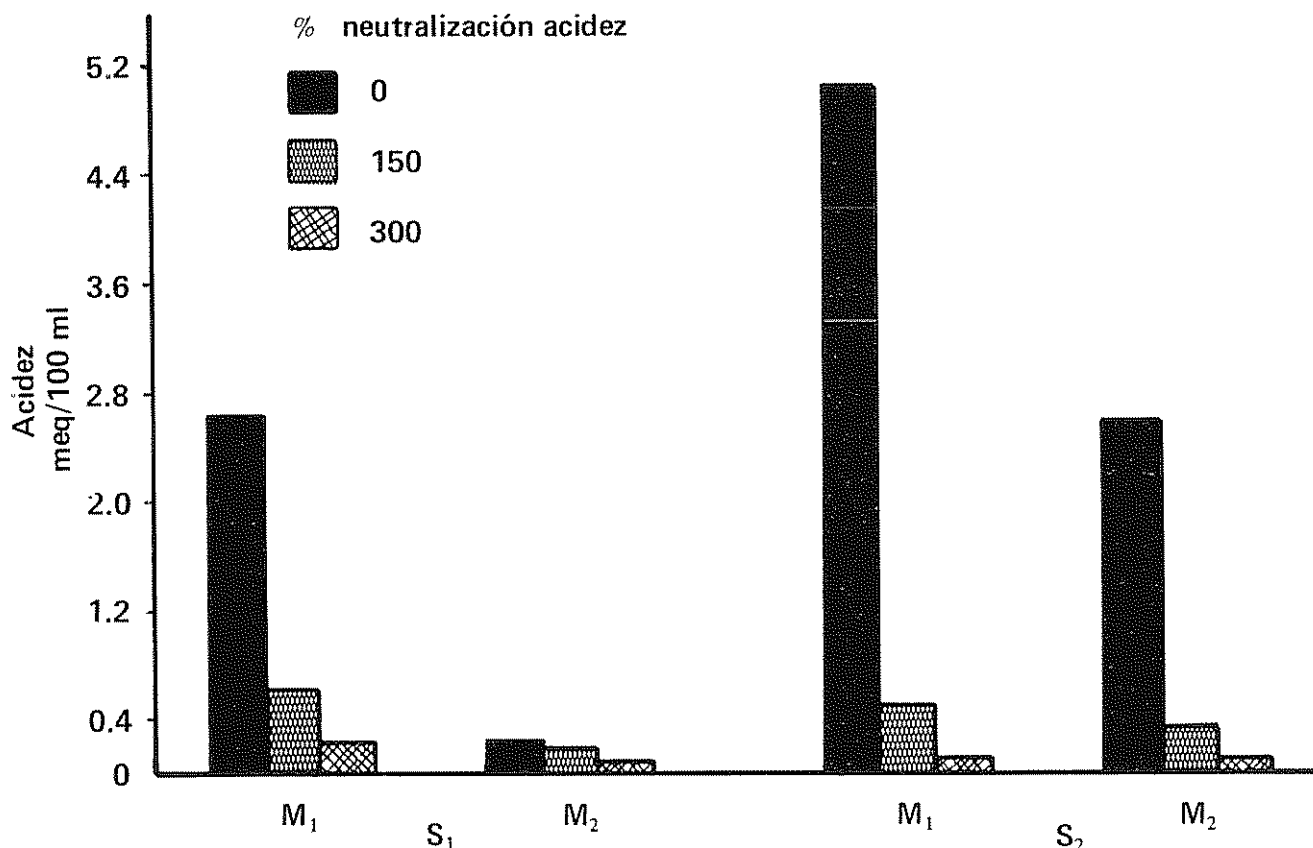


Fig. 3 Efecto de los niveles de neutralización sobre la acidez intercambiable para los tipos de manejo de suelos

Se observa que el calcio en el suelo y su extracción por la planta aumenta conforme se incrementan los niveles de encalado, lo que es consecuente con los resultados registrados por numerosos autores (1, 3, 7, 8, 18, 22); mientras que la extracción por parte de la planta fue afectada por el tipo de suelo, lo que puede explicar el comportamiento del calcio extraído en los diferentes tipos de manejo, ya que como concluye Pearson (18) en una recopilación varios autores, la respuesta de la planta al encalado dependerá de las características químicas y mineralógicas de cada suelo.

Magnesio

En la Figura 8 se observa el comportamiento del magnesio intercambiable en relación a los niveles de manejo. Se observaron mayores contenidos para el manejo 2, pero al comparar ambos tipos de manejo se nota que las cantidades encontradas fueron inferiores a los valores originales de magnesio (nativo + aplicado). Aunque estos resultados podrían conducir a

pensar que pudo deberse a una fijación del magnesio, similar a la descrita por Black (4), la constitución mineralógica de los suelos estudiados indica que es poco probable. Se considera que se trata de un efecto de extracción por la planta indicadora que origina una disminución notable en el contenido de magnesio, según lo sugieren Jiménez (16) y Sánchez (21) y según lo refleja la correlación positiva entre el magnesio intercambiable, el magnesio extraído por la planta ($R = 0.62$) y la producción de materia seca ($R_2 = 0.90$). El comportamiento del magnesio en relación a los niveles de neutralización, presenta la tendencia a aumentar conforme se incrementan los niveles de encalado en cada tipo de manejo, excepto en el manejo 2 del suelo 1 (Figura 9). Varios autores entre los que se cuentan Martini (17) y Breland (7) han informado que uno de los efectos beneficiosos del encalado está el de incrementar el nivel de magnesio intercambiable.

El magnesio intercambiable es explicado significativamente ($R = 0.685$) por efecto del tipo de suelo, el tipo de manejo y las cantidades de cal aplicadas,

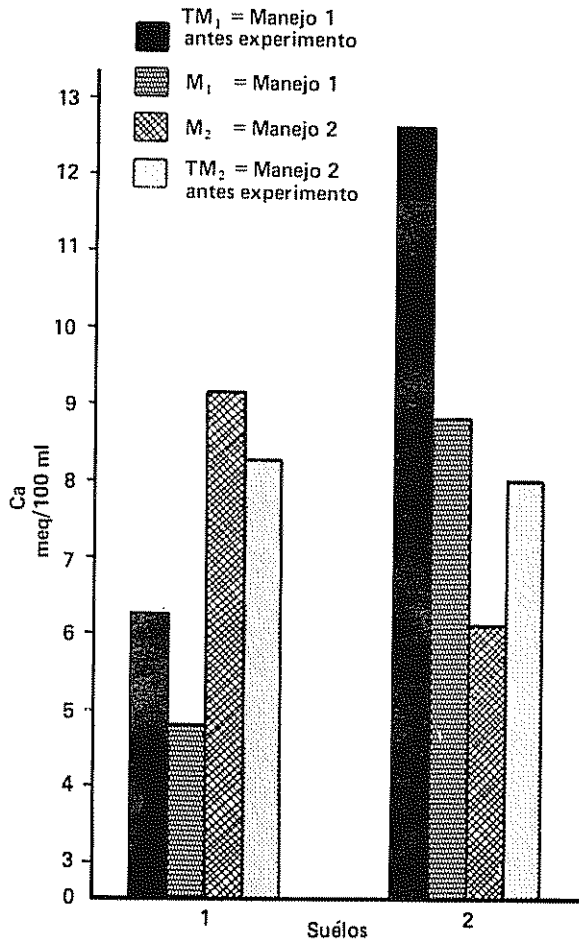


Fig 4. Variación del calcio según el tipo de manejo en cada suelo.

mientras que el magnesio extraído por la planta, por los niveles de cal aplicadas, según las siguientes funciones:

$$Mg \text{ (meq/100 ml)} = 0.789 - 0.323X_2 + 0.411X_3 + 0.753X_4$$

$$Mg \text{ (mg/planta)} = 0.0426 + 0.0823X_4$$

Los símbolos X_2 , X_3 y X_4 tienen el mismo significado ya descrito.

Potasio

El contenido de potasio intercambiable fue diferente tanto para los suelos estudiados como para los manejos en cada suelo. Se aprecia en la Figura 10 que los valores de potasio encontrados después de la

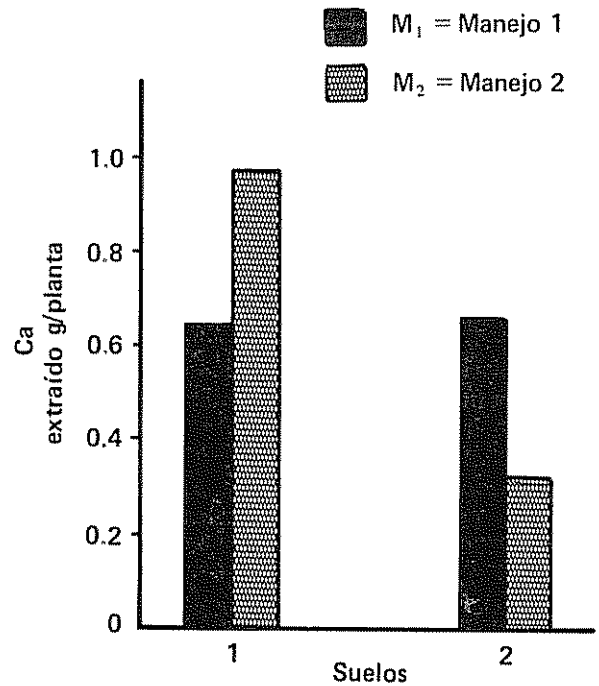


Fig 5. Variación del calcio extraído por la planta de acuerdo al tipo de manejo para cada suelo.

prueba biológica, fueron sustancialmente inferiores a las cantidades de potasio iniciales (potasio nativo + potasio adicionado) en ambos tipos de manejo de suelos, hecho que puede ser atribuido a la extracción de potasio por la planta indicadora (Figura 11). Resultados similares fueron encontrados por Bornemisza (5) en suelos aluviales de Costa Rica y por varios autores (16, 21) en otras condiciones.

El potasio intercambiable se redujo fuertemente por efecto de las aplicaciones de cal, siendo el efecto más pronunciado en el nivel de 150% de neutralización, lo que se aprecia en la Figura 12. Estos resultados concuerdan con los observados por algunos autores (18, 20).

Al contrario del potasio del suelo, la extracción de potasio por la planta indicadora en relación a los niveles de neutralización (Figura 13), presenta un comportamiento diferente para cada tipo de manejo. Mientras en los tipos de manejo 2 la extracción de potasio conforme se incrementaron los niveles de neutralización de acidez fue relativamente constante, en el tipo de manejo 1 hubo un aumento en la extracción de potasio hasta el nivel de 150% de neutralización de acidez a partir del cual disminuye la extracción, siendo este hecho explicado como un posible

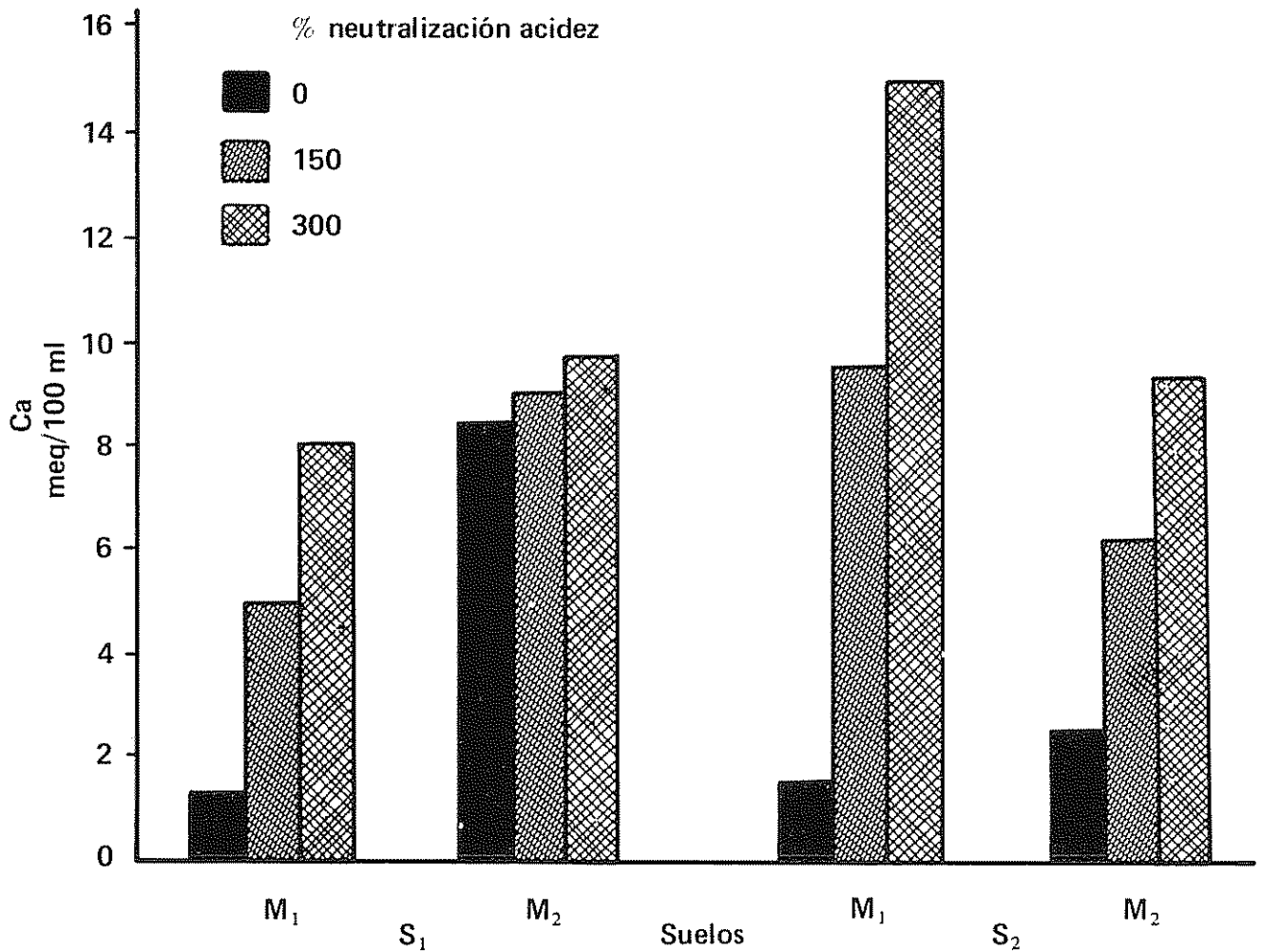


Fig. 6 Variación del calcio para cada tipo de manejo de suelos en relación a los niveles de neutralización

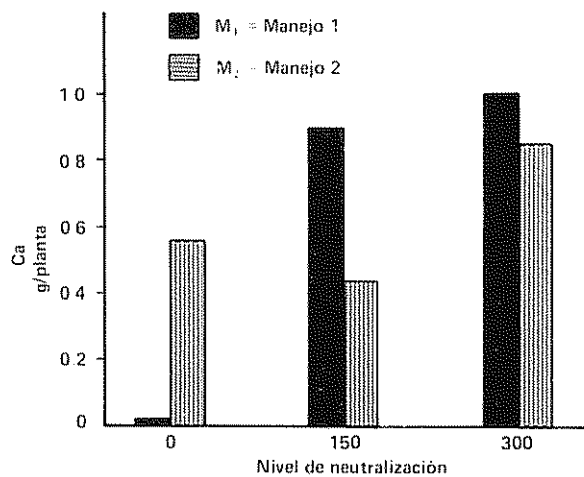


Fig. 7 Variación del calcio extraído en cada tipo de manejo en relación a los niveles de neutralización

efecto de desbalances nutricionales principalmente por un efecto antagónico entre el calcio y el potasio. Este se refleja en la correlación negativa significativa ($R^2 = 0.56$) entre los contenidos de potasio y calcio en el suelo y la correlación negativa ($R^2 = 0.77$) entre el contenido de potasio y la producción de materia seca.

El potasio intercambiable es explicado positivamente por el tipo de manejo de suelos mientras que es afectado negativamente por los niveles de neutralización de acidez ($R = 0.57$). El potasio extraído por la planta es explicado negativamente por el tipo de suelo y positivamente por los niveles de enclavado de acuerdo a las siguientes funciones:

$$K \text{ (meq/100 ml)} = 0.443 - 0.098X_2 - 0.081X_4$$

$$K \text{ (mg/planta)} = 1.359 - 0.708X_2 + 0.505X_4$$

Aquí de nuevo X_2 y X_4 tienen los significados anteriores.

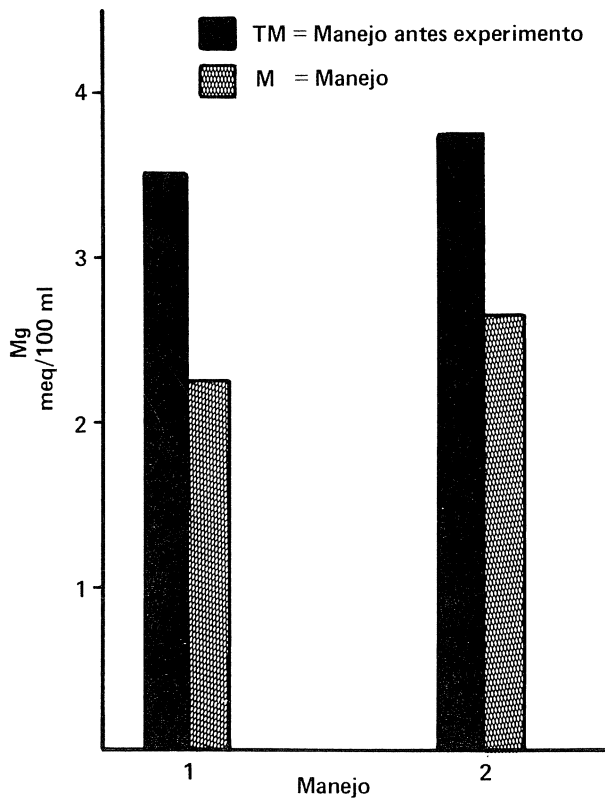


Fig. 8. Variación de magnesio en relación al tipo de manejo.

Conclusiones

El manejo similar influye en mayor grado en Ultisoles que en Inceptisoles; el primero se acidifica más bajo la influencia del manejo y pierde con más intensidad Ca, Mg y K.

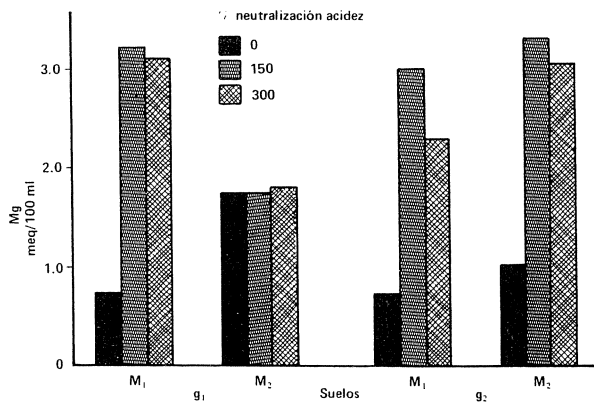


Fig. 9. Variación del magnesio intercambiable en cada tipo de manejo de suelos en relación a los niveles de neutralización.

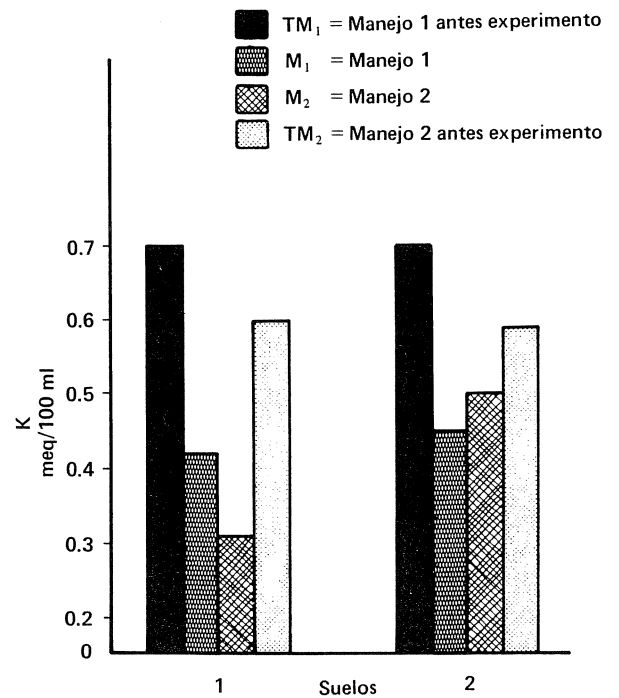


Fig. 10. Variación del potasio según el tipo de manejo de suelo.

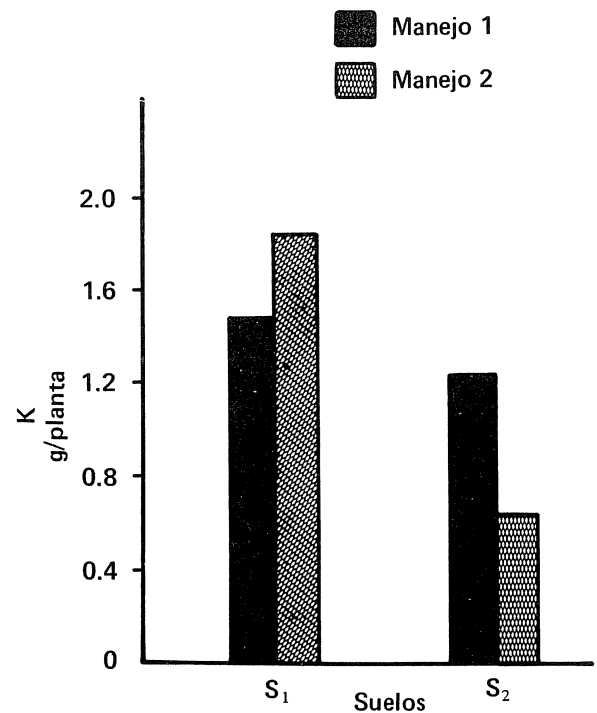


Fig. 11. Variación del potasio extraído por la planta para cada suelo en relación a los tipos de manejo.

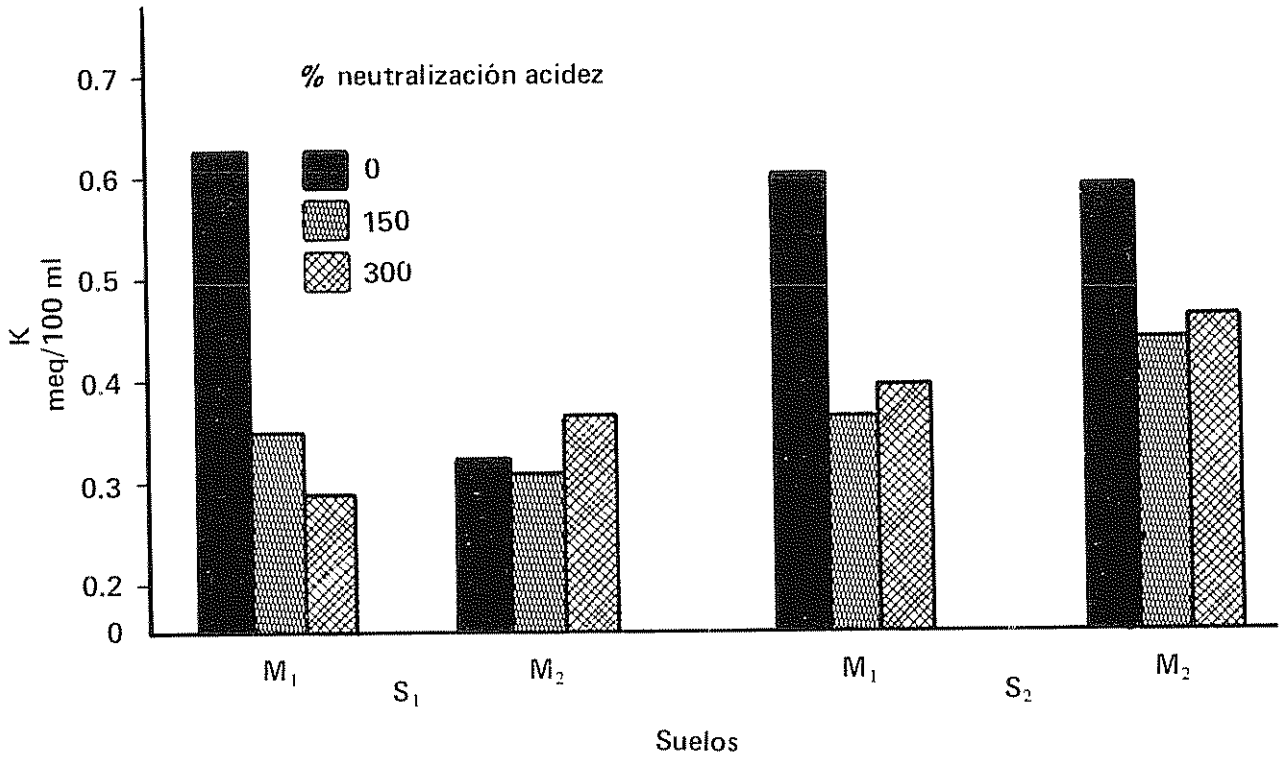


Fig. 12 Variación del potasio intercambiable por efecto de los niveles de neutralización de acidez en cada manejo de suelos

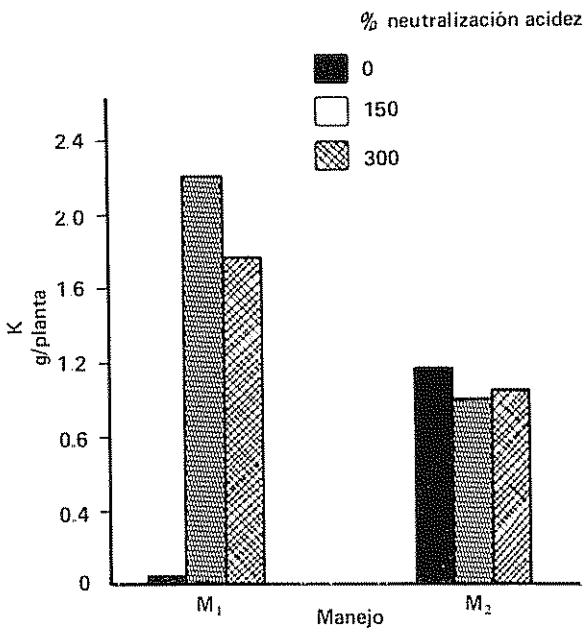


Fig. 13 Extracción de potasio en cada nivel de neutralización en relación al tipo de manejo de suelos

El encalado tiene un efecto similar sobre ambos suelos y resulta en un aumento de pH y del contenido de calcio y magnesio. Se observó un apreciable efecto residual de encalados previos, especialmente para el ultisol con menor CIC.

Al nivel de 300% de neutralización se observa una neutralización prácticamente completa de la acidez.

Se detectó también una extracción intensiva de los cationes mayores, proporcional a su contenido y conducente a una reducción rápida de nutrientes en casos de cultivo intensivo.

Resumen

Se estudiaron en el invernadero un Inceptisol y un Ultisol, que habían sido sometido previamente a intensidades altas o bajas de cultivo.

Un manejo similar influye un mayor grado en Ultisoles que en Inceptisoles; el primero se acidifica más

bajo la influencia del manejo y pierde con más intensidad Ca, Mg, K.

Usando tomate como planta indicadora y tres niveles de encalado (0.150 y 300% de la acidez presente) se estudió la extracción de los nutrimentos Ca, Mg y K en estas condiciones.

Se observaron mayores cambios en el Ultisol, de menor CIC, que en el Inceptisol. Para alcanzar un 95% de neutralización de la acidez se necesitó tres veces la cantidad teóricamente necesaria de cal. Se detectó un efecto residual apreciable de la cal y una rápida reducción de los niveles de cationes de donde se concluye que estos suelos pueden perder rápidamente su fertilidad original si son explotados intensamente.

Literatura citada

1. ABRUÑA, F., CHANDLER, J. V. y PEARSON, R. W. Effects of liming on yields and composition of heavily fertilized grasses and soil properties under humid tropical condition. Soil Science Society of America Proceedings. 28(5):657-661. 1964.
2. AGUIRRE, V. Estudios de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1971. 139 p.
3. BAIRD, J. V. Liming acid soils: a technical publication on general lime use. Raleigh 1962. North Carolina Agricultural Extension Service. Circular No. 495. 24 p.
4. BLACK, C. A. Soil-plant Relationships. New York, Wiley. 128-158. 1957. pp. 128-158.
5. BORNEMISZA, E. La solución extractora y la humedad en relación con el potasio intercambiable. Turrialba 10(1):35-39. 1960.
6. BORNEMISZA, E. Conceptos modernos de acidez del suelo. Turrialba 15(1):20-24. 1965.
7. BRELAND, H. L. Lime in Florida Agriculture. Gainesville Florida Agricultural Experimental Station. Circular S-155. 1964. p. 19.
8. COLEMAN, N. T., KAMPRATH, E. J. y WEED, S. B. Liming. Advances in Agronomy 10:475-517. 1958.
9. COLEMAN, N. T. y THOMAS, G. W. The basic chemistry of soil acidity. In: Pearson, R. W. and Adams, F. eds. Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy No. 12. 1967. pp. 1-41.
10. DIAZ-ROMEY, R. y HUNTER, A. Metodologías de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1978. 61 p.
11. EVANS, C. E. y KAMPRATH, E. J. Lime response as related to percent Al saturation, solution Al and organic matter content. Soil Science Society of America Proceedings. 34(6):893-896. 1970.
12. FASSBENDER, H. W. Química de suelos. San José, Costa Rica, IICA. 393 p. 1978.
13. HARDY, F. y BAZAN, R. Análisis de textura. Método de Bouyoucos, In: Curso de Productividad y Fertilidad de Suelos. Turrialba, CATIE, 1975. 5 p.
14. HART, R. D. Agroecosistemas; Conceptos básicos. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 221 p.
15. JOHNSON, C. M. y ULRICH, A. Analytical methods for use in plant analysis. California, Experiment Station Bulletin No. 766. 1959. pp. 28-45.
16. JIMENEZ, F. Estudios de absorción de nutrimentos en un agrosistema de producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays* L.) y yuca (*Manihot esculenta*) Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica. IICA, 1976, 90 p.
17. MARTINI, J. A. Algunas notas sobre el problema de encalado en los suelos del trópico. Turrialba, 18(3):249-259. 1968.
18. PEARSON, R. W. Soil acidity and liming in the humid tropics. Cornell University Ithaca, New York. Cornell International Agriculture Bulletin 30. 1975. 66 p.
19. PEREZ, S. y ALVARADO, A. Suelos de Pérez Zeledón. Copia de trabajo preparado con base a un mapa no publicado. 1978.
20. POWELL, A. J. y HUTCHESON, T. B. Effect of lime and potassium additions on soil potassium reactions and plant response.

Soil Science Society of America Proceedings
29(1):76-78. 1965

607 p.

21 SANCHEZ, P. A. Properties and management of
soils in the tropics. New York, Wiley, 1976.

22 SERPA, R. y GONZALEZ, M. A. Necesidad de
cal en tres suelos ácidos de Costa Rica. Agro-
nomia Costarricense 3(2):101-108. 1979.

ESTUDO COMPARATIVO DE CULTIVARES DE REPOLHO (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) COM VISTAS À PRODUÇÃO DE CHUCRUTE: CARBOIDRATOS SOLÚVEIS, ACIDEZ TOTAL, pH E TEMPO DE FERMENTAÇÃO¹ /

J. S. GOLDONI*
L. A. BONASSI*
F. A. D. CONCEIÇÃO**

Abstract

In a comparative study of twenty-three cabbage cultivars, regarding sauerkraut production under natural fermentative process, contents of soluble carbohydrates, total acidity as lactic acid, pH and fermentation time were determined.

Through the results, it was verified that the levels of soluble carbohydrates varied as following: a) cabbage: fresh matter – 1.93% to 3.88% (mean of 2.65), dry matter – 19.33% to 48.38% (mean of 33.57%); b) sauerkraut: fresh matter – 0.02% to 0.33% (mean of 0.11%), dry matter 0.25% to 3.03% (mean of 1.22%); c) brine: 0.05% to 0.44% (mean of 0.18%). The total acidity ranged from 0.99% to 1.74% (mean of 1.32%), the pH from 3.60 to 4.00 (mean of 3.98), and the fermentation time corresponded to a period of 30.00 to 34.00 days (mean of 32.26 days).

It was also verified with the results, that the manufactured sauerkrauts with all the cabbage cultivars were feasible to undergo lactic acid fermentation, regarding sauerkraut production.

Introdução

O emprego da fermentação láctica para a preservação de hortaliças é um processo amplamente utilizado na Europa e nos Estados Unidos, sendo o chucrute um desses produtos, que tem grande

significado econômico. No Brasil, a fermentação láctica pode ser empregada como um processo de conservação de hortaliças, e a produção de chucrute pode ser incrementada para o consumo interno e para exportação.

A fermentação de hortaliças de um modo geral e particularmente do repolho, é influenciada por fatores de natureza regional, pela quantidade de sal e pela temperatura (14). O emprego de diferentes cultivares de repolho resulta também na produção de chucrute com características diferentes (7, 8, 12).

O teor de açúcar nas hortaliças determina a acidez final dos produtos fermentados, enquanto que a quantidade de sal e a temperatura condicionam o ritmo de aumento dessa acidez e os tipos de bactérias que toman parte na fermentação (2, 3, 4, 5, 11, 13).

Considerando-se a escassez de pesquisas pertinentes ao assunto em nosso país, objetivou-se

¹ Recebido para publicação em 3 de novembro de 1980. Projeto financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Se agradece a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo auxílio financeiro prestado na elaboração desta pesquisa.

* Professores Livre-Docentes do Departamento de Tecnologia dos Produtos Agropecuários da Faculdade de Ciências Agronômicas do Campus de Botucatu – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”.

** Professor Assistente Doutor do Departamento de Horticultura da Faculdade de Ciências Agronômicas do Campus de Botucatu – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”.

no presente trabalho determinar os teores de carboidratos solúveis, acidez total, pH e tempo de fermentação, em um estudo com diferentes cultivares de repolho, com vistas à produção de chucrute através do processo fermentativo natural.

Material e métodos

Matéria prima

Como matéria prima para o preparo do chucrute, utilizou-se do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) fornecido pelo Departamento de Horticultura da Faculdade de Ciências Agrônomicas do "Campus" de Botucatu e produzido na Fazenda Experimental "São Manoel", situada no município de São Manoel, S. P. As cultivares estudadas foram: Ishii-742, Akioo, Takahara-YR, Ei-Yu, Ishii-733, Kagayaki, Fuyusuruga, Guinshu-YR n.º 1, Todoroki, 146 ou Maturi, 55 x 234 ou Híbrido entre linhagens de Louco, Alvorada, Ishii-722, Subarashi, Chusei, Toyohikari ou Ishii-655, Bansei, Ishii-745, Guinshu-YR n.º 2, Ginga, Toyohikari n.º 2, Louquinho e Matsukase. O repolho foi colhido quando as "cabeças" se encontravam no seu máximo desenvolvimento e bem sólidas; assim-sendo, o desenvolvimento fisiológico foi o mesmo.

Fermentações

As fermentações com as diferentes cultivares, foram preparadas pelo método de salga a seco, empregando — se sal refinado comercial, segundo metodologia adotada por Goldoni (5). A fermentação das amostras das 23 cultivares foi realizada concomitantemente. A preparação e seu acondicionamento nas cubas de fermentação, foi feita toda de uma vez, em um único dia de trabalho. A fermentação foi realizada à temperatura ambiente (7), em condições idênticas para todas as cultivares. A temperatura média registrada em termo-higrógrafo foi 19.8°C. Para cada cultivar de repolho empregou-se 10 kg de material devidamente preparado. A média do tempo de fermentação é 32.26 dias, e mais conveniente 32 dias.

Análises químicas e físico químicas

Acidez e pH: No decorrer e no final do processo fermentativo, foram retiradas amostras de salmoura para determinação do pH e da acidez total. A acidez foi determinada através da titulação com solução de NaOH 0.1 N, expressando-se os resultados em porcentagem de ácido láctico. Para a determinação do pH,

empregou-se um potenciômetro medidor de pH com eletrodo de vidro, marca Corning, modelo 7.

Os valores encontrados nessas análises, bem como o controle visual do aspecto das fermentações, serviram para avaliar o final do processo fermentativo (5).

Carboidratos solúveis: Amostras da matéria prima, dos chucrutes produzidos e das respectivas salmouras foram retiradas para a determinação de carboidratos solúveis. Essas, foram classificadas (6), colocadas em vidros hermeticamente fechados e guardados em congelador à temperatura de -20°C, segundo indicação de Goldoni (5). Posteriormente foram efetuadas as determinações dos teores de carboidratos solúveis, pelo método descrito por Johnson *et al.* (9), utilizando-se o espectrofotômetro marca Coleman Junior II, modelo 6135.

Resultados e discussão

Carboidratos solúveis

Os resultados das determinações de carboidratos solúveis para as diferentes cultivares de repolho, para os chucrutes e respectivas salmouras, são apresentados no Quadro 1. Através dos dados contidos no mesmo, verifica-se que as variações encontradas para o teor de carboidratos solúveis foram: a) repolho: matéria fresca — 1.93% a 3.88% (média de 2.65), matéria seca — 19.33% a 48.38% (média de 33.57%); b) chucrute: matéria fresca — 0.02% a 0.33% (média de 0.11%), matéria seca — 0.25% a 3.03% (média de 1.22%); e c) salmoura: 0.05% a 0.44% (média de 0.18%).

Sobre a determinação de carboidratos solúveis nas diferentes cultivares de repolho, os valores encontrados neste trabalho (Quadro 1), tiveram uma grande variação, variação essa também encontrada por diversos pesquisadores. Assim, Peterson *et al.* (16), analisaram 19 lotes de repolho e encontraram em média, 3.38% de açúcar total; Pederson e Albury (15), verificaram que o teor de açúcar no repolho variava entre 2.9 a 8.7%; Gangopadhyay e Mukherjee (4), encontraram 3.4% de açúcar total; Matthews e Bates (12), verificaram que nas variedades de repolho King Cole, Market Prize, Green Boy e Little Rock, os teores de açúcar totais variaram entre 2.46 a 3.46%. Frazier (3), verificou que o teor de açúcar do repolho dependia da variedade e encontrou valores de 2.9 a 6.4%. Desrosier (2) cita o valor de 3.5%, enquanto que Goldoni (5), encontrou o valor de 3.91% de carboidratos solúveis em variedade comercial; Stamer (17) e Stamer *et al.* (18), verificaram que o conteúdo total de carboidratos, aparenta estar relacionado com a

Quadro 1. Percentagens de carboidratos solúveis (matéria fresca e matéria seca) nas diferentes cultivares de repolho, chucrutes e suas respectivas salmouras.

Cultivares	% Carboidratos solúveis totais				
	Repolho		Chucrute		Salmoura Final
	Mat. fresca	Mat. seca	Mat. fresca	Mat. seca	
Ishii-742	2.47	37.68	0.05	0.57	0.25
Akioo	2.47	37.05	0.33	3.03	0.22
Takahara-YR	2.38	30.32	0.29	2.44	0.18
EI-YU	2.66	34.74	0.18	1.78	0.16
Ishii-733	1.98	30.88	0.08	1.08	0.11
Kagayaki	2.65	39.08	0.21	2.08	0.36
Fuyusuruga	3.11	43.05	0.06	0.65	0.12
Guinshu-YR N ^o 1	1.93	28.76	0.10	1.29	0.04
Todoroki	2.06	30.75	0.08	0.94	0.05
146 Ou Matsuri	3.05	38.07	0.10	1.19	0.12
55 x 234	3.08	37.20	0.11	1.37	0.21
Alvorada	2.39	32.83	0.02	0.25	0.14
Ishii-722	2.94	35.04	0.05	0.98	0.06
Subarashi	3.88	48.38	0.08	1.05	0.10
Chusei	3.50	44.36	0.07	0.95	0.09
Toyohikari	2.15	27.53	0.11	1.34	0.44
Bansei	2.43	28.15	0.13	1.47	0.22
Ishii-745	2.47	19.33	0.12	1.16	0.24
Guinshu-YR N ^o 2	2.30	24.95	0.07	0.70	0.16
Ginga	2.90	31.25	0.09	0.93	0.29
Toyohinkari N ^o 2	2.65	33.00	0.10	1.10	0.25
Louquinho	2.58	31.27	0.08	0.89	0.17
Matsukase	2.94	31.41	0.06	0.74	0.29
Média	2.65	33.57	0.11	1.22	0.18

variedade de repolho e, na matéria seca, encontraram para 11 variedades comerciais, a variação de 35.0 a 49.7% e para uma variedade considerada de pobre fermentação, valores compreendidos entre 51.5 a 52,4% de carboidratos totais. Como pode ser verificado no Quadro 1, e com base nos dados obtidos na literatura, a maioria das cultivares estudadas no presente trabalho, apresentaram-se relativamente pobre em carboidratos totais.

As observações sobre os teores de carboidratos solúveis no produto final, ou sejam, os chucrutes e suas respectivas salmouras, conforme mostra o Quadro 1, estão em concordância com resultados do trabalho de Goldoni (5), que estudando a evolução dos carboidratos solúveis no decorrer da fermentação láctica, verificou não haver lixiviação total para a salmoura. Como pode ser verificado no Quadro 1, esse fato ocorreu, com variações, para todas as cultivares estudadas no presente trabalho. Ainda, relativo à carboidratos, Jones *et al.* (10), num estudo sobre

fermentação de pepino, verificaram que uma grande diferença na concentração de açúcar num determinado período da fermentação, teve pouco ou nenhum efeito na acidez produzida, fato esse também observado no decorrer deste trabalho pois, se os dados apresentados no Quadro 1, forem comparados àqueles do Quadro 2, verifica-se não haver uma relação definida entre a acidez total e as concentrações de carboidratos no repolho, no chucrute e na salmoura.

Acidez, pH e tempo de fermentação

Os resultados obtidos para a acidez total expressa em porcentagem de ácido láctico, para os valores de pH e tempo de fermentação, são apresentados no Quadro 2.

Observando-se os dados contidos no referido Quadro, pode-se verificar que as variações encontradas foram: a) acidez total - 0.99% a 1.74% (média

Quadro 2. Acidez total, pH e tempo de fermentação dos chucrutes elaborados com vinte e tres cultivares de repolho.

Cultivares	Acidez total (% de ácido láctico)	pH final	Tempo de fermentação (dias)
Ishii-742	1.29	4.1	32
Akioo	1.74	4.1	32
Takahara-YR	1.62	4.0	32
Ei-YU	1.68	4.0	32
Ishii-733	1.00	3.9	32
Kagayari	1.47	3.6	32
Fuyusuruga	1.42	4.0	34
Guinshu-YR N° 1	1.01	4.4	30
Iodoroki	1.09	4.2	30
146 Ou Matsuri	1.34	4.4	30
55 x 234	1.41	4.3	30
Alvorada	1.00	4.2	30
Ishii-722	0.99	3.9	32
Subarashi	1.05	3.7	32
Chusei	0.99	3.6	32
Toyohikari	1.29	3.8	32
Bansci	1.41	4.1	34
Ishii-745	1.37	4.0	34
Guinshu-YR N° 2	1.58	4.0	34
Ginga	1.34	3.8	34
Toyohikari N° 2	1.59	3.9	34
Louquinho	1.27	3.8	34
Matsukase	1.30	3.8	34
Média	1.32	3.98	32,26

de 1.32%); b) pH - 3.60 a 4.40 (média 3.98); c) tempo de fermentação - 30.00 a 34.00 dias (média de 32.26 dias). Esses resultados estão de acordo com a definição de chucrute (1) e também concordam com os valores observados nos trabalhos de Desrosier (2); Frazier (3), Gangopadhyay e Mulherjee (4), Goldoni (5), Lopez *et al.* (11), Matthews e Bates (12), Nabors e Salunke (13), Pederson e Albury (15) e de Vorbeck *et al.* (19); com as exceções de que, o tempo para ocorrer a cura é de 14 semanas (27) e de 55 a 61 dias (13), enquanto no presente estudo, o valor máximo encontrado para o tempo de fermentação foi 34 dias.

Conclusões

Os resultados obtidos nas condições do presente trabalho possibilitaram concluir que:

a) Embora a maioria das cultivares de repolho apresentassem teores relativamente baixo de carboidratos solúveis, elas se comportaram adequadamente ao processo fermentativo natural, tendo-se em vista à produção de chucrute;

b) Não houve lixiviação total dos carboidratos solúveis do repolho para a salmoura e que nesta sempre restou pequena quantidade sem sofrer ação dos microrganismos agentes da fermentação;

c) Não houve uma relação definida entre a acidez total e as concentrações de carboidratos no repolho, chucrute e salmoura.

Resumo

Num estudo comparativo de vinte e três cultivares de repolho com vistas à produção de chucrute pelo processo fermentativo natural, foram determinados: teores de carboidratos solúveis, acidez total, pH e tempo de fermentação.

Através dos resultados obtidos, verificou-se que as variações encontradas para os teores de carboidratos solúveis foram: a) repolho: matéria fresca - 1.93% a 3.88% (média de 2.65%), matéria seca - 19.33% a 48.38% (média de 33.57%); b) chucrute: matéria fresca - 0.02% a 0.33% (média de 0.11%),

matéria seca — 0.25% a 3.03% (média de 1.22%); c) salmoura: 0.05% a 0.44% (média de 0.18%). A acidez total variou de 0.99% a 1.74% (média de 1.32%), o pH de 3.60 a 4.00 (média de 3.98), e o tempo de fermentação correspondeu a um período de 30.00 a 34.00 dias (média de 32.26 dias).

Pelos resultados obtidos na presente pesquisa, verificou-se que os chucrutes elaborados com todas as cultivares de repolho sofreram fermentação láctica adequada, tendo-se em vista à produção de chucrute.

Literatura citada

- BRASIL. Leis, decretos, e outros. Decreto nº 52.004 — 28 julho 1970. Normas técnicas especiais, relativas a alimentação e bebidas. Diário Oficial do Estado de São Paulo, 1970. pp. 3-25.
- DESROSIER, N. W. Principles of food preservation by fermentation and pickling. In: The technology of food preservation. 2. ed. rev. aum. Westport, AVI, 1963. Cap. 7, pp. 239-67.
- FRAZIER, W. C. Conservación de cereales, azúcares, hortalizas y sus derivados. In: Microbiología de los alimentos. Zaragoza, Acribia, 1962. Cap. 12, pp. 158-76, 1962.
- GANGOPADHYAY, H. e MUKHERJEE, S. Effect of different salt concentrations on the microflora and physico-chemical changes in sauerkraut fermentation. Journal of Food Science & Technology., Mysore, 8:127-31, 1971.
- GOLDONI, J. S. Estudos sobre fermentação láctica em algumas hortaliças. Botucatu. (Tese — Doutorado — Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu). 1973.
- GOLDONI, J. S., CEREDA, M. P., e BONASSI, I. A. Clarificação de extrato aquoso de vegetais para determinação de carboidratos solúveis. In: Jornada Científica da Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, 2a. Ed. Botucatu, 1972. Anais. . . , Botucatu, 1972. p. 129.
- GOLDONI, J. S., BONASSI, I. A., LIMA, U. de A., CONCEIÇÃO, F. A. D., e KIMOTO, T. Produção de chucrute. I. Influência da temperatura na fermentação de cultivares de repolho (*Brassica oleraceae* L. var. *capitata* L.). Botucatu Científica Ser. A., 1:61-5, 1976.
- GOLDONI, J. S., BONASSI, I. A., LIMA, U. de A., CONCEIÇÃO, F. A. D., e KIMOTO, T. Produção de chucrute. II. Estudos das propriedades organolépticas de produtos obtidos com seis cultivares de repolho (*Brassica oleraceae* L. var. *capitata* L.). Botucatu Científica Ser. A., 25:137-41, 1977.
- JOHNSON, R. R., BALWANII, T. L., JOHNSON, L. J., McCLURE, K. E., e DEHORITY, B. A. Corn plant maturity. II. Effect on "in vitro" cellulose digestibility and soluble carbohydrate content. Journal of Animal Science., Menasha, 25:617-23, 1966.
- JONES, I. D., VELDHUIS, M. K., ETCHELLS, J. L., VEERHOFF, O. Chemical and bacteriological changes in dill-pickle brines during fermentation. Food Research., Champaing, 5:533-47, 1940.
- LOPEZ, A., SCHWARTZ, M. G., PRATT, D. E., e POWERS, J. J. Nutritional supplementation of lactic acid flora of sauerkraut. Food Research., Champaing, 19:564-74, 1954.
- MATTHEWS, R. F. e BATES, R. P. Sauerkraut fermentation of some Florida Cabbage cultivars. Florida State Horticultural Society Proceedings., 83:236-40, 1970.
- NABORS, W. T. e SALUNKHE, D. K. Pre-fermentation inoculations with *Leuconostoc mesenteroides* and *Lactobacillus plantarum* on physico-chemical properties of fresh and dehydrated sauerkraut. Food Technology., Chicago, 23:67-71, 1969.
- PEDERSON, C. S. Sauerkraut. Advance in Food Research., New York, 10:233-79, 1960.
- PEDERSON, C. S. e ALBURY, M. N. The sauerkraut fermentation. Bulletin of New York State Agricultural Experiment Station., Geneva, (216):1-84, 1969.
- PETERSON, W. H., FRED, E. B., e VILJOEN, J. A. Variations in the chemical composition of cabbage and sauerkraut. Canner, Chicago, 61:19-21, 1925.

17. STAMER, J. R. Recent developments in the fermentation of sauerkraut. Special Report of New York State Agricultural Experiment Station., Geneva, (17):3-5, 1974.
18. STAMER, J. R.; DICKSON, M. H.; BOURKE, J. B.; STOYLA, B. O. Fermentation patterns of poorly fermenting cabbage hybrids. Applied Microbiology., Baltimore, 18:323-7, 1969.
19. VORBECK, M. L.; ALBURY, M. N.; MATTICK, L. R., LEE, F. A., e PEDERSON, C. S. Lipid alteration, during the fermentation of vegetables by the lactic acid bacteria. Journal of Food Science., Champaign, 28:495-502, 1963.

ANALISIS DE LA RELACION CLIMA-AGUA DE ALGUNOS CULTIVOS COMO APOYO
A LA CALENDARIZACION Y CUANTIFICACION DEL AGUA DE RIEGO¹/

JUAN D. VEGA*
FRANCISCO CANTU**

Abstract

The determination of the scheduling and quantity of irrigation is a research activity of great importance because of the intimate relationship between water and production. This relationship varies as a function of the climate and crop in question.

The purpose of this study was to determine the relationship between the evapotranspiration of different crops and the evaporation of a class A tank as an integrator of climatological characteristics. For each crop under study, an analysis was made of the dependence on the environment, differences between consumption patterns, and the efficiency of evapotranspiration.

Introducción

De acuerdo con la ecuación del balance de la energía, el flujo de radiación neta que incluye radiaciones de longitudes de onda corta y larga puede ser utilizada básicamente en a) intercambio de calor dentro del perfil del suelo, b) transferencia de calor sensible hacia o de la atmósfera y c) evaporación del agua. Cuando hay agua en el suelo, ésta controla la forma en que la energía solar neta es utilizada (4). Por otra parte, si se comparan las resistencias al flujo del agua en un sistema tanque de evaporación-atmósfera con el sistema suelo-planta atmósfera se observará que en este último caso la resistencia al flujo es mayor; por lo tanto, asumiendo que no existe

energía advectiva, la evapotranspiración de un cultivo es menor que la evaporación de tanque por unidad de energía radiante recibida (1,2).

Cada cultivar tiene características propias de desarrollo del área foliar así como de la morfología y arreglo de su sistema transpirante, por lo tanto, existe una relación entre evapotranspiración y evaporación propia para cada cultivo y fase de desarrollo del mismo, relación que combinada con el almacenamiento del agua disponible puede utilizarse para programar riegos eficientemente (1, 3).

Los problemas que se presentan en el uso del evaporímetro clase A son: a) el efecto del medio ambiente de la localidad como viento (magnitud y dirección) y área de protección verde alrededor del evaporímetro y b) efecto de la energía advectiva, es decir, temperatura y humedad de la atmósfera que en ciertos días, debido al movimiento del viento producen resultados que se desvían fuertemente de las medias observadas (1, 3).

¹ Recibido para publicación 17 de abril de 1981.

* Investigador del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

** Alumno de la carrera de Ing. Agrónomo en Producción.

Materiales y métodos

Esta investigación se llevó a cabo del 9 de marzo de 1979 al 7 de julio de 1979, en el Campo Agrícola Experimental del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey en Apodaca, N. L.

El suelo en el que se llevó a cabo el experimento, almacena 14 cm/metro de agua disponible y se utilizó el criterio de regar cuando se hubiera consumido entre el 60 y el 70% del agua disponible del estrato explorado por las raíces.

Los cultivares que se sometieron a estudio fueron:

1. Sorgo (*Sorghum vulgare*) var. Topaz
2. Maíz (*Zea mays*) NLVS-1 Enano
3. Maíz (*Zea mays*) NLVS-1
4. Girasol (*Helianthus annuus*) TECMON-1
5. Frijol (*Phaseolus vulgaris*) Delicias 71

La distribución de las parcelas en el campo fue la de bloques al azar con cuatro repeticiones; cada unidad experimental consistió de 6 surcos de ancho por 5 m de largo y se cosecharon para evaluar rendimiento los dos surcos centrales. La decisión de regar se tomó cuando al analizar la información de los muestreos gravimétricos de suelo indicara que ya se había evapotranspirado del 60-70% del agua disponible;

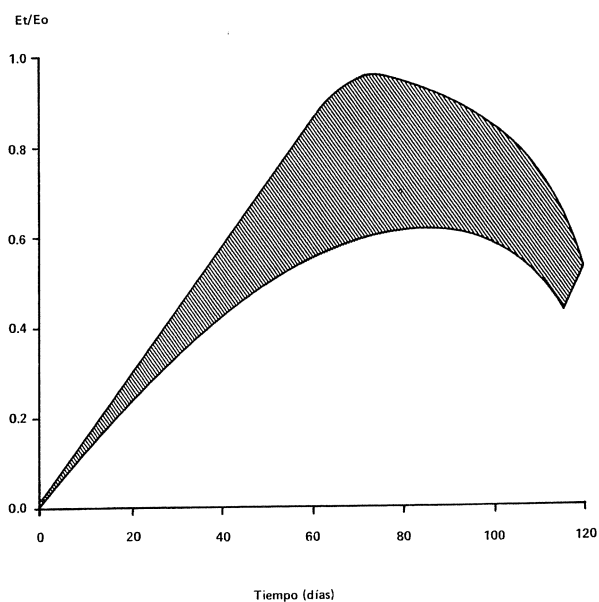


Fig. 1. Área dentro de la cual están comprendidos los distintos cocientes Et/Eo para los cultivares de maíz normal, maíz enano, girasol, sorgo y frijol.

cuando esto ocurría se cuantificaba al mismo tiempo la cantidad de agua perdida por evaporación de un tanque evaporímetro clase A. Con los datos de evapotranspiración (Et) y evaporación (Eo) se obtuvo el cociente $C = \frac{Et}{Eo}$, según el cultivo fue avanzado en

su ciclo de desarrollo. Al finalizar el experimento se obtuvo también la eficiencia del uso del agua para cada cultivar expresado en gramos de grano/kg de agua evapotranspirada.

Resultados y discusión

En la Figura 1 se muestra el área dentro de la cual están comprendidos los cocientes Et/Eo de todos los cultivares que se estudiaron. En ningún caso, la relación Et/Eo fue mayor que 1, indicando probablemente que la ganancia de calor por advección no fue de gran magnitud y no contribuyó en forma apreciable a la evapotranspiración.

Las Figuras 2 a 6 se muestra la relación Et/Eo para sorgo, girasol, frijol, maíz enano y maíz normal. Si se comparan los comportamientos de cada cultivar se observará que, partiendo de una misma fecha de siembra, todos presentan la máxima relación Et/Eo entre los 70 y los 80 días de ciclo con excepción del maíz

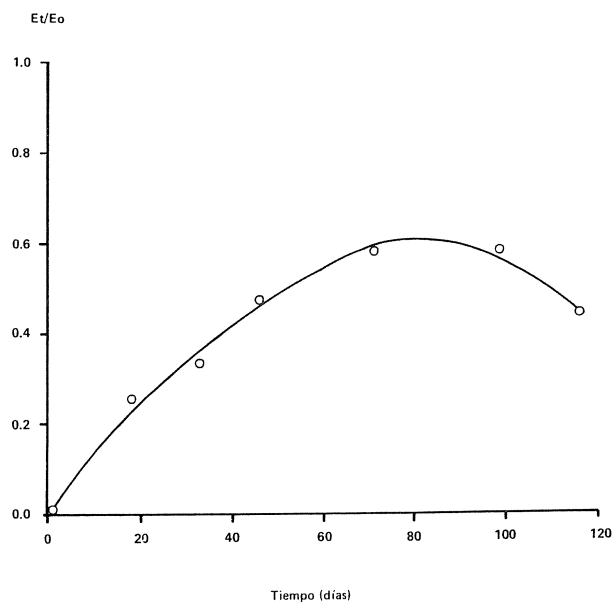


Fig. 2. Relación entre la edad de un cultivar de sorgo variedad Topaz y el cociente evapotranspiración/evaporación de agua libre.

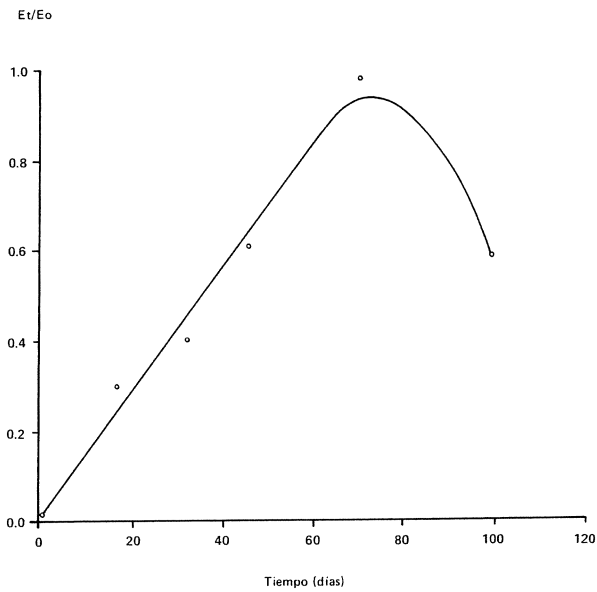


Fig. 3. Relación entre la edad de un cultivar de girasol variedad Tecmon 1 y el cociente evapotranspiración/evaporación de agua libre.

normal cuyo máximo cociente se obtuvo hasta los 95 días del ciclo.

El sorgo (Figura 2) es el cultivo que mostró una velocidad de transpiración menor; el frijol y las dos

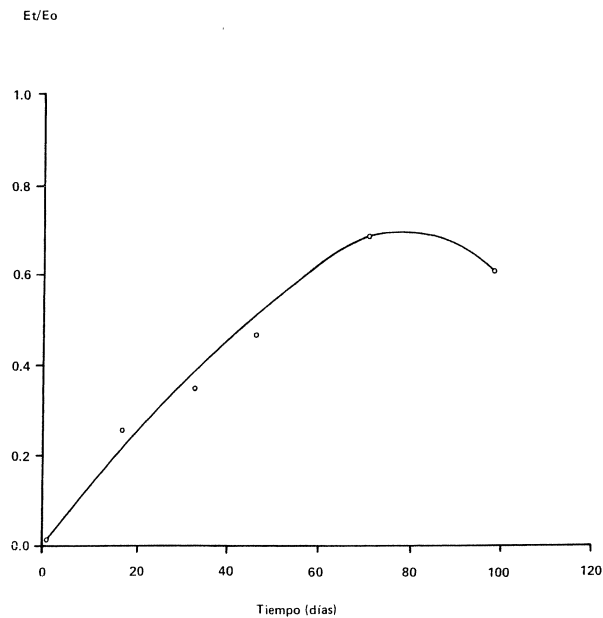


Fig. 4. Relación entre la edad de un cultivar de frijol variedad Delicias y el cociente evapotranspiración/evaporación de agua libre.

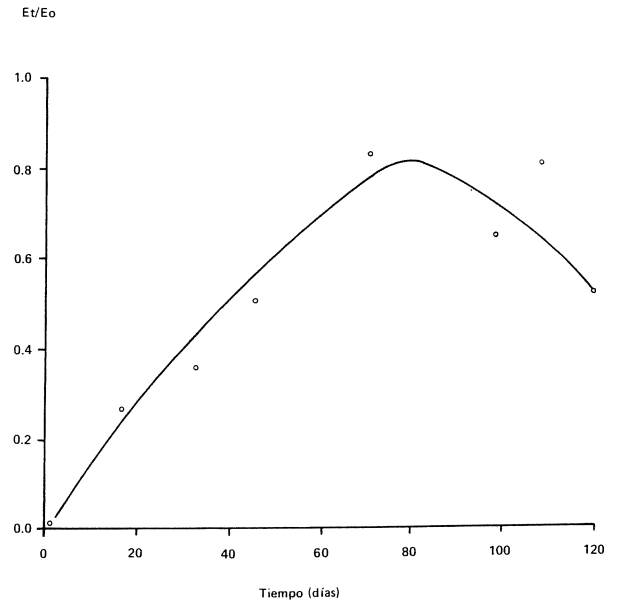


Fig. 5. Relación entre la edad de un cultivar de maíz variedad Nuevo León VS-1F y el cociente evapotranspiración/evaporación de agua libre.

variedades de maíz presentan una velocidad de transpiración muy semejante hasta los 60 días del ciclo, de ahí en adelante es cuando se diferencian entre sí. Debido a una velocidad de crecimiento mayor, el girasol (Figura 3) es el que muestra la

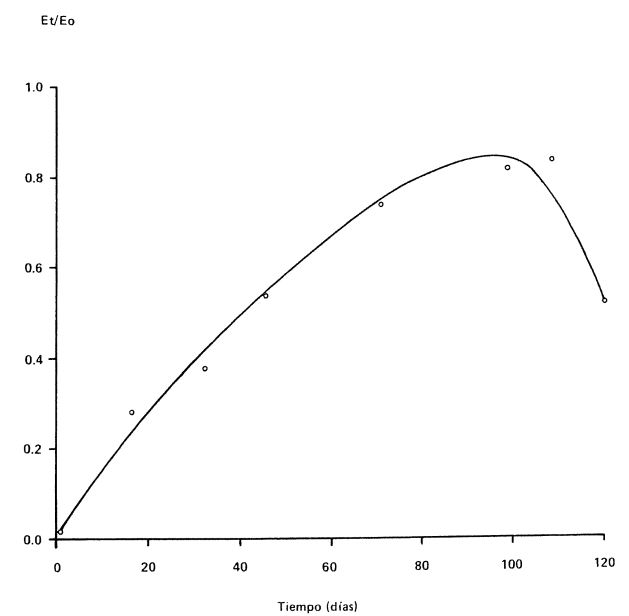


Fig. 6. Relación entre la edad de un cultivar de maíz variedad Nuevo León VS-1 y el cociente evapotranspiración/evaporación de agua libre.

mayor velocidad de transpiración, fue el cultivo cuya relación Et/Eo máxima fue la mayor comparada con los otros cultivares y además, una vez obtenida la máxima, es el cultivo que con mayor rapidez declina en su velocidad de transpiración.

Dado que, los ciclos vegetativos de los cultivos fue diferente, en el Cuadro 1 se muestra la relación Et/Eo en función del porcentaje de desarrollo del cultivo, de tal manera de hacer más comparables los resultados. Prácticamente desde el primer 20% del ciclo de desarrollo hay diferencia en los cocientes Et/Eo de los cultivares; en el Cuadro 1 se muestra que la diferencia entre los cocientes máximos y mínimos es de 0.07 para el primer 20% de desarrollo de los cultivares, es que indica que el desarrollo del follaje no es lo suficientemente significativo para diferenciarlos y que la evaporación del suelo es el fenómeno predominante. La máxima diferencia ocurre entre el 60 y 80% de desarrollo que coincide con la máxima producción de follaje.

La evapotranspiración de cada variedad fue diferente; la del frijol fue la menor de todas (21.2 cm) a pesar de que el cociente promedio Et/Eo no es el menor, esto se debe a que el ciclo vegetativo del frijol fue solamente de 95 días. El girasol y el sorgo presentan el mismo valor de evapotranspiración total, el sorgo presenta un mayor ciclo vegetativo que el gi-

rasol y menor cociente Et/Eo lo que indica la habilidad del sorgo en utilizar menos agua por unidad de tiempo. No hubo ninguna diferencia en el comportamiento de las dos variedades de maíz y además fueron los cultivares que más agua evapotranspiraron.

Conclusiones

Las conclusiones más relevantes de este trabajo son las siguientes: 1) el cultivar con menor cociente Et/Eo fue el del sorgo; 2) no hubo diferencia entre cultivares de maíz de distintas variedades; 3) el girasol fue el cultivar cuyo cociente promedio Et/Eo fue mayor y 4) la máxima relación Et/Eo ocurre entre el 60 y 80% del ciclo de desarrollo de cada cultivar.

Resumen

La calendarización y cuantificación del riego es una actividad de investigación de gran importancia debido a la íntima relación que existe entre agua y producción; relación que varía en función del clima y del cultivar en cuestión.

El objetivo del presente estudio fue el de determinar la relación que existe entre la evapotranspi-

Cuadro 1. Cocientes Et/Eo de algunos cultivares, evapotranspiración total, ciclo vegetativo y eficiencia de la evapotranspiración.

Porcentaje de desarrollo del cultivo	Sorgo	Girasol	Frijol	Maíz NLVS 1E	Maíz NLVSI	Promedio	Diferencia entre el cociente mínimo y el máximo
0-20	0.27	0.27	0.26	0.33	0.33	0.29	0.07
20-40	0.48	0.56	0.45	0.59	0.58	0.53	0.14
40-60	0.60	0.83	0.63	0.78	0.74	0.72	0.23
60-80	0.59	0.92	0.70	0.76	0.85	0.76	0.33
80-100	0.44	0.58	0.60	0.53	0.52	0.53	0.16
Promedio	0.48	0.63	0.53	0.60	0.60	0.57	
Evapotranspiración (cm)	25.1	25.1	21.2	30.6	31.3		
Ciclo vegetativo (días)	116	95	95	120	120		
Eficiencia de la Evapotransp. gm/kg	1.67	0.63	0.39	1.96	1.28		

ración de diversos cultivares y la evaporación de un tanque clase A como integrador de las características climatológicas. Para cada cultivar estudiado se analiza su dependencia del medio ambiente, la diferencia entre patrones de consumo y la eficiencia de la evapotranspiración.

Literatura citada

1. CHANG, J. *Climate and agriculture*. Aldine Publishing Co. Chicago. 1968.
2. PIERRE, *et al.* *Plant environment and efficient water use*. American Society Agricultural Wisconsin. 1966.
3. PRUITT, W. O. *Evapotranspiration and its role in water resources management*. American Society Agricultural Eng. Michigan. 1966.
4. ROSE, C. W. *Agricultural physics*. Pergamon Press. New York. 1966.

- CONTRIBUCIONES DEL IICA A LA LITERATURA DE LAS CIENCIAS AGRICOLAS. Bibliografía Serie Documentación e Información Agrícola No. 12. Un volumen de 411 p.
- BIBLIOGRAFIA SOBRE CATASTRO RURAL EN AMERICA LATINA. 1974. Serie Documentación e Información Agrícola No. 29. Un volumen de 68 p.
- LA MUJER EN EL MEDIO RURAL. BIBLIOGRAFIA. 1975. Serie Documentación e Información Agrícola No. 41. Un volumen de 95 p.
- BIBLIOGRAFIA SOBRE SILVICULTURA Y ECOLOGIA FORESTAL Y TROPICAL. 1975. Serie Documentación e Información Agrícola No. 43. Un volumen de 282 p. Precio US\$ 3 00.
- BANCO DE DATOS DE BIBLIOGRAFIAS AGRICOLAS DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE. 1977. Serie Documentación e Información Agrícola No. 61. Un volumen de 210 p.
- BIBLIOGRAFIA SOBRE PESTE PORCINA AFRICANA Y PESTE PORCINA CLASICA. 1978. Serie Documentación e Información Agrícola No. 67. Volumen de 180 p.
- BIBLIOGRAFIA SOBRE SENSORES REMOTOS. 1979. Serie Documentación e Información Agrícola No. 72. Un volumen de 190 p. Precio US\$ 3.00.
- BIBLIOGRAFIA PARTICIPACION DE LA MUJER EN EL DESARROLLO RURAL DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE. Serie Documentación e Información Agrícola No. 78. Un volumen de 103 p. Precio US\$ 3.00.
- BIOMASA Y OTRAS FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGIA. Bibliografía. 1980. Serie Documentación e Información Agrícola No. 79. Volumen de 263 p. Precio US\$ 7.00.
- A TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA E O PEQUEÑO AGRICULTOR. Juan Díaz Bordenave. 1980. Serie Publicaciones Misceláneas No. 213. Un volumen de 119 p. Precio US\$ 1.50.
- INTRODUCCION A LA ESTADISTICA. Wilfredo Caballero. 2a. reimpresión 1981. 289 p. US\$ 4.50.
- EN BUSCA DE TECNOLOGIA PARA EL PEQUEÑO AGRICULTOR. Angel Marzocca 1981. 499 p. US\$ 14.00.
- SUELOS DEL TROPICO. Características y manejo. Trad. Serie de Libros y Materiales Educativos. Pedro Sánchez, 1981. Un volumen de 660 p. US\$ 15.00.
- ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE. Orientaciones didácticas para la docencia universitaria. J. D. Bordenave. A. Martins P. 1981. Serie Libros y Materiales Educativos No. 50. Un volumen de 380 páginas. US\$ 10.50.
- FARM MANAGEMENT HANDBOOK. Guillermo Guerra. Trad. Serie Libros y Materiales Educativos No. 49. Un volumen de 300 páginas. 1981. US\$ 16.50.
- MODELOS OPERACIONALES DE REFORMA AGRARIA Y DESARROLLO RURAL. Antonio García. Serie Investigación y Desarrollo No. 3, 1982. Un volumen de 196 p. US\$ 5.00.
- TRES FORMAS DE ACELERAR EL CRECIMIENTO AGRICOLA. A. T. Mosher Trad. Serie Investigación y Desarrollo No. 4, 1982. 94 p. US\$ 2.50.
- CARIBBEAN SEMINAR ON FARMING SYSTEMS RESEARCH METHODOLOGY. IICA/INRA. Serie Ponencias, Resultados y Recomendaciones de Eventos Técnicos No. 228, español, francés, inglés. 1982. Un volumen de 638 p. US\$ 13.00.
- ORGANIZACION DE LA INVESTIGACION AGROPECUARIA EN AMERICA LATINA. E. Trigo, M. Piñeiro, J. Ardila. Serie Investigación y Desarrollo No. 2. 1982. Un volumen de 537 p. US\$ 11.90.
- GUIA PARA LA ELABORACION DE PROYECTOS DE DESARROLLO AGROPECUARIO. S. Miragem, coord. Serie Desarrollo Institucional No. 14. 1982. Un volumen de 382 p. US\$ 6.00.

AN INVESTIGATION OF POSSIBLE CROSS-INOCULATION AMONG SOME STRAINS
OF COWPEA *Rhizobium* AND DIFFERENT COWPEA GROUP CULTIVARS¹ /

OLU ODEYEMI*

M. O. FIFO*

A. T. ABIOLA*

Resumen

Diecisiete variedades de frijol de tipo *Rhizobium* aisladas de varias leguminosas en Nigeria fueron investigadas con objeto de examinar su eficacia y la posibilidad de cruzamiento con frijoles de tipo TVU 201 y TVU 1190, "frijol lima", "gandul", "frijol alado" y mani, en condiciones naturales tanto como en invernadero.

Por medio de número de nódulos, peso seco y cantidad total de nitrógeno fijado por cada planta, se descubrió que la mayoría de las variedades se revelaron eficaces con los frijoles TVU 201, TVU 1190, "gandul" y "frijol alado". En condiciones de invernadero, solo algunas variedades se revelaron eficaces con mani y "frijol lima" y ninguna formó nódulos en condiciones naturales.

En el invernadero, la variedad 11 mejoró la producción de los tipos TVU 201, TVU 201, TVU 1190, "frijol lima", "gandul", "frijol alado" y mani del 60% 100%, 70%, 140%, 370% y 61% respectivamente, mientras en condiciones naturales en el campo la variedad 9 aumentó la fijación de nitrógeno en los frijoles tipos TVU 201, TVU 1190, "gandul", "frijol alado" y mani, de un 66%, 163%, 251%, 74% y 64% respectivamente en comparación con las leguminosas que no sufrieron inoculación.

Estas variedades particularmente fértiles y eficaces pueden ser de gran utilidad en la producción en cantidad comercial de inoculantes en el afán de mejorar la fijación de nitrógeno con leguminosas tropicales.

Introduction

The importance in the humid tropics of nitrogen fixed symbiotically by *Rhizobium* in association with legume species cannot be over-emphasized, as farmers still rely largely upon shifting cultivation as a major means of restoring and sustaining soil fertility, and fertilizer usage is alarmingly but understandably small. The fertilizer

problem is worsened by the fact that the cost sky-rockets every year, leaving the tropical farmer, who sometimes suffers from protein malnutrition, with the only reasonable alternative of a rotational or multiple cropping system in which legumes are included as a source of plant nutrients.

Even where fertilizers are available, a substantial proportion of N applied to soils is often unavailable to crops because of denitrification and leaching losses; these processes may even give rise to potential secondary problems of air and water pollution. Besides, the energy-consuming relatively inefficient chemical fixation of N by the Haber-Bosch process contributes only 2.2×10^{10} kg/yr N to the global

¹ Received for publication November 10, 1981

* Department of Microbiology, University of Ife Ile-Ife, Nigeria

fixed N pool compared to 9.1×10^{10} kg/yr provided by the more efficient, natural, biological N fixation (1). It is in view of these fertilizer problems that many developing countries are currently considering detailed extensive studies of the *Rhizobium* - legume symbiosis as a means of increasing crop yields and providing adequate plant protein without the input of the costly and often unavailable fertilizer N.

Of the seven cross-inoculation groups of the *Rhizobium*-legume associations (2), the cowpea is predominantly and almost exclusively found in the tropics. Therefore, the provision of a competitive, effective, and highly promiscuous cowpea rhizobial inoculant for use on food legumes in the tropics is an inescapable pre-requisite of our drive for increased biological N fixation and plant protein production in the developing countries.

Hence, this preliminary investigation examined different strains of cowpea *Rhizobium* for effectiveness and possible cross-inoculation against some common and widely cultivated tropical legumes. The screening was done in both greenhouse and field plots to assess the strains which might be useful in selection of potential inoculants.

Materials and methods

Sources of rhizobia cultures. Fourteen of the rhizobia strains used were isolated from 14 varieties of cowpea cultivars which were obtained from the International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan. Three other strains of cowpea *Rhizobium* were isolated from cowpea plants at the University of Ife Teaching and Research Farm. Isolation of pure colonies from the legume nodules was performed according to the procedure of Vincent (3). All the 17 strains were found to be effective against cowpea cultivars when tested under laboratory conditions using the seeding agar technique of Vincent (3).

Sources of legume seeds. Cowpea TVU 201, cowpea TVU 1190, lima bean, winged bean, and pigeon pea were obtained from Dr. E. L. Pulver of the Grain Legume Improvement Programme, IITA, Ibadan. Groundnut seeds were bought from a local market in Ile-Ife.

Greenhouse Investigation: The mixture of coarse and fine sand used for the greenhouse investigation was collected from a stream near the University of Ife Commercial Farm. The sand was washed thoroughly with water and then with conc. HCl. The sand was later rinsed several times with water and

then sun-dried. Its pH was 6.6 and calcium carbonate was added to raise the pH to 7. The sand was sterilized in the oven at 160°C for 48 hours, cooled, and dispensed into 250 plastic cups (each having a diameter of 9.7 cm and a depth of 9.7 cm) at the rate of 600 g per cup. Viable seeds of cowpea TVU 201, cowpea TVU 1190, lima bean, winged bean, pigeon pea, and groundnut, which had been surface sterilized with 95% ethanol and 4% H₂O₂, were planted in the sand-containing cups at the rate of 4 seeds per cup. Four replicates of each treatment were prepared. The cups were then arranged on a greenhouse bench in a completely randomized fashion. Each of the experimental treatments was inoculated with the appropriate *Rhizobium* strain (inoculant) which had been prepared by culturing a heavy suspension of the particular strains in a yeast extract mannitol (YEM) broth containing 1% sucrose, on a rotary shaker at 28°C for 3 days. A sterile plastic syringe was used for applying 8 ml of the rhizobial inoculant to each of the cups. Each of the nitrate control treatments received 5 ml of a 0.05% KNO₃ solution every other week. All treatments were amended with 5 ml of nutrient solution weekly (3), and 30 ml of sterile distilled water every 2 days. The greenhouse had an average temperature of 30°C.

The plants were harvested when 7 weeks old. They were sun-dried for 24 hours and later oven-dried at 80°C for 48 hours prior to the determination of their dry weights.

Field Investigation: As a follow up of the greenhouse studies a field investigation was carried out to assess the effectiveness of the test strains of cowpea *Rhizobium* under field conditions using the same legume cultivars. The field plot used at the Teaching and Research Farm of the University of Ife, at Ile-Ife, was selected because of its suspected low or no rhizobial count, since there was no history of legume cultivation on the site. After site clearing the plot was rid of organic matter as much as possible in order to discourage increase in inorganic nitrogen as a result of organic matter mineralization during the period of experimentation.

The plot (24.4 m x 14 m) was divided into 20 subplots to accommodate 20 randomly allocated treatments of 17 different rhizobial inoculants, 2 nitrogen fertilizer levels, and one uninoculated treatment. Each of the 20 subplots was analysed for its pH value, organic carbon, total nitrogen, P, Ca, Mg, K, Mn, and Na contents. The legume seeds were planted in rows, 50 cm apart, with 25 cm spacing. Four seeds were planted per stand with the addition of 10 ml of the appropriate broth inoculant. The two

fertilized subplots were treated with 71.4 kg and 142.8 kg of ammonium nitrate/ha/wk, respectively. Ten days after planting, the seedlings were thinned to 2 per stand. Each of the 17 rhizobial treatments also received peat-based inoculants 18 days after planting. The peat-based inoculant was prepared by adding turbid rhizobial culture to sterile finely divided peat in the ratio of 1:2 (v/w). The peat culture was kept at 25°C to cure for 72 hours and then allowed to mature for another 7 days before use. The peat-based inoculant was applied by mixing the inoculant with dry soil from the particular subplot in the ratio of 1:10 (w/w), and applying the inoculant soil mixture to the base of the young plant.

The one meter path between subplots and the guard rows of each treatment prevented cross-contamination, and there was no rainfall during the period of the investigation. Each subplot was moistened with 25 litres of water every day. At the age of 6 weeks all the plants were sprayed with Novacron 40' to control insect pests. The subplots were carefully weeded by means of a hoe.

Harvesting was done when the plants were 7 weeks old, by carefully digging up four randomly selected plants from within each of the rows. The nodules were examined, dried at 70°C for 48 hours, and then weighed. The plants were dried for 2 days at 80°C, weighed, and nitrogen was determined by the modified micro-Kjeldahl method (4).

Results

Greenhouse Studies. Based on nodule formation and plant dry weight, eleven of the seventeen strains tested were very effective against cowpea TVU 201. These were strains 1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15 and 16, but strains 4, 5, 8, 9, 10, 11, 14 and 16 were particularly effective since each resulted in an average plant dry weight of 1.03 g compared to 0.64 g and 0.74 g of the uninoculated and the nitrate amended plants, respectively (Table 1). Generally, only strain 6 was poorly effective against cowpea TVU 201. On the other hand, strains 4, 7, 8, 10, 12 and 17 were particularly effective against cowpea TVU 1190,

Table 1. Yield of the various legumes grown under greenhouse conditions.

Rhizobium Strain No.	Dry wt of Plants, g					
	Cowpea TVU 201	Cowpea TVU 1190	Lima bean	Pigeon pea	Winged bean	Groundnut
1	0.92	0.68	1.20	0.41	0.53	0.83*
2	0.88	0.73	0.99	0.48	0.67	0.60
3	0.81	0.56	1.32	0.47	0.71	0.54
4	1.07*	1.09*	1.28	0.53	0.77	0.62
5	1.04*	0.66	1.30	0.51	0.82*	0.73
6	0.55	0.62	1.26	0.23	0.66	0.56
7	0.92	1.05*	1.31	0.44	0.79	0.73
8	1.02*	0.98*	n.d.	0.58*	0.74	0.77
9	1.08*	0.79	n.d.	0.61*	0.98*	0.90*
10	1.05*	0.97*	1.35	0.57*	0.74	0.86*
11	1.02*	0.84	1.57*	0.60*	0.96*	1.00*
12	0.91	1.20*	1.35*	0.63*	0.64	0.79
13	0.79	0.85	1.16	0.29	0.84*	0.63
14	0.96*	0.88	1.57*	0.51	0.39	0.84*
15	0.94	0.89	1.66*	0.35	0.70	0.71
16	1.01*	0.78	1.10	0.44	0.50	0.69
17	0.89	1.11*	1.36*	0.54	0.83*	0.67
Uninoculated plant	0.64	0.41	0.92	0.25	0.21	0.62
Nitrate-amended plant	0.74	0.72	1.03	0.30	0.63	0.56

* Treatments with significantly high dry wt at 95% confidence limit.

n.d. = not determined.

Each value is a mean of 4 replications.

giving an average dry weight of 1.07 g compared to 0.4 g of the uninoculated plant. However, most of the strains did not nodulate lima bean, and the reason for this ineffectiveness is not known. Only strains, 1, 2, 3, 11, and 12 were found to be fairly effective with lima bean. Despite the lack of nodules both the unresponsive and the uninoculated lima beans grew luxuriantly, suggesting a minimal nitrogen requirement by this legume.

In pigeon pea only five strains, namely 8, 9, 10, 11, and 12 produced significantly high plant dry matter with 100% increase in yield when compared with the nitrate amended plant. The five strains that were effective on winged bean, 5, 9, 11, 13 and 17, gave significantly high dry matter yield, ranging from 0.82 g to 0.98 g per plant, whereas the uninoculated winged bean yielded 0.21 g. As shown in Table 1, strains 1, 9, 10, 11, and 14 were very effective on groundnut while the remaining strains were only fairly effective or ineffective.

On the whole, sixteen and fifteen out of the seventeen strains effectively nodulated cowpea TVU 201

and cowpea TVU 1190, respectively, while only five strains each were effective against lima bean and groundnut and thirteen strains each nodulated pigeon pea and winged bean. It should be noted that all the nodulated legumes gave considerably higher yields than either the uninoculated or the nitrate amended plants, suggesting good response of the legumes to rhizobial inoculation.

Field investigation: The chemical characteristics of the 20 subplots are shown in Table 2. The pH values ranged from 5.2 to 6.1 and since an average pH of 5.5 is required for efficient nodulation in cowpea and groundnut (5), it could be assumed that the pH values of the subplots were favourable for rhizobial survival and infectivity. Except for the phosphorus and calcium concentrations, which varied significantly at the 5% level, the other chemical parameters did not exhibit significant variations from subplot to subplot. However, it could not be assessed whether or not these soil properties influenced rhizobia infectivity and effectiveness in the various subplots.

Table 2. The pH, % organic carbon and nitrogen, and the concentrations of phosphorus, calcium, magnesium, manganese, potassium and sodium of the soil samples taken from the 20 subplots.

Treatments	Sub-plots	pH	organic C %	N %	P ppm	Cations (ppm)				
						Ca	Mg	Mn	K	Na
1	12	5.9	1.61	0.23	8.7	885	209	21	105	14
2	20	5.4	1.37	0.20	7.2	570	195	35	90	16
3	10	6.1	1.37	0.21	21.8	870	225	10	150	14
4	16	5.4	1.62	0.27	9.8	750	222	19	135	16
5	8	5.3	1.52	0.20	8.3	675	180	30	150	14
6	18	5.6	1.00	0.14	7.8	375	105	16	105	10
7	1	5.6	1.14	0.16	5.0	510	176	18	90	11
8	5	5.4	1.44	0.21	12.9	900	218	32	150	16
9	2	5.8	1.44	0.22	28.2	1200	240	10	150	19
10	13	5.9	1.39	0.18	6.0	615	147	13	120	12
11	17	5.3	1.52	0.25	9.2	750	228	47	105	21
12	6	5.6	1.00	0.11	4.2	300	165	48	210	24
13	14	5.4	1.61	0.22	8.2	825	230	23	120	16
14	11	6.0	1.37	0.18	8.0	645	173	23	150	12
15	3	5.7	1.76	0.26	18.8	1350	249	17	165	21
16	19	5.2	1.07	0.21	7.4	585	146	41	105	18
17	9	5.3	1.61	0.22	5.3	885	194	17	120	17
18	4	5.5	1.44	0.21	6.0	630	159	30	120	15
19	7	5.4	1.44	0.21	12.9	510	168	75	120	16
20	15	5.2	1.61	0.25	7.8	585	207	51	135	17
Mean		5.55	1.42	0.21	10.18	721	192	29	130	16
Standard deviation		0.27	0.22	0.13	6.13	252	37	17	29	3

None of the seventeen strains was effective on lima bean while groundnut had small but numerous nodules. On the basis of nodule dry weights, cowpea TVU 201 seemed to be most responsive to rhizobial inoculation, followed by cowpea TVU 1190, and to a lesser extent by winged bean, groundnut, and pigeon pea (Table 3). As observed already, under greenhouse conditions, lima bean which did not form nodules did not exhibit any symptoms of nitrogen deficiency, strongly suggesting again, a low nitrogen requirement by this plant. Pigeon pea was found to be less responsive to inoculation in the field than in the greenhouse, whereas the reverse was the case for groundnut, which on basis of nodule number gave a better response to inoculation in the field than the other cultivars tested.

The average dry weight and the total nitrogen content of the various legumes (except the unresponsive lima bean) are depicted in Tables 4 and 5. It can be observed from both Tables that the plant dry weights generally correlated with their nitrogen contents, as most of the treatments that gave

significantly high dry matter yields also fixed significantly substantial amounts of nitrogen. Most of the strains were very effective on cowpea TVU 201, cowpea TVU 1190, and groundnut in terms of nitrogen fixation. At 5% level, there were significant differences in the nitrogen content of each of the legumes due to treatment effects, but it is also significant to note that these differences in both the plant's nitrogen content and the dry weight are well correlated with the results of the greenhouse studies.

Expectedly all the legumes responded more to 142.8 kg than to 71.4 kg of the fertilizer. However, winged bean was particularly responsive to nitrogen fertilization as an amendment of this legume with 142.8 kg of $\text{NH}_4\text{NO}_3/\text{ha}/\text{wk}$ resulting in 4.49 g of dry matter yield and 161.6 mg N/plant, which were higher than the yields obtained when the plant was treated with any of the seventeen inoculants (Tables 4 & 5). The other legumes seemed to be more responsive to rhizobial than to nitrogen fertilization, with the exception of lima bean.

Table 3. Dry wt of nodules of 6 legumes inoculated with 17 strains of Cowpea *Rhizobium* on a field plot.

<i>Rhizobium</i> Strain No.	Dry wt of nodules, mg/plant					
	TVU 201	TVU 1190	Lima bean	Pigeon pea	Winged bean	Groundnut
1	8.6	20.5*	0	1.4	27.3	17.5
2	4.8	22.0*	0	1.9	52.5*	12.7
3	19.1*	4.9	0	0	14.6	17.7
4	10.8	5.9	0	1.5	26.3	3.0
5	15.8	17.6	0	3.2	51.1*	16.9*
6	6.8	14.0	0	4.1	13.2	8.9
7	16.2*	12.4	0	0	51.2*	19.6*
8	110.5*	115.5*	0	2.1	30.9	10.9*
9	330.6*	6.5	0	5.7*	63.8*	13.9*
10	20.4*	16.2	0	0	3.7	14.1*
11	2.7	1.3	0	3.5	34.9	10.8*
12	22.2*	5.2	0	1.8	30.7	9.7
13	8.8	5.1	0	1.3	33.0	7.5
14	4.7	14.1	0	5.3	31.8	1.5
15	63.0*	6.8	0	7.1	84.8*	14.8*
16	8.6	7.6	0	0	9.0	5.6
17	1.3	8.7	0	1.6	30.5	10.7*
Uninoculated plant	0	0	0	0	6.1	5.7
N - Level 1	2.7	1.5	0	0	4.4	1.9
N - Level 2	0	0	0	0	1.7	3.6

* Treatments with significantly high nodule wt at 95% confidence limit

Each value is a mean of 4 replications.

Table 4. Dry wt of the inoculated, uninoculated, and nitrate-amended legumes grown on a field plot.

<i>Rhizobium</i> Strain No.	Dry wt of plants, g/plant				
	TVU 201	TVU 1190	Pigeon pea	Winged bean	Groundnut
1	7.00	8.54	1.83	3.06*	12.50*
2	9.51	8.00	3.61	2.96*	13.75*
3	19.13*	10.50	1.59	1.81	10.23
4	11.32	14.02*	3.08	2.86	8.17
5	10.64	11.98	1.63	2.90	12.02
6	9.20	8.45	3.33	1.80	7.01
7	18.00*	10.88	3.22	1.91	13.78*
8	15.89*	16.18*	5.79*	1.83	11.58
9	24.83*	16.52*	6.50*	3.53*	11.51
10	6.66	10.29	2.92	2.11	13.48*
11	9.68	15.69*	1.57	2.88	15.52*
12	10.60	14.77*	0.91	2.22	3.96
13	12.42	12.91	2.14	2.57	8.11
14	6.66	16.55*	2.31	3.74*	14.76*
15	19.05*	16.41*	3.75	2.75	14.29*
16	8.13	7.56	1.68	1.24	11.36
17	9.31	11.80	7.31*	1.62	12.50*
Uninoculated plant	6.55	8.14	1.47	1.87	5.96
N - Level 1	9.70	8.52	4.17*	2.11	8.64
N - Level 2	10.83	13.51*	4.31*	4.49*	11.12

* Treatments with significantly high dry wt at 95% confidence limit.

Each value is a mean of 4 replications.

Discussion

Under greenhouse conditions strains 2, 4, and 12 nodulated all legumes except groundnut while strains 5, 8, and 9 were also effective on all the cultivars except lima bean; but strain 11 formed nodules on all the six legumes. In the field, strains, 5, 6, 8, 9, 14, and 15 were effective against all the legumes except lima bean. The lack of response of lima bean to any of the seventeen strains of cowpea *Rhizobium* under both greenhouse and field conditions suggests that lima bean may not belong to the same cross-inoculation group with the other legumes under investigation even though lima bean (*Phaseolus lunatus*) is included in the cowpea cross-inoculation group (6), a group that obviously requires better delineation. This lack of response by lima bean also suggests that this legume is not genetically or otherwise very closely related to the other readily nodulated plants.

It is to be noted that groundnut responded better to inoculation in the field than in the greenhouse, though the reason for this observation is not clear.

However, the tremendous interplay of biological and chemical factors within the soil might enhance the processes of infectivity and nodulation. In addition, native rhizobia might play some role in the effectiveness of groundnut under field conditions as some of the uninoculated plants bore a few tiny nodules.

Cowpea *Rhizobium* strain 11 was found to be most promiscuous in the sand culture as it nodulated all the six legumes producing big effective nodules. However, this strain was less effective or promiscuous in the field as it fixed relatively substantial amount of nitrogen only in cowpea TVU 1190 and groundnut (cf Tables 1, 4 and 5). The comparatively poor performance of this strain in the field vis-a-vis the greenhouse might be due to poor competitive capacity in the highly heterogeneous soil.

On the basis of similar positive response to the various cowpea *Rhizobium* strains there seemed to be some kinship among cowpea TVU 201, cowpea TVU 1190, pigeon pea, winged bean, and groundnut, but the kinship was more pronounced between the

Table 5. Nitrogen content of the inoculated, uninoculated and nitrate-amended legumes grown on a field plot.

<i>Rhizobium</i> Strain No.	N content of plants, mg/plant				
	TVU 201	TVU 1190	Pigeon pea	Winged bean	Groundnut
1	218.4	193.9	53.1	95.2*	200.0
2	298.6	320.5	84.5	82.6	459.3*
3	645.1*	217.4	38.0	46.7	288.5
4	204.9	321.1	78.8	68.1	267.2
5	299.0	346.2	40.1	71.3	264.4
6	222.6	272.9	80.3	56.3	185.8
7	586.8*	312.3	63.4	64.4	424.4*
8	311.4	430.4*	145.3*	53.1	334.6
9	387.3*	419.6*	144.3*	94.3*	254.4
10	145.2	355.0	66.9	55.1	393.6*
11	211.5	478.5*	37.8	71.1	487.3*
12	243.8	281.6	11.7	72.6	118.8
13	280.7	488.0*	47.9	87.1	224.6
14	219.1	369.1	89.4	115.6*	354.2*
15	339.1	359.4	121.9*	76.6	344.4
16	222.8	174.6	53.6	51.2	311.3
17	216.9	220.7	206.9*	45.4	351.3*
Uninoculated Plant	231.3	159.5	41.3	53.9	155.0
N - Level 1	183.3	196.8	126.8*	90.1*	285.1
N - Level 2	255.6	556.9*	133.2*	161.6*	315.8

* Treatments with significantly high N content at 95% confidence limit.

two cowpea cultivars, probably due to the initial isolation of all the strains from cowpea plants.

A careful scrutiny of Tables 1, 4, and 5 shows cowpea *Rhizobium* strains 8, 9, 11, and 15 as the most consistently effective and promiscuous bacteria both in the greenhouse and in the field. For instance, in the field, strain 9 produced an increase of about 320% in the dry weight of cowpea TVU 201, while strain 11 increased nitrogen fixation by 200% in cowpea TVU 1190, when compared with the uninoculated plants. In the greenhouse, strain 11 enhanced the dry matter yields of cowpea TVU 201, cowpea TVU 1190, lima bean, pigeon pea, winged bean and groundnut by 60%, 100%, 70%, 140%, 370%, and 61% respectively over the yields of the uninoculated legumes (Table 1). Similarly, the use of cowpea *Rhizobium* strain 9 as an inoculant in the field boosted nitrogen fixation in cowpea TVU 201, TVU 1190, pigeon pea, winged bean, and groundnut by 66%, 163%, 251%, 74%, and 64% respectively (Table 5). These strains could therefore be subjected to further greenhouse and field studies with a view to using them eventually for producing commercial rhizobial inoculants in order to boost nitrogen fixation by food legumes in the humid tropics.

Literature cited

- HARDY, R. W. F., BURNS, R. C., and PARSHALL, G. W. *Advances in Chemistry Series No. 100, 219-247.* American Chemical Society, Washington, D. C. 1971.
- NUTMAN, P. S. *Biological Review, 31:109.* 1956.
- VINCENT, J. M. *A manual for the practical study of root-nodule bacteria.* Blackwell Scientific Publications, Oxford. 1970.
- JUO, A. S. R. *Selected methods for soil and plant analysis. Manual Series No. 1, 11-12.* International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan. 1978.
- MUNNS, D. N., FOX, R. L., and KOCH, B. L. *Influence of lime on nitrogen fixation by tropical and temperate legumes. Plant and Soil, 46:591-601.* 1977.
- ALEXANDER, M. *Introduction to soil microbiology. 2nd Ed., John Wiley & Sons, New York.* 1977.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA*

Febrero de 1981

En virtud de que el IICA ha adoptado el Sistema Internacional de Unidades, nos permitimos anotar a continuación para los autores y colaboradores de las Revistas Turrialba y DRELA, así como para otras series de publicaciones del Instituto, las siguientes reglas principales.

En 1960, la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) y la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) decidieron por unanimidad en París, sede del BIPM, crear un sistema internacional de unidades de pesas y medidas (SIU). En 1975 había ya 44 países miembros del BIPM cuya tarea principal es asegurar la unificación mundial en torno del SIU. Hoy día los Estados Unidos de América e Inglaterra han adoptado también el uso del SIU.

Por ejemplo, el kilogramo es unidad de masa, y ya no de peso; el recurso al concepto de peso queda abolido, pues corresponde en realidad a la fuerza de atracción debida a la gravedad, y, por lo tanto, los cuerpos en el espacio interplanetario no tienen peso, pero sí conservan su masa. La unidad de fuerza es el newton (N), que corresponde a la necesaria para producir una aceleración de un metro por segundo sobre una masa de un kilogramo. La unidad de presión o esfuerzo es el pascal (Pa) y equivale a la noción abolida de kilogramos (fuerza) por centímetro cuadrado: $9\ 806\ 650\ \text{kg (fuerza)/m}^2 = 1\ \text{Pa}$.

Reglas principales para la consignación de las unidades SI

1. No se usan las mayúsculas en los nombres de unidades. Única excepción: grados Celsius.
2. Los símbolos no se escriben con mayúsculas. Excepciones: los derivados de nombres de personas.
3. Los prefijos métricos no se escriben con mayúsculas. Excepciones: tera T, giga G, mega M.
4. Los símbolos se escriben siempre igual, sean singular o plural, ej.: 5 mm, no 5 mms.
5. Cuando se escriben los nombres de unidades completos, se pluralizan normalmente, ej.: 10 kilogramos, 55 hectáreas.
6. No se usan los prefijos solos, sino acompañados de la unidad, ej.: 15 megawatts, no 15 megas.
7. No se usa el punto después del símbolo (24 m, no 24 m.), excepto al final de un párrafo.
8. Siempre se deja un espacio entre el número y el símbolo o unidad, ej.: 10 cm, no 10cm.
9. No se usan comas ni puntos para separar números largos; se deben separar de tres en tres. El punto marca el principio de la fracción decimal, ej.: 1 000 005.34, 30 000 y no 1,000,005.34 ó 30,000.
10. Siempre se coloca un cero a la izquierda del punto decimal, ej.: 0.77 y no .77.
11. Cuando se expresan unidades compuestas como kilómetros por hora, se usa la diagonal, ej.: 78 km/h, 50 m/s. Si se trata de newton metros se usa el punto, ej.: 5 N.m.

IDENTIFICACION DE PROGENIES Y PROGENITORES POR EL ANALISIS DEL NUMERO CROMOSOMICO EN *Saccharum*¹ /

ADELAIDA BARRETO*
JEAN-PIERRE SIMON**

Abstract

The chromosome numbers of Saccharum species were analyzed, and in some cases they were found to be consistent with previous reports. In other cases, a wider range of variation was found.

In the study of simple hybrids, an intraclonal variation was found for C. P. 36-138, and the self-fertilization of the same variety, My 53205, had a chromosome reduction typical of hybrid offspring. This produces a marked aneuploid in the Saccharum genus. In My 53205, the phenomenon of chromosome mosaic was also observed for a single bud similar to the case of clone 28 NG 201, reported under the S. edule species.

The complex hybrids P. O. J. 2878 and P. O. J. 2725 had a range of variation similar to that of other references. Co. 281 had a very stable chromosome number. The intraclonal variation of these hybrids is minimum.

Aneuploids and somatic instability should be evaluation factors in cytogenetic studies for clarifying the origin of hybrids obtained in plant breeding programs.

Introducción

El género *Saccharum* comprende cinco especies poliploides complejas, con un número cromosómico básico posible de $X = 10$ Stevenson, (27). Los clones comerciales de la caña de azúcar son derivados de las combinaciones de germoplasma de las especies *Saccharum officinarum*, *S. spontaneum*, *S. robustum*, *S. sinense*, y *S. barberi*.

S. officinarum está siempre incluida en los cruzamientos de un programa de nobilitación; según sea la complejidad de la variedad comercial, una o más especies adicionales aportan también sus características al híbrido. Los clones comerciales de carácter híbrido poseen números cromosómicos que, generalmente, oscilan entre $2n = 100-140$ Price (21), Stevenson (27); Lewis (11).

Salvo algunas excepciones, todas las variedades de *S. officinarum* analizadas poseen un número cromosómico de $2n = 80$, y la especie se considera un octoploide Price (17); Stevenson (27); Jagathesan (10).

La mayoría de los clones estudiados de *S. robustum* posee un número cromosómico de $2n = 60$ y $2n = 80$, y las excepciones, con números somáticos que varían entre $2n = 63 - ca. 200$, se consideran aneuploides producto de los cruzamientos interespecíficos de *S. robustum* con otras especies del género Price (20).

¹ Recibido para publicación el 10 de agosto de 1980. Los autores agradecen la colaboración de Celia Vera, en el desarrollo práctico de esta investigación y al Ing. Mario Amador por facilitarnos el material de la Estación Experimental de Tapaste. Habana, Cuba.

* División de Caña de Azúcar. Instituto de Ciencia Agrícola. Habana, Cuba.

** Department de Sciences Biologiques. Université de Montréal 90, Vincent d'Indy Montréal, Québec Canada H3C 3J7. Present address: Dr. Jean-Pierre Simon. Department of Botany & Phytotron Duke University, Durham, North Carolina 27706. USA.

La distribución geográfica de *S. spontaneum* es muy amplia y abarca una zona de distribución que comprende Africa, el Medio Oriente, el Sub-continente Indio y el Sureste de Asia. Esta especie posee la mayor variación morfológica consignada para el género y su citología es muy compleja; los siguientes números cromosómicos han sido observados para *S. spontaneum*, $2n = 40, 54, 56, 60, 64, 80, 96, 194, 112, 120$ y 128 . Existe una correlación entre la posición geográfica de los clones y sus números cromosómicos. Los números bajos se encuentran en clones de regiones localizadas más hacia el Noroeste, mientras que los más elevados son hallados en Sumatra ($2n = 104$) y Java ($2n = 112-128$).

Las especies *S. barberi* y *S. sinense* son originarias del norte de la India y de China, y algunos autores agrupan los clones pertenecientes a ambas bajo una sola especie, como Stevenson, (27), a pesar de que ha sido señalada una variación cromosómica de $2n = 8-124$ para *S. barberi* y de $2n = 116-118$ para *S. sinensi* Stevenson (27).

Aunque algunos autores no consideran a *S. edule* como una especie válida Stevenson (27); Grassl (6), este taxón tiene un número cromosómico variable de $2n = 70-81$. Según estudios realizados por Roach (25), fueron halladas formas de $2n = 60, 70$ y 80 cromosomas, en clones de esta especie lo cual sugiere que *S. edule* debe constar de una serie poliploide relativamente simple con aneuploides ocasionales. Esta "especie" es originaria de Nueva Guinea y es considerada como un producto de cruzamientos intergenéricos, que involucran a *S. robustum*, cuyo centro de distribución geográfica es común.

Además de la complejidad incorporada en variedades comerciales por la interacción de varios genomas de las especies mencionadas, ocurren tres fenómenos adicionales que tienen un efecto muy marcado en la citogenética de estas variedades.

El primer fenómeno ocurre en cruzamientos en los que *S. spontaneum* se utiliza como progenitor masculino, y *S. officinarum* como progenitor femenino.

Las progenies producidas en estos cruzamientos poseen, en su mayoría, un número cromosómico que corresponde a $2n + n$, recibiendo el complemento somático total de *S. officinarum*. Este fenómeno también ocurre, aunque no en todos los casos, en cruzamientos de *S. officinarum* como hembra y *S. sinensi* o *S. barberi* como progenitores machos Stevenson (27); Price (8); Jagathesan (10).

El segundo fenómeno, que también influye en la heterogeneidad de los números cromosómicos encontrados en híbridos comerciales, es la presencia de aneuploidia mediante la cual las progenies resultantes no poseen el complemento cromosómico parental $n + n$. Los híbridos tienen un número cromosómico mayor o menor que el esperado y la desviación puede alcanzar, en algunos casos, de 10-15 cromosomas Price (23).

Debido al gran número de cromosomas y al tamaño reducido de éstos, los estudios citogenéticos en *Saccharum* son de difícil evaluación. Las variaciones observadas en el número cromosómico de una misma variedad o clon, posiblemente se deban a la dificultad de poder contar con precisión los cromosomas de una célula.

Investigadores como Price, que dominan las técnicas de citología, han analizado exhaustivamente el género desde el punto de vista citológico por numerosos años, y consignan varios rangos en el número cromosómico de diversas variedades comerciales de caña. Esto sugiere variaciones posibles en el número de cromosomas de células pertenecientes a una misma planta o tejido.

La ocurrencia de este fenómeno de mosaico cromosómico ha sido observado en *Saccharum* por Heinz y Mee (7). Estos investigadores informaron de la presencia de un alto grado de variación en el número cromosómico de células de clones que se han mantenido en cultivo, en suspensión, por períodos de 6 años. Recientemente, Nair (13) encontró variación en el número cromosómico al nivel de una sola planta, en una serie de variedades típicas y atípicas de *S. officinarum* desarrolladas bajo condiciones de campo.

En esta investigación se informa de los números cromosómicos y el rango de variación encontrados en algunos clones de especies de *Saccharum* conjuntamente al análisis de algunos híbridos simples y complejos, en que los últimos han sido usados como progenitores en los programas de mejoramiento en Cuba.

El alto grado de poliploidia de la caña de azúcar no permite la utilización de marcadores genéticos morfológicos para reconocer el carácter híbrido de las progenies. Otros métodos deben ser evaluados para su posible uso en la identificación de progenies híbridas. El presente estudio evalúa las técnicas citogenéticas y forma parte de un programa de investigación que abarca también un estudio de marcadores bioquímicos (isoenzimas) con vistas a la aplicación de un método más preciso para el reconocimiento del origen de los híbridos obtenidos en un programa de mejoramiento.

Materiales y métodos

El material estudiado comprendió 13 variedades, ocho de ellas representantes de cuatro especies del género *Saccharum*, un híbrido simple, uno de autofecundación y tres híbridos complejos, dos de los cuales han sido utilizados en los programas de cruzamiento como progenitores adecuados para crear nuevos híbridos comerciales.

Los trozos de caña de una sola yema se obtuvieron de parcelas sembradas para este propósito en el Instituto de Ciencia Agrícola (INCA). Se pusieron a germinar en bandejas con agua corriente, envueltos los trozos de una misma variedad en papel absorbente, a una temperatura ambiente (26-30°C) por 4 ó 5 días, hasta que las yemas alcanzaran el tamaño adecuado de aproximadamente 1.5 a 2 cm.

Las yemas fueron separadas, cortadas longitudinalmente del ápice a la base, y sometidas al pretratamiento. Se probaron técnicas diferentes y se aplicaron pretratamientos de bromonaphthaleno, para-di-cloro-benceno; 8-oxi-quinolina, y colchicina a distintas concentraciones, variando el tiempo de duración de los mismos.

El pretratamiento más eficaz fue el de colchicina al 0.4%. Las yemas de las distintas variedades fueron envueltas en una gasa fina e introducidas en el recipiente con colchicina, donde se teñían por tres y media horas a 25°C, y se sometieron a una aereación continua por medio de burbujeo, proceso de oxigenación que favorece la mitosis Price (19).

Después que el material era pretratado se fijaba con Carnoy frío, 6: 3: 1 (alcohol: cloroformo: ac. acético), donde se dejaba por 24 horas. La tinción era realizada después de una hidrólisis de 5 minutos en IN HCl a 60°C. Las yemas se introducían en Schiff hasta que tenían la coloración característica. De cada yema se obtenía el tejido meristemático más joven, se teñía con aceto carmín, se hacía el squash y la preparación era analizada al microscopio (Leitz Ortholux, objetivo NPL; X = 100 (inmersión), ocular NPL, X = 10).

Las mejores preparaciones, donde se conservaban los cromosomas dentro de su membrana celular, o aquellas donde no había mezcla posible de cromosomas de otra células vecinas, fueron fotografiadas por medio del aparato automático Leitz AUTOMAT, incorporado al microscopio LEITZ. Se usaron filmes negativos Panatomic X y las ampliaciones fueron hechas en papel Policontrast G, empleando el filtro Policontrast No. 4 de coloración, para corrección del contraste.

Resultados y discusión

A) Números cromosómicos de especies de *Saccharum*

Fueron analizados ocho clones pertenecientes en total a cuatro especies de *Saccharum*: *S. officinarum*, *S. robustum*, *S. sinense* y *S. edule*. La relación de los números cromosómicos para los clones está indicada en el Cuadro I.

Para *S. officinarum* var. Cristalina, el número cromosómico encontrado en este estudio coincide con el consignado anteriormente por Price (17, 23). Las células analizadas para esta variedad dieron $2n = 80$ y, en este sentido, la variedad Cristalina es representante típica de la especie.

Para los dos clones de *S. robustum*, 28 NG251 y 51 NG28, se encontró variaciones intraclonales. El rango de variación en las cinco células del clon 28 NG251 oscila entre $2n = 64-77$. Para este clon, Price (18), observó un número de $2n = 80$. El clon 28 NG251 fue el primer clon de *S. robustum* estudiado citológicamente y cuyo origen geográfico es bien conocido Stevenson (27). Grassl (6), fue el primero en utilizar este clon como tipo de la especie *S. robustum*. Para la variedad 51 NG28, la variación intraclonal encontrada en el presente estudio es aún mayor. Se observaron células analizables con un rango de $2n = 91$ a $2n = 146$. Para este clon, Price (21), informó de un número cromosómico aproximado de $2n = 156$.

El número elevado de cromosomas del clon 51 NG28 ha sido atribuido por Daniels *et al.* (5) al hecho de que este material es posiblemente el resultado de un cruzamiento intergenérico *Saccharum* x *Miscanthus*. La gran variación en el número cromosómico puede ser debido al origen híbrido intergenérico ya que es común que existan anomalías durante la meiosis, particularmente durante la separación cromosómica hacia la anafase, en tales cruzamientos.

De los cuatro clones de la especie *S. sinense*, tres de ellos poseen números cromosómicos similares a aquellos encontrados por otros investigadores, Li y Price (12); Cuadro 1). Sin embargo, para la variedad Katha, en el presente estudio fueron encontradas 5 células perfectamente analizables con el mismo número cromosómico de $2n = 75$ y sólo una célula con $2n = 92$. En este caso, la coincidencia de cinco células con el mismo número cromosómico de $2n = 75$, no debe ser subestimada.

Cuadro 1. Origen y números cromosómicos de cuatro especies de *Saccharum*.

Especies y clones	Números cromosómicos (2n)		
	Otros autores	Consignado en este trabajo	
<i>S. officinarum</i> CRISTALINA	80 ¹	80	Desconocido
<i>S. robustum</i> *			
28NG 251	80 ²	64-77	Port Moresby N. G.
51 NG 28	ca. 156 ² 156-159 ²	91-146	Nueva Guinea
<i>S. sinense</i> *			
Agaul	117 ⁵	117-118	Uttar Pradesh
Uba	ca. 116 ⁵ 123 ⁴	118-124	Desconocido
Katha	ca. 90 ³	75-(92)	Punjab, India
Chunnee	91 ³	91	Uttar Pradesh
<i>S. edule</i>			
28 NG 201	79-81 ³	56-74	Islas Fiji

* Se agrupa los cuatro clones bajo la especie *S. sinense* siguiendo la sugerencia de Artschwager (1).

+ Price (17), reportó 2n = 63-ca 200 para esta especie.

1 Price (17, 23); ²Price (21); ³Price y Daniels (24)

4 Li y Price (2); ⁵Bremer (2).

La citogenética de *S. edule* es muy poco conocida, y esta especie es considerada como una forma de *S. robustum* por sus semejanzas morfológicas. Algunos clones de las Islas Fiji poseen 2n = 70, lo que ha llevado a Price y a Daniels (24) a postular la posibilidad de que estos clones sean híbridos resultantes de un cruzamiento intergenérico entre *S. officinarum* (2n = 80) y *Erianthus maximus* (2n = 60). El clon 28 NG201 ha sido señalado por Price y Daniels (24) como poseedor de un número cromosómico de 2n = 79-81, pero en el presente trabajo se observó un rango de variabilidad de 2n = 56-74, con la mayor frecuencia de células registradas en la clase 55-60 (Figura 1). En esta variedad se ha podido observar que existe una variabilidad en el número de cromosomas en células de una misma yema, dándose casos de 2n = 44, 58, 68 y 2n = 58, 74 (Cuadro 4, Figura 1, 2).

Hay que recalcar que las células observadas fueron perfectamente analizables y que se tomó cuidado especial de seleccionar sólo aquéllas con membrana

celular. Esta precaución es importante, ya que la técnica del squash muchas veces elimina cromosomas del núcleo de una célula.

B) Análisis citológico de un híbrido simple

En el Cuadro 2 se informa de los números cromosómicos analizados en el cruce de la variedad Cristalina (*S. officinarum*) X 28 NG251 (*S. robustum*). El híbrido simple CP-36-138 ha sido señalado en la literatura con un número cromosómico de 2n = 112 Price (17). En vista del alto número cromosómico encontrado, Price (17), ha planteado ciertas dudas respecto al origen de este híbrido. En la ausencia de cualquier irregularidad cromosómica el híbrido debería poseer un complemento de 2n = 80, producto de un cruzamiento entre dos progenitores poseedores cada uno de 2n = 80. Las observaciones citológicas del presente estudio nuevamente indican una variación intraclonal para este híbrido. El rango observado oscila entre 2n = 105 y 2n = 117, y una

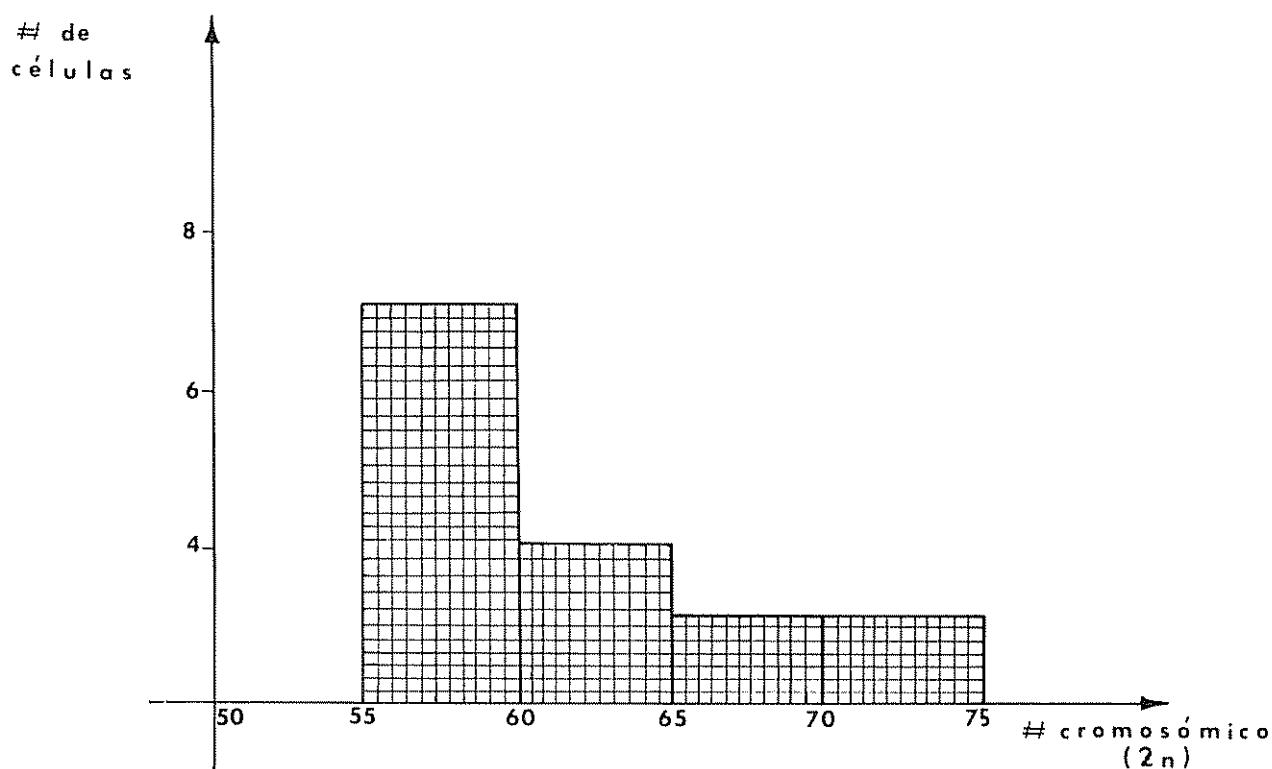


Fig 1 Rango de variabilidad en el número cromosómico del clon 28 NG 201 de *Saccharum edule*

de las células observadas coincide en el número cromosómico de $2n = 112$, indicado anteriormente. Sin embargo, y dada la preocupación existente con relación al origen híbrido de este clon, se puede plantear que los números observados no se alejan demasiado del consignado anteriormente en la literatura. Es de interés notar que, aunque la segregación $2n + n$ en cruzamientos de *S. officinarum* como progenitor materno y *S. robustum* no ha sido consignado, el número cromosómico de $2n = 112$ señalado para CP-36-138 podría provenir del cruzamiento

entre una variedad de *S. officinarum* ($2n = 80$) que haya aportado al híbrido su número somático y una forma de *S. robustum* de $2n = 64$. Este último número cromosómico es el indicado en el presente trabajo para el clon 28NG251.

Cuadro 2. Números cromosómicos de un híbrido simple y su progenitor.

Padres y progenie	Rango de variación
CRISTALINA	$2n = 80$
C. P. 36-138 (CRISTALINA x 28 NG 251)	$2n = 105-117$
MY 53205 (AUTOFECUNDACION DE C. P. 36-138)	$2n = \text{ca. } 107$
28 NG 251	$2n = 67-77$

En este estudio también se incluyó el clon My 53205, que es una autofecundación hecha en Cuba del híbrido simple CP-36-138. Las observaciones efectuadas indican una preponderancia de células con $2n = 107$ (Cuadro 4, Figura 3), lo cual implicaría una pérdida de cromosomas en relación con CP-36-138 (Figura 4).

En *Saccharum*, la aneuploidía es una característica proveniente de la autofecundación de las progenies híbridas. En éstas la meiosis es irregular y los univalentes pueden ser excluidos de los núcleos en la telofase. Como consecuencia, las progenies autofecundadas pueden mostrar mayor o menor número de cromosomas que el padre. En las progenies de autofecundación de la línea B-3337 ($2n = 118$) en Barbados, Stevenson (27), informa de una disminución del número de cromosomas con un rango de 118 a 106 cromosomas. El caso extremo es el hallado para las

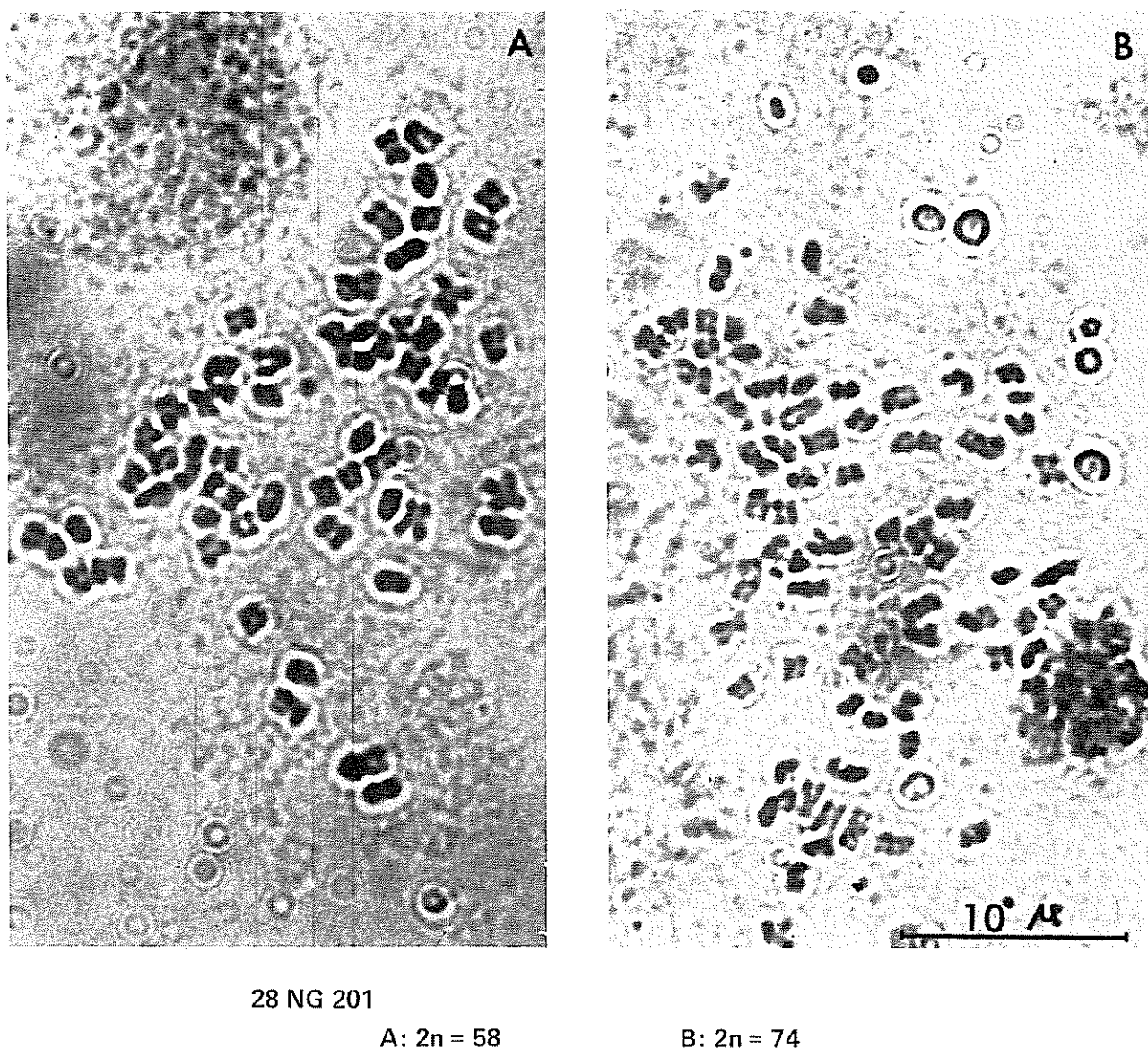


Fig. 2 Variación del número cromosómico en células de una misma yema en el clon 28 NG 201 de *S. edule*. Célula en metafase

progenies autofecundadas del híbrido interespecífico B-4362 ($2n = 118$), que disminuyeron en su número cromosomal a $2n = 87$ en líneas sucesivas de autofecundación.

El segundo fenómeno observado en la variedad My 53205 es el de inestabilidad cromosomal. Dos yemas de esta variedad proporcionaron células con diferentes números cromosomales. El rango, en este caso, es importante ya que oscila entre $2n = 43$ y

108, para una yema, y $2n = 60-107$ para la otra (Figura 4) (Cuadro 4, Figura 3). Nuevamente, se tuvo especial cuidado en seleccionar aquellas células que presentan la membrana celular más completa y que fuesen, al mismo tiempo, bien analizables. Se juzgó la posibilidad de que este rango sea debido a un efecto de endopoliploidia. Sin embargo, hay dos factores que hacen pensar que éste no es el caso. En primer lugar, la colchicina fue utilizada en el pretratamiento del material por un máximo de tres y media horas,

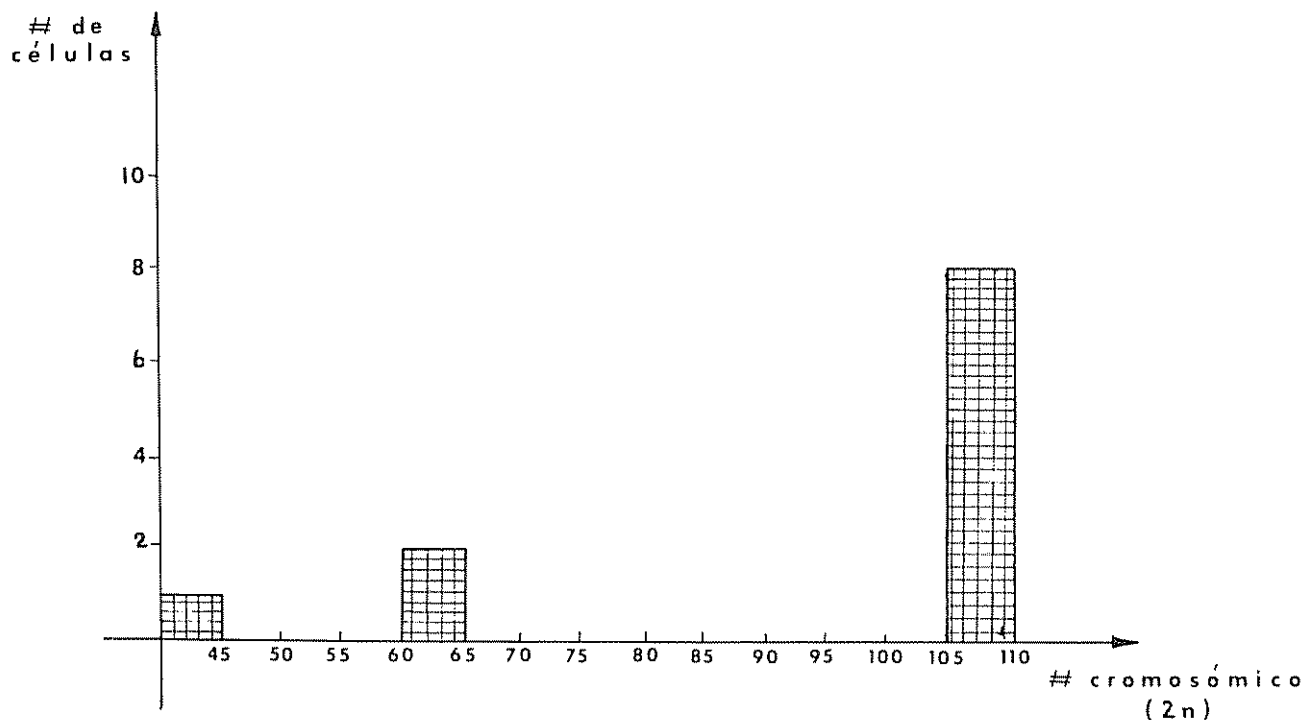


Fig. 3 Variación del número cromosómico del clon My 53205

tiempo claramente insuficiente para provocar la poliploidía de las células antes de fijarlas. El ciclo celular bajo estas condiciones es de mucha mayor duración. Más importante aún es notar que el número cromosómico mayor, encontrado en las dos yemas que presentan inestabilidad cromosomal, es de $2n = 108$, que es prácticamente igual que el hallado ($2n = 107$) para el resto del material estudiado y menor que para CP-36-138, el progenitor original. Si esta variación cromosómica fuese debida a un proceso de endomitosis producida por el efecto de la colchicina, los números cromosómicos elevados deberían ser del orden de más de 200 cromosomas por célula.

La presencia de un mosaico cromosómico ha sido hallado en numerosas plantas inferiores y superiores. En algunos géneros vasculares criptogámicos, por ejemplo en helechos de los géneros *Psilatium*, *Tmesipteris* y *Ophioglossum*, hay una variación cromosómica intraespecífica considerable, y las especies de *Pteris* y *Adiantum* poseen números cromosómicos variables en núcleos de la misma porción radial y también en esporocitos en el caso de *Pteris* Brown (3).

En las angiospermas existen también numerosos casos de variación cromosómica en células de la misma planta. El caso clásico es en la progenie del cruza-

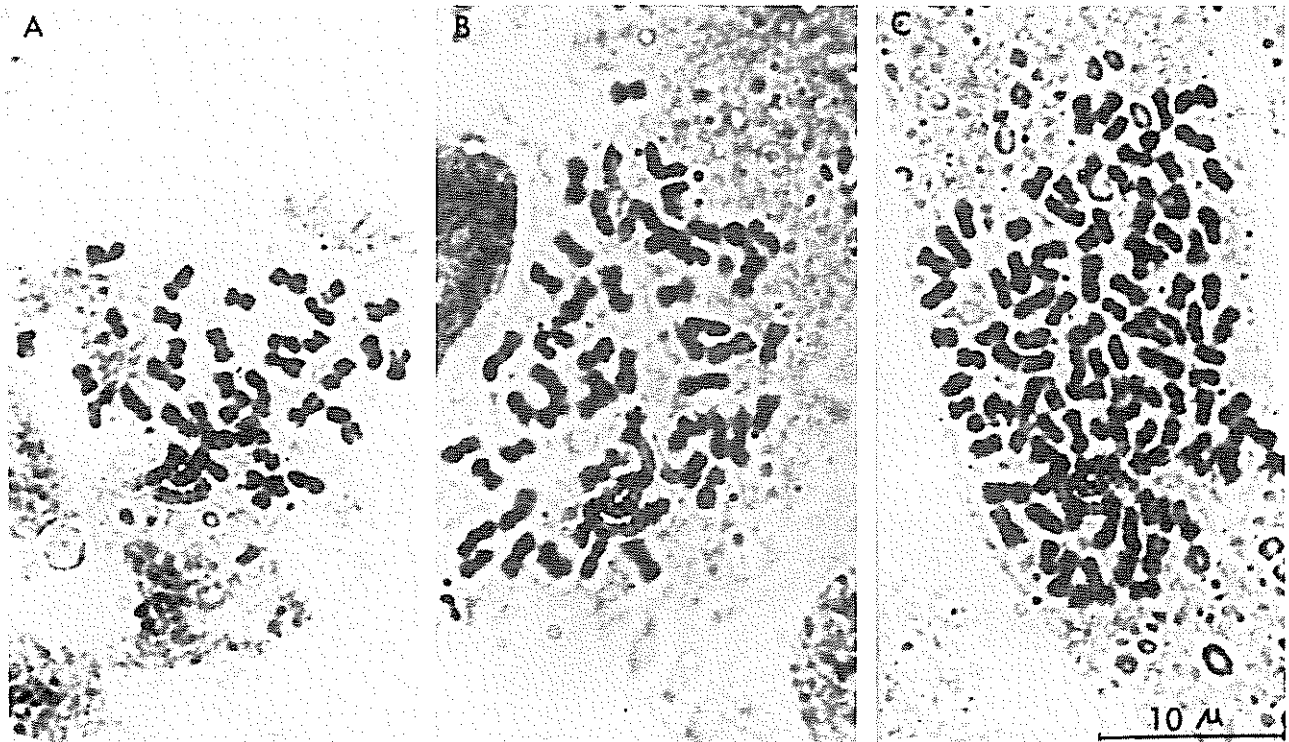
Cuadro 3. Números cromosómicos de híbridos complejos.

Padres y progenies	Rango de variación
P. O. J. 2364	$2n = 148^*$
P. O. J. 2878 (P. O. J. 2364 x E. K. 28)	$2n = 117-124$
E. K. 28	$2n = 80^*$
P. O. J. 2364	$2n = 148$
P. O. J. 2725 (P. O. J. 2364 x E. K. 28)	$2n = 92-108$
E. K. 28	$2n = 80^*$
P. O. J. 213	$2n = 124^*$
CO. 281 (P. O. J. 213 x CO. 206)	$2n = 115$
CO. 206	?

* Suzuki, (28); Price (19).

miento intergenérico *Agroelymus turneri* ($2n = 28$), un híbrido natural entre *Elymus inovatus* y una especie de *Agropyron*, probablemente *A. dasystachyum*. Los números cromosómicos varían entre las células meristemáticas de las raíces en todas las plantas de la progenie y el rango oscila entre 4 y 80 para un solo tejido radical según (Nielsen y Nath, (15). Casos similares han sido hallados en especies cultivadas de *Rubus*, *Aegilops* e híbridos de *Triticum*, así como en poblaciones naturales de *Epilobium*, *Dioscorea*, y otros. En la especie de Portulacaceae, *Claytonia virginica*, el número cromosómico varía entre plantas y dentro de la planta en un rango de $2n = 1-190$, tanto en su hábitat natural como en plantas que fueron trasplantadas a la ciudad de Nueva York Brown y Bortke (4); Brown (4) En todos los casos analizados, las plantas no podían diferenciarse por sus genotipos y además eran fértiles Lewis (11).

La presencia de un mosaico cromosómico ha sido consignada en *Saccharum* por Heinz *et al.* (8). Este fenómeno fue observado en células de yemas vegetativas y en microsporocitos de la variedad H. 50-7209. El rango del número cromosómico en células de yemas fue de $2n = 108-128$, mientras que la meiosis mostró una variación de 54II a 64II por microsporocitos Heinz *et al.* (8) sugieren que la variación del número cromosómico encontrada en algunas variedades comerciales de caña por Price (23) y otros, puede deberse al fenómeno de inestabilidad cromosómica en tejidos somáticos y no a errores de las observaciones citológicas atribuidas a dificultades de las técnicas. Las observaciones de este estudio indican que ésta es una posibilidad que debe ser tomada en cuenta, particularmente en el análisis de híbridos interespecíficos complejos. Es sintomático que el mosaico cromosómico observado en este



My 53205

A: $2n = 43$

B: $2n = 65$

C: $2n = 108$

Fig 4. Mosaicismo cromosómico al nivel de una yema en el clon My 53205. Célula en metafase.

trabajo sea característico de clones de procedencia híbrida. Por ejemplo, My 53205 es una autofecundación del clon CP-36-138 que, a su vez, es de dudosa procedencia y posiblemente de carácter más complejo que el consignado por Price (17). La variedad 28NG201 descrita como *S. edule* es, posiblemente, un híbrido intergenérico proveniente de cruzamientos entre formas de *Saccharum* con los géneros afines *Miscanthus* y *Erianthus*. El número cromosómico hallado para este clon es $2n = 79-81$ Price y Daniels (24), y el observado en el presente trabajo presenta un rango de variación de $2n = 56-74$, con diferencias cromosómicas a nivel de una yema. En investigaciones realizadas en variedades nobles de caña de azúcar, típicas y atípicas, se encontró variabilidad dentro de un mismo individuo con relación al número de cromosomas, observándose anomalías en el desarrollo del uso probablemente causadas por factores genéticos como en Triticales lo cual llevó a plantear esto como una causa posible del mosaico cromosómico en los clones estudiados de *S. officinarum*. Las diferencias halladas oscilan en un rango de 3 a 19 cromosomas.

Un reciente análisis de casos de inestabilidad cromosómica Brown (3), indica que este fenómeno ocurre predominantemente en plantas poliploides de números cromosómicos altos. Siendo posiblemente 10, el número cromosómico básico de *Saccharum*, todos los híbridos complejos de este género tienen repetidos, ocho o más veces, genomas muy similares, cuando no idénticos. Bajo las condiciones, la pérdida de varios cromosomas no afectará mayormente la sobrevivencia y duplicación de células aneuploides de un tejido que se desarrolla en condiciones de inestabilidad somática. Además, debido a que *Saccharum* se reproduce principalmente por vía vegetativa, la inestabilidad cromosómica no es tan importante para la distribución y expansión de los clones que sufren este fenómeno.

Cuadro 4. Clones que presenta mosaicos cromosomales en células somáticas de una yema.

Clones	Rango de variación en células de una yema
MY 53205	$2n = 43, 65, 108$ $2n = 60, 107$
20 NG 201	$2n = 58, 74$ $2n = 44, 58, 68$

No se conocen Brown (3), las causas genéticas y ambientales que producen el fenómeno del mosaico cromosómico y este factor es, quizás, el mayor obstáculo para poder predecir el comportamiento citogenético de clones híbridos en *Saccharum*.

C) Número cromosómico en híbridos complejos

Tres híbridos de derivación compleja fueron analizados en este trabajo (Cuadro 3). Los números cromosómicos de algunos de los progenitores, también de origen híbrido, han sido consignados por otros investigadores Price (19).

La variedad P. O. J. 2878, que se ha utilizado en el programa de mejoramiento en Cuba, tiene un número cromosómico de $2n = 117-124$. El número descrito anteriormente es de $2n = 117-121$ Price (19). Las observaciones efectuadas en el presente estudio corroboran bien las determinaciones para esta variedad.

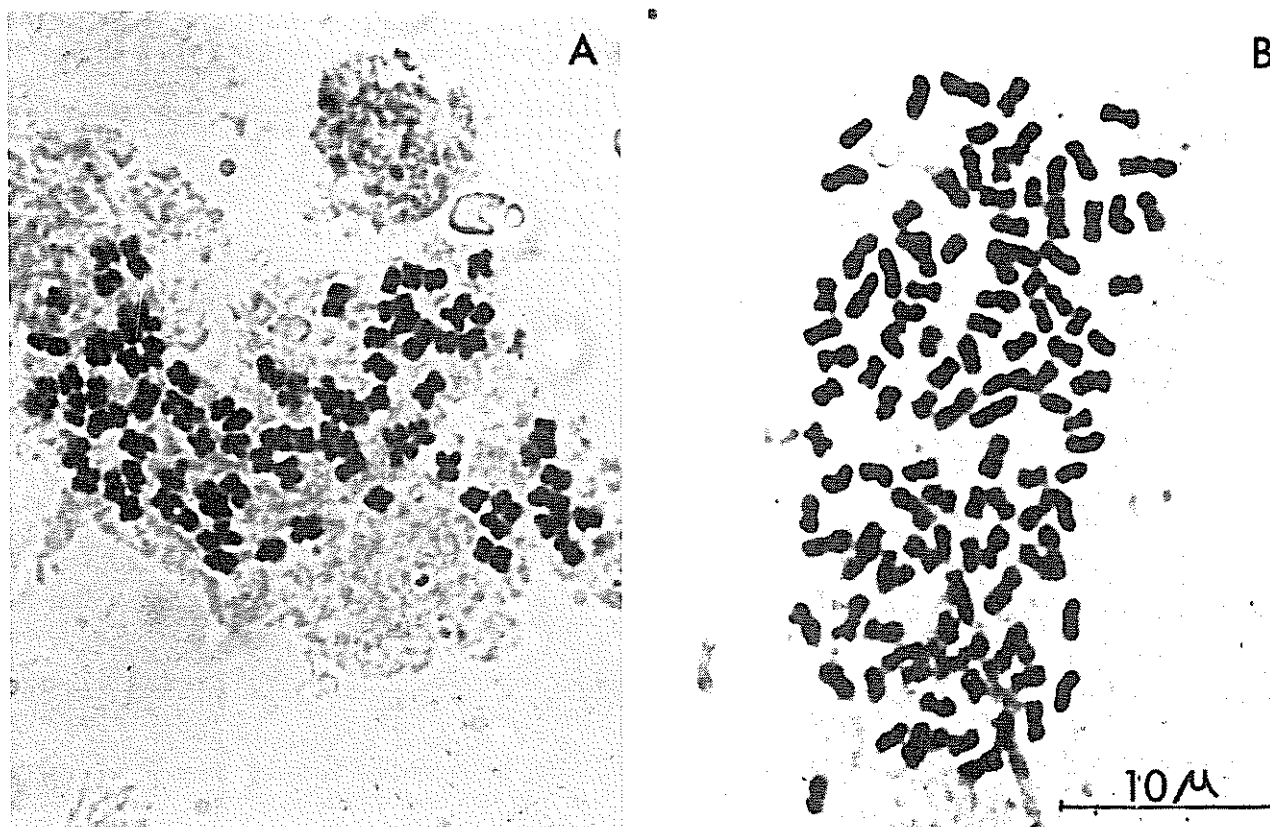
Es interesante notar que esta variedad conserva un número cromosómico que es algo superior a la suma de los complementos haploides de los padres; en este caso, la segregación meiótica irregular del híbrido posiblemente aportó un mayor número cromosómico a la variedad seleccionada.

Lo contrario ocurre con la variedad P. O. J. 2725, para la cual el número cromosómico encontrado da un rango de $2n = 104-107$, siendo este último número el hallado anteriormente por Price (19).

Esta variedad, cuyos progenitores son los mismos que para la variedad P. O. J. 2878, tiene un número cromosómico menor que el esperado, considerando la suma de los números haploides de los padres (Cuadro 3).

La variedad Co. 281 también ha sido utilizada en cruces en Cuba; se le describe como $2n = 115$ y es la variedad que ha proporcionado el mayor número de células con un número idéntico de cromosomas. Se considera que ésta es la primera cuantificación de cromosomas realizado para esta variedad, ya que no ha sido hallada ninguna referencia al respecto. Solamente se conoce el número cromosómico de uno de sus progenitores P. O. J. 213 con $2n = 124$. Esta variedad es, a su vez, un híbrido interespecífico entre *S. officinarum* ($2n = 80$) y *S. sinense* ($2n = 91$) (Figura 5).

Es importante notar que la variación intraclonal de cada uno de los híbridos complejos analizados es mínima. *A priori*, se esperaba una mayor inesta-

Chunnee: $2n = 91$ Co 281: $2n = 115$ Fig 5 Células en metafase de las variedades chunnee (*S. sinense*) y Co. 281, un híbrido complejo. Células en metafase.

bilidad cromosómica en vista de las irregularidades encontradas en híbridos supuestamente más simples. Al parecer, el fenómeno de inestabilidad somática es característico de algunas variedades y ello puede estar determinado por una interacción genotipo-medio ambiente.

En todo caso, los fenómenos de aneuploidia e inestabilidad somática tienen que ser evaluados en estudios citogenéticos que se programen para esclarecer el origen híbrido de variedades y clones obtenidos en programas de mejoramiento.

Es la opinión de los autores que estos fenómenos disminuyen grandemente la eficacia de las observaciones citogenéticas hechas para estos fines. Ello, aún más, considerando el carácter imprevisible de estos fenómenos y el gran esfuerzo involucrado en el análisis citológico de este material que es difícil para tal tipo de observaciones.

Por otro lado, la presencia de la aneuploidia derivada de la inestabilidad somática puede ser explotada para el mejoramiento de la caña de azúcar. Al mismo tiempo, su estudio puede aportar una mejor comprensión de la estructura poliploide de las especies e híbridos de *Saccharum* y géneros afines. Las investigaciones de Heinz y Mee (7) y Heinz *et al.* (8), en cultivos de células en suspensión de híbridos interespecíficos de *Saccharum*, deberían llevar rápidamente a la obtención de series aneuploides de plantas derivadas de un mismo clon por medio de la técnica del cultivo de tejidos.

La producción de plantas a partir del cultivo de callos es una nueva herramienta que los mejoradores poseen para crear variabilidad. La inestabilidad somática se maximiza bajo condiciones de cultivo de células *in vitro* Brown (3); Lewis (11).

La formación de tejidos de callos y la diferenciación posterior de plantas a partir de éstos, ofrece al

mejorador de plantas de reproducción asexual la posibilidad de cambiar el complemento cromosómico y el genomio sin recurrir al cruzamiento.

Literatura citada

1. ARTSCHWAGER, E. A. taxonomic study of *Saccharum sinense* Roxb and *S. barberi* Jeswit U. S. Department Technical Bulletin No 1089. 34 p. 1954.
2. BREMER, G. On the somatic chromosome numbers of sugar cane forms and the chromosome numbers of indigenous indian canes. Proceeding International Society Sugar Cane Technology Bulletin 20. p. 6. 1932.
3. BROWN, W. V. Textbook of Cytogenetics. The C. V. Mosby Co., St. Louis, Missouri, 1972, 346 p.
4. BROWN, W. V. y BORTKE, E. M. Textbook of Cytology. The C. V. Mosby Co., St. Louis, Missouri, 1969, 607 p.
5. DANIELS, J., SMITH, P., PATTON, N. H. y ROACH, B. T. Evolution of sugar-canes and related genera. Proceeding International Society Sugar-Cane Technology 17:165-169. 1977.
6. GRASSL, C. O. *Saccharum* names and their interpretation. Proceeding International Society Sugar-Cane Technology 13:59-63. 1946.
7. HEINZ, D. J. Y MEE, G. W. P. Plant differentiation from Callus tissue of *Saccharum* Species. Crop Science 9:346-348. 1969
8. HEINZ, D. J., MEE, G. W. P. y NICKELL, L. G. Chromosome numbers of some *Saccharum* Species Hybrids and their cell suspension cultures. America Journal Botany 56:450-456. 1969
9. HEINZ, D. J. y MEE, G. W. P. Morphologic, Cytogenetic and Enzymatic Variation in *Saccharum* Species Hybrid Clones derived from Callus Tissue. American Journal Botany 58:257-262. 1970.
10. JAGATHESAN, D. Cytogenetics of Sugar-Cane International Society Sugar-Cane Technology (I.S.S.C.T.) 14:303-316. 1971.
11. LEWIS, W. H., Polyploidy: Biological Relevance. Basic Life Sciences Series Vol. 13. Plenum Press, New York, 1980. 583 p.
12. LI, H. W. y PRICE, S. Chromosome numbers of some Noble Sugar-Cane Clones. Proceeding International Society Sugar-Cane Technology 12:343-351. 1965.
13. NAIR, M. K. Cytogenetics of *Saccharum officinarum* L., *Saccharum spontaneum* L. y *S. officinarum* X *S. spontaneum* Hybrids I. Chromosome mosaics. Cytologia 37:565-573. 1972.
14. NAIR, M. K. Cytogenetics of *Saccharum officinarum* L., *Saccharum spontaneum* L. and *S. officinarum* X *S. spontaneum* Hybrids. II. The probable origin of "atypical noble canes". Cytologia 38:35-43. 1973.
15. NIELSEN, E. L. y J. NATH. Cytogenetics of a tetraploid form of *Phleum pratense* L. Euphytica 10:343-350. 1961.
16. NISHIYAMA, I. Basic numbers in the polyploidy of *Saccharum* Journal Heredity 47:91-99. 1956.
17. PRICE, S. Cytological studies in *Saccharum* and Allied Genera. III. Chromosome numbers in interspecific hybrids. Bot. Gaz. 118:146-159. 1957.
18. PRICE, S. Cytogenetics of Modern Sugar-Canes. Economy Botany 17:97-106. 1963.
19. PRICE, S. Cytological studies in *Saccharum* and Allied Genera. VIII. F₂ and BC₁ progenies of 112 and 136 chromosomes *S. officinarum* X *S. spontaneum* hybrids. Bot. Gaz. 124:186-190. 1963.
20. PRICE, S. Cytological studies in *Saccharum* and Allied Genera. IX Further F₁ hybrids from *S. officinarum* (2n = 80) X *S. spontaneum* (2n = 96). Indian Journal of Sugar-Cane Res. & Dev., 8:241-248. 1964.
21. PRICE, S. Cytology of *Saccharum robustum* and related sympatric species and natural hybrids. U.S.D.A. Technical Bulletin No. 1337, 1965, 48 p.

-
22. PRICE, S. Cytology of Chinese and North Indian Sugar-Canes. *Econ. Bot.* 22:155-164. 1967.
23. PRICE, S. Chromosome numbers in miscellaneous clones of *Saccharum* and Allied Genera. *Proceeding International Society Sugar-Cane Technology* 13:191-194. 1968.
24. PRICE, S. y DANIELS, J. Cytology of South Pacific sugar-cane and related grasses with special reference to Fiji. *Journal Hered.* 59:141-145. 1968.
25. ROACH, B. T. Chromosome Numbers in *Saccharum edule*. *Cytology* 37:155-161. 1972.
26. SACHS, L. Chromosome mosaics in experimental amphiploids in the Triticinae. *Heredity* 6:157-170. 1952.
27. STEVENSON, G. C. *Genetics and Breeding of Sugar-Cane*. Longmans, Green and Co., 1965. 284 p.
28. SUZUKI, E. Cytological studies of sugar-cane. I. Observations in some P. O. J. varieties. *Cytologia* 11:507-513. 1941.

E. O. ETEJERE*

M. O. FAWOLE*

A. SANI*

Resumen

Las vainas de *Parkia clapertoniana* contienen dos tipos de semilla denominadas Pardo Rojizo (RB) y Pardo Oscuras (DB), las cuales se presentan en una relación 1 : 10. Las semillas RB germinan de inmediato mientras que las DB presentan dormancia debida a recubrimiento de la semilla. Más del 90% de las semillas RB germinó a una temperatura óptima de 30°C.

Las semillas DB germinaron en forma sucesiva cuando se les aplicó varios métodos para romper la dormancia. El mejor método fue la escarificación con H₂SO₄ concentrado por 15 minutos, con el cual se logró una germinación del 97%.

La pulpa de la fruta inhibió en forma total la germinación de las semillas RB y no estimuló en absoluto la germinación de las semillas DB.

Introduction

P*arkia clapertoniana* also known as African locust bean tree abound in Nigeria especially in the guinea savanna regions. It is one of the protected economic tree crops in the savanna belt.

The trees fruit during the months of December to March and they bear numerous leguminous pods. The pods contain a yellow powdery pulp which is rich in carbohydrate (Purseglove, 8). The seeds are embedded in the pulp.

In Nigeria the seeds are very important to the Yorubas because they are used in preparing a form of

spice known as 'Iru'. The spice adds flavour to soup and also makes it thick. The seeds thus serve as a good and cheap source of spice. Cattle and other livestock are fed with the pods. The leaves when ploughed into the soil serve as a good source of manure.

Although the tree crop seems to be protected by natives, some factors contribute to the low population of the plant in the field. One of these is uncontrolled bush burning which is a common feature in the savanna areas during the dry season. Bush burning destroys the young seedlings and reduces the population density. One other factor is excessive grazing by cattle and other domestic stock. These animals not only eat up the young and tender seedlings but may also physically destroy them during movement within the vegetation. Perhaps a more important factor is the fact that only a small percentage of the seeds germinate in the field; a lot more are dormant. Dormancy of seeds has also been reported for *Musanga cecropioides*, *Bosquitea angolensis*, *Ficus* sp and *Antiaris africana* which are common tree species found in Nigeria (Aramide, 1).

¹ Received for publication on January 10, 1982.
The authors thank the University of Ilorin for supporting this study through its Senate Research Grant.

* Department of Biological Sciences, University of Ilorin, Ilorin, Nigeria

The present investigation is part of a more elaborate one on the biology of the plant. It is directed at studying the germination of the seeds of *Parkia*. The study revealed that a high percentage of the seeds are dormant; data are presented aimed at breaking such dormancy.

Materials and methods

Sampling procedure

Ripe pods containing viable seeds collected from 20 randomly selected trees in the field during the fruiting period were used for the study. The number of pods estimated per tree from which the samples were selected ranged from 500 to 3000. Sixty randomly selected pods were opened and the seed distribution per pod was observed.

Seeds collected from the pods were soaked, washed free of the pulp and dried at room temperature before they were used for germination studies. Careful observation however revealed that two types of seeds were present in each pod on the basis of their testa colours. These were designated red brown (RB) and dark brown (DB) respectively. Seed collections used for this study were thus separated into these two groups.

Germination studies

Randomly selected RB or DB seeds were surface sterilised with 0.1% mercuric chloride solution for approximately 30 seconds, rinsed in several changes of sterile distilled water and plated in 9.0 cm sterile Petri dishes. Ten seeds were broadcast on each plate containing two sterile filter papers soaked with sterile distilled water. The plates prepared in replicates of ten were incubated at 30°C for 15 days.

A second batch of RB or DB seeds were later plated as earlier described and subjected to various temperature ranges of -10°C, 15°C, 25°C, 30°C, 35°C and 40°C. Ten replicates were also used.

Dormancy studies

Heat Treatment. The DB seeds which were found to exhibit dormancy were subjected to heat treatment in order to break their dormancy. The seeds were subjected to 80°C or 100°C for 1, 2 or 5 minutes. The heat treatment was carried out by emerging seeds in water at the specified temperature.

Seed decoating. Partial decoating of seeds was achieved by partly removing the coat from either the micropyle or non-micropyle end of the seed. This was

done by a careful surgical operation involving the use of sterilised scalpel and forceps. Total decoating involved the removal of the entire seed coat. Ten replicates of partial or total decoated seeds were then surface sterilised and plated as described earlier.

Scarification. The DB seeds were scarified by immersing in different types of concentrated acids for various periods. Acids used were H₂SO₄, HCl, and HNO₃ each for 1, 2, 5, 10 or 15 minutes. Seeds were placed in beakers and the acid poured in the beakers just enough to cover the seeds. Seeds were later soaked in running tap water for 3 hours after the acid had been poured off. They were later rinsed generously in sterile water before plating as usual. Unscarified seeds were plated as control.

Five herbicides and one fungicide (Table 6) were also tested on the dormancy of the DB seeds. The seeds were exposed to the concentrated commercially formulated herbicides or fungicide as was described for acid scarification. The seeds were then plated as earlier described.

Effect of fruit pulp on seed germination. The effect of the fruit pulp on the germination of both the RB and DB seeds was studied. Fresh seeds from the pods with the pulp still intact were surface sterilised and plated as described earlier. After the germination period the seeds were washed free of the pulp to determine their colours. In a second treatment, washed DB or RB seeds were plated in Petri dishes containing sterile distilled water with the fruit pulp sprinkled on the filter papers. Attempts to prepare a suspension of the pulp in sterile water failed.

Results

The total number of seeds per pod was found to range from 7-23. As already stated, washed seeds revealed that two types of seeds occur in the pods on the basis of the colours of their seed coat. These are the redbrown (RB) and darkbrown (DB). The ratio of occurrence of RB to DB seeds was found to be approximately 1:10 per pod (Table 1).

Germination studies showed that RB seeds germinate readily (Figure 1) while DB seeds do not (Table 2). The optimum temperature for germination of RB seeds is 30°C with little or no germination at 40°C (Table 3). That germination of RB seeds is inhibited at low temperature of -10 and high temperature of 40°C (Table 3). The DB seeds did not germinate during the exposure to any of the temperatures tested. The DB seeds therefore appear to be dormant. Exposure of DB seeds to 80°C heat treatment gave low germination while those subjected to 100°C

Table 1. Distribution of Red Brown (RB) and Dark Brown (DB) seeds in randomly selected pods.

Samples of 10 pods	Total number of seeds in 10 pods	Average number of seeds per pod (± 1 S.E.) ¹	Number of RB seeds in 10 pods	Average number of RB seeds per pod (± 1 S.E.) ¹	Number of DB seeds in 10 pods	Average number of DB seeds per pod (± 1 S.E.) ¹	Ratio of RB DB seeds in pods
A	187	18.7 \pm 0.60	17	1.7 \pm 0.21	170	17.0 \pm 0.49	1:10
B	146	14.6 \pm 1.19	12	1.2 \pm 0.13	134	13.4 \pm 1.13	1:11
C	153	15.3 \pm 1.47	13	1.3 \pm 0.15	140	14.0 \pm 1.36	1:11
D	156	15.6 \pm 1.59	14	1.4 \pm 0.16	142	14.2 \pm 1.47	1:10
E	146	14.6 \pm 1.21	11	1.1 \pm 0.14	135	13.5 \pm 1.20	1:12
F	126	12.6 \pm 1.14	12	1.2 \pm 0.13	114	11.4 \pm 1.11	1:10

¹ S.E. = Standard Error.

showed no germination (Table 4). A maximum germination of 20% was observed when the DB seeds were exposed to 80°C for 1 or 2 minutes. Untreated seeds (the control) did not germinate.

Partial or total decoating of DB seeds showed improved germination over the heat treatment. Seeds which were partially decoated at the micropyle end gave 83% germination; those decoated at the non-micropyle end gave 73% while those totally decoated gave 91% germination (Table 5).

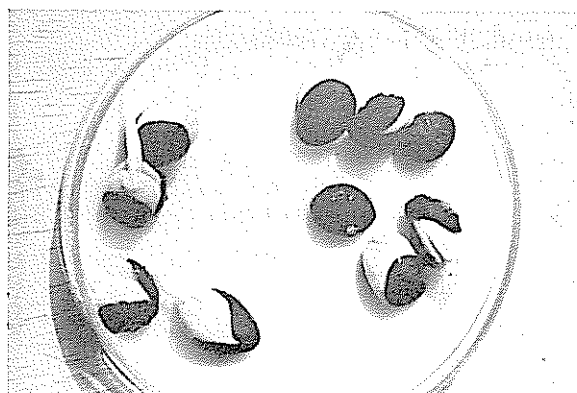
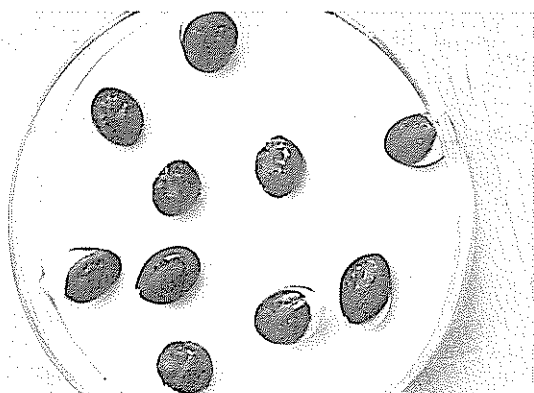
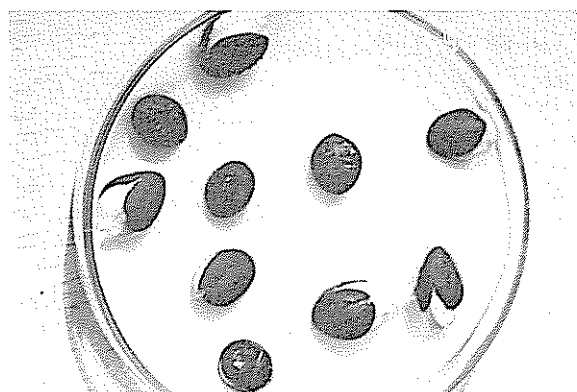
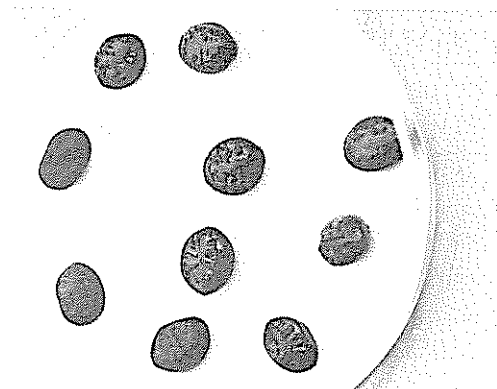


Fig. 1. Germination stages of RB seeds of *Parkia clapertoniana*.

Table 2. Percentage germination of untreated RB and DB seeds plated in Petri dishes at 30°C for 15 days. Data are averages from 10 replicates.

Days of germination	Cumulative %age germination of RB seeds	Cumulative %age germination of DB seeds
3	10	0
6	80	0
9	80	0
12	90	0
15	90	0

Acid scarified DB seeds showed higher germination than seeds subjected to heat treatment or which were decoated. This was especially true of seeds scarified with concentrated HNO₃ or H₂SO₄. Seeds scarified with concentrated HNO₃ for 15 minutes gave 86% germination; those scarified with concentrated HCl for 12 minutes gave 68% while those scarified with concentrated H₂SO₄ for 15 minutes gave 97% germination (Table 5). DB seeds even when treated with various herbicides and fungicide did not germinate (Table 5).

The fruit pulp did not break the dormancy of the DB seeds; indeed it inhibited the readily germinating RB seeds (Table 6).

Discussion

Two types of seeds have been identified in the pods of *Parkia claptorianana*. These have been designated red brown (RB) and dark brown (DB) seeds, based on colour of their testa. This occurrence of two coloured seed coats could be an attribute of genetic influence. Germination of *Parkia claptorianana* seeds is limited to the RB seeds which unfortunately occur in very low proportion in the pods. The DB seeds which occur in very high proportion in the pods exhibit seed coat dormancy. The dormant DB seeds were successfully germinated after various treatments

Table 3. Percentage germination of RB and DB seeds under various temperatures for 15 days. Data are averages of 10 replicates.

Seed Type	Percentage germination					
	-10°C	15°C	25°C	30°C	35°C	40°C
RB	0	36	76	92	76	2
DB	0	0	0	0	0	0

Table 4. Percentage germination of DB seeds subjected to heat treatment. Data are averages of 10 replicates.

Temperature °C	Exposure time (min.)		
	1	2	5
Control	0	0	0
80	20*	20*	10*
100	0	0	0

* Significantly different from control at 95% probability level.

ranging from heat to herbicide treatments. Treatments which resulted in dormancy break were acid scarification, removal of seed coat and heat treatment. The treatment which gave the highest germination was scarification with H₂SO₄ for 15 minutes. Coutinho and Struffaldi (3) also observed seed coat impermeability with seeds of *Parkia auriculata* although they did not report the occurrence of different types of seeds in the pods. Borthwick and Robbins (2) found that germination at high temperatures did not occur in mature lettuce seeds unless the innermost of the three seed membranes is removed. It is also reported that the removal of a small portion of the rice husk breaks dormancy of the seed. Aramide (1) observed that seeds of *Antiaris africana*, *Bosquea angolensis*, *Musanga cecropioides* and *Ficus* sp showed dormancy problems but only *Antiaris africana* had dormancy due to seed coat impermeability.

Usually the number of *Parkia* trees in any vegetation is low compared with other plants. The low per-

Table 5. Percentage germination of DB seeds after scarification with various chemicals. Data are averages of 10 replicates.

Chemicals	Exposure time (min.)				
	1	2	5	10	15
Control	0	0	0	0	0
HCl	23*	34*	46*	60*	66*
HNO ₃	52*	64*	78*	80*	86*
H ₂ SO ₄	64*	70*	87*	91*	97*
Atrazine	0	0	0	0	0
2, 4-D	0	0	0	0	0
EPTC	0	0	0	0	0
Molinate	0	0	0	0	0
Monuron	0	0	0	0	0
Gammalin '20	0	0	0	0	0

* Significantly different from control at 95% probability level.

Table 6. Percentage germination of seeds plated with or without fruit pulp. Data are averages of 10 replicates.

	% germination		
	Unwashed – intact seeds	Washed RB seeds	Washed DB seeds
With pulp	0	0*	0
Without pulp (control)	not applicable	75	0

* Significantly different from control at 95% probability level.

centage of viable RB seeds (Table 1) in the pods therefore confirms the suspicion that only a small percentage of the seeds germinate in the field. Even RB seeds with their pulp still intact cannot germinate unless the pulp is removed completely. The pulp therefore appears to inhibit the seeds from germinating. Several workers have also observed this phenomenon in seeds especially for tomato (Juel 4; Koves *et al.* 6; Konis 5 and Ozoriode *et al.* 7). Seeds obtained from pods should therefore be thoroughly washed-free of their pulp before sowing. A large scale breaking of dormancy of the DB seeds by concentrated H_2SO_4 for 15 minutes is suggested. Sowing of viable seeds should be carried out in a controlled environment of $30^\circ C$ in order to obtain high germination.

Removal of the pulp of *Parkia* seeds under field conditions could occur either through splashing by water, fermentation, decay or by animals. These processes, apart from that of water, expose the seeds to possible destruction with a consequent reduction in the number of seedlings that would have established in the field. With the success already obtained in germinating the dormant DB seeds, there seems to be rays of hope in increasing the population of the species. This increase in population will thus supply the much needed spice 'iru' which apart from its flavouring qualities also serve as a good source of protein to man.

Abstract

The pods of *Parkia clapertoniana* contain two seed types designated Red Brown (RB) and Dark Brown (DB), which occur in the ratio of about 1:10. The RB seeds germinate readily while DB seeds exhibit seed coat dormancy. The RB seeds gave more than 90% germination at an optimum temperature of $30^\circ C$.

The DB seeds were successfully germinated after various methods had been used to terminate the seed coat dormancy. The most successful method was scarification with concentrated H_2SO_4 for 15 minutes which gave 97% germination.

The fruit pulp completely inhibited the germination of RB seeds and did not stimulate dormant DB seeds to germinate.

Literature cited

1. ARAMIDE, S.A. Seed dormancy and germination in some moraceous plants. M.Sc. thesis University of Ibadan, Ibadan. 1976.
2. BORTHWICK, H.A. and ROBBINS, W.W. Lettuce seed and its germination. *Hilgardia* 3:275-304. 1938.
3. COUTINHO, L.M. and STRUFFALDI, Y. Observations on seed germination and seedlings of leguminous plants of the Amazon forest gaps (*Parkia auriculata*) *Phyton. Rev. Int. Bot. Expt.* 28:149-159. 1971.
4. JUEL, I. Studies on a growth retarding substance on growth of tomato. *Dansk. Bot. Arkv.* 12:1-16. 1964.
5. KONIS, E. On the action of germination inhibiting substances in the tomato fruit. *Pal. Jour. Bot. Jerus. Serial II*, 6-27. 1940.
6. KQVES, E. and VARGA, M. Comparative examination of water and ether soluble inhibiting substances in dry fruits. *Phyton (Buenos Aires)* 12:93-96. 1959.
7. OZORIODE-ALMEIDA, GROULART, A.M.D., ELPO, M.I. and VIERA PINTO, A. The inhibiting action of the juice of tomato on seed germination and plant growth. *Revista Brasileira de Biología* 1:345-354. 1941.
8. PURSEGLOVE, J.W. Tropical crops: dicotyledons. Fourth Edn. Longmans Group Ltd. London 1:199-232. 1968.

Viene de la página 168

Unidades básicas del SI*

Especie	Unidad	Símbolo	Especie	Unidad	Símbolo
Longitud	metro	m	Temperatura	kelvin	K
Masa	kilogramo	kg	Intensidad luminosa	candela	cd
Tiempo	segundo	s	Cantidad de sustancia	mole	mol
Corriente eléctrica	ampere	A			

Unidades suplementarias

Angulo plano	radian	rad	Angulo sólido	steradian	sr
--------------	--------	-----	---------------	-----------	----

Unidades derivadas que tienen nombres y símbolos aprobados por el SI:

Especie	Unidad	Símbolo	Fórmula	Especie	Unidad	Símbolo	Fórmula
Frecuencia	hertz	Hz	1/s	Conductancia eléctrica	siemens	S	A/V
Fuerza	newton	N	Kg m/s ²	Flujo magnético	weber	Wb	V s
Presión	pascal	Pa	N/m ²	Densidad de flujo	tesla	T	Wb/m ²
Trabajo	joule	J	N m	Inductancia	henri	H	Wb/A
Potencia	watt	W	J/s	Flujo luminoso	lumen	lm	cd/sr
Cantidad electricidad	coulomb	C	A s	Iluminación	lux	lx	lm/m ²
Potencial eléctrico	volt	V	W/A	Radiactividad	bequerel	Bq	1/s
Capacidad eléctrica	farad	F	C/V	Dosis absorbida	gray	Gy	J/kg
Resistencia eléctrica	ohm	Ω	V/A				

Definiciones de las unidades básicas del SI*

El metro. Es la longitud equivalente a 1 650 763.73 longitudes de onda en el vacío de la radiación electromagnética emitida por el átomo de criptón 86, correspondiente a la transición entre $2p_{10}$ y $5d_5$ (su símbolo es m).

El kilogramo. Corresponde a la masa del kilogramo prototipo adoptado internacionalmente (su símbolo es kg).

El segundo. Es la duración de 9 192 631 770 periodos de la radiación electromagnética correspondiente a la transición entre dos niveles hiperfinos del estado base en el átomo de cesio 133 (su símbolo es s).

El ampere. Es la corriente eléctrica constante en dos conductores paralelos de longitud infinita y de sección transversal insignificante que, colocados a un metro de distancia entre sí en el vacío, se atraen con fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud (su símbolo es A).

Continuación en la página 204

CASSAVA MEAL AND CASSAVA PEEL MEAL FOR GROWING AND FINISHING PIGS¹

E. B. SONAIYA*
T. A. OMOLE*

Resumen

Se probó la inclusión de 0%, 30%, 45% y 60% de tubérculos de yuca medidos (CM) y secados al sol en raciones de cerdos en crecimiento. En adición se probó el efecto de adiciones 15% y 30% de CM más 15% y 20% de cáscara de yuca medida (CPM) en raciones de acabado de cerdos Large White y Locales. Los cerdos en crecimiento que recibieron la ración con substitutos crecieron ligeramente más rápido y fueron ligeramente eficientes en convertir alimento que los cerdos con la dieta control, aunque las diferencias no fueron significativas. El acabado de cerdos a base de dietas con CM = CPM fue bajo aunque la velocidad de crecimiento y la eficiencia de conversión de alimento no se alteró en forma significativa. La combinación 15% CM = 20% CPM fue consistentemente superior aunque no significativamente, a las demás raciones. En términos generales los cerdos Large White utilizaron CM mejor que los cerdos locales, los últimos emplearon CPM con mayor eficiencia. La canal de los cerdos testigos obtuvo un valor de calidad más alto que la de cerdos alimentados con raciones sustituidas. Debido a su mayor digestibilidad, CM superó el efecto sobre este parámetro de las mezclas CM-CPM.

Introduction

The replacement of cereals with cassava meal in the diet of growing-finishing pigs has been widely studied. Kok and Ribeiro (6) observed enhanced liveweight gain, feed intake and efficiency but noted increased fat deposition and reduced loin eye area in pigs fed cassava based rations. Peixoto (12) reported depressed gain, feed intake and efficiency, but also higher fat deposition and decreased loin eye area. More recent reports have shown that cassava may fully replace cereals without any deleterious effects on live performances when diets are properly balanced (4, 7, 8). However, Sonaiya

et al (16), feeding methionine supplemented cassava meal diets to pigs at three stages of growth, concluded that higher levels of cassava meal fed to finishers increased fat deposition due to the higher digestible energy intake.

Diluting the digestible energy of the finishing rations with fibrous feedstuffs should result in leaner carcasses. Rice bran has been used as a diluent (9) and cassava peel meal is very similar in proximate composition to rice bran. The steady rise in the amount of cassava tubers peeled for human and livestock consumption, industrial starch production and fermentation is rapidly increasing the quantity of cassava peels available. Inclusion of up to 15% cassava peel meal in corn based finishing diets improved growth rate and carcass quality (15).

This is a report of experiments designed to study the effect of cassava meal in the growing rations and

¹ Received for publication on April 20, 1980

* Department of Animal Science, University of Ife, Ile-Ife, Nigeria.

cassava meal plus cassava peel meal in the finishing rations.

Materials and methods

Five experimental rations containing 0%, 15%, 30%, 45% and 60% sun-dried, ground cassava tubers (CM) were formulated for the growing phase (Table 1). Finishing rations contained 15% and 30% CM + 15% and 20% sun-dried, ground cassava peel (CPM) in a 2² factorial treatment to give four substituted rations while the control ration did not contain either of the test ingredients (Table 2). Attempts were made to balance the rations by the inclusion of palm oil and feed grade methionine and lysine to arrive at isocaloric and isonitrogenous rations.

The rations were analysed for proximate composition. Energy digestibility was evaluated with pair fed pigs on each treatment in a metabolism study. Gross energy of feed, feces and urine was

determined in a Gallenkamp ballistic bomb calorimeter. Urine was freeze-dried overnight in a Virtis freeze dryer after shell freezing with alcohol in a Virtis shell freezer. Hydrocyanic acid concentration in CM and CPM was measured on a Beckmann atomic absorption spectrophotometer at 515 nm using KCN solution as a standard (18).

Eighty pigs (40 Large Whites and 40 Locals) were allocated, 16 pigs per treatment, on the basis of sex, breed and weight such that the average individual weight in all treatments was 8.7 kg. Pigs were grouped the growing rations until they attained an average of 40 kg liveweight. They were then put on the finishing rations until they attained average slaughter weight of 60 kg (75 kg for Large White, 45 kg for Locals). Feed was supplied at a controlled rate of 1.5-2 kg/pig/day. Water was always available. All pigs were slaughtered and hot carcass measurements taken as previously described (16) except for loin eye area which was measured on loins chilled for 24 hr at 5°C.

Table 1. Composition of cassava meal grower's rations.

INGREDIENTS	% Air Dry Basis					
Yellow maize	50.45	31.00	12.00	0.00	0.00	
Cassava meal	0.00	15.00	30.00	45.00	60.00	
Groundnut cake	20.00	22.30	24.45	26.00	28.30	
Fish meal	4.00	4.60	5.50	8.20	8.30	
Brewers' dried grain	15.00	16.00	16.40	10.00	0.00	
Rice bran	1.50	1.50	1.50	1.40	0.00	
Palm oil	5.65	6.20	6.75	6.00	0.00	
Dicalcium phosphate	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	
Oyster shell	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Salt	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Ad-Vit*	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Methionine	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	
Lysine	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
			Calculated Analysis			
Digestible energy (kcal/kg)	3501.60	3503.90	3510.60	3504.50	3281.50	
Crude protein (%)	20.03	20.01	20.03	20.04	19.14	
Crude fiber (%)	3.94	4.09	4.16	3.54	2.60	
Ether extracts (%)	10.21	10.69	11.17	10.27	4.01	
Calcium (%)	0.83	0.89	0.96	1.11	1.11	
Phosphorus avail (%)	0.50	0.51	0.52	0.59	0.58	
Methionine (%)	0.50	0.50	0.50	0.51	0.49	
Cystine (%)	0.35	0.34	0.34	0.35	0.34	
Lysine (%)	0.99	1.03	1.08	1.17	1.12	

* A commercial vitamin-mineral preparation by Pfizer Ltd, Ikeja, Nigeria., supplying per kg diet: 10 000 I.U. Vit A, 1333 I.U. Vit. D₃, 6.7 mg B₂, 83.3 I.U. B₃, 23.3 I.U. B₅, 0.03 mg B₁₂, 833 mg Choline chloride, 16.7 mg Zinc bacitracin, 208 mg antioxidant, 16.7 mg Iron, 133 mg Manganese, 208 mg Zinc, 125 mg Copper, 0.83 mg Cobalt and 3.3 mg Iodine

Table 2. Composition of cassava meal-cassava peel meal ratios for finishing pigs.

INGREDIENTS	% Air Dry Basis					
Yellow maize	53.00	27.00	10.00	25.00	8.00	
Cassava meal ¹	0.00	15.00	30.00	15.00	30.00	
Cassava peel meal ²	0.00	15.00	15.00	20.00	20.00	
Groundnut cake	10.00	10.00	11.00	11.00	11.00	
Fish meal	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00	
Brewers' dried grain	2.00	13.00	15.00	8.00	16.00	
Rice bran	27.00	12.00	10.00	12.00	6.00	
Palm oil	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	
Dicalcium phosphate	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Oyster shell	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Salt	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Ad-Vit	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Methionine	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
Lysine	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
Calculated Analysis						
Digestible energy (kcal/kg)		3010.30	3010.30	3006.85	3003.49	3020.02
Crude protein	(%)	14.28	14.18	14.11	14.26	14.14
Crude fiber	(%)	4.76	5.51	5.71	5.59	5.85
Ether extracts	(%)	9.54	7.54	7.28	7.34	6.71
Calcium	(%)	0.52	0.59	0.67	0.65	0.68
Phosphorus avail	(%)	0.41	0.33	0.34	0.35	0.44
Methionine	(%)	0.55	0.50	0.50	0.50	0.49
Cystine	(%)	0.24	0.21	0.22	0.22	0.21
Lysine	(%)	0.82	0.78	0.85	0.81	0.83

1 HCN content— 75 mg/kg

2 HCN content— 163 mg/kg.

The effects of treatments, breed, and sex were tested. Liveweight and carcass data obtained from the finishing period were also summarised for the two factors (CM and CPM) and tested for main effects and interactions

Results

Effects of cassava meals on daily gain, feed and digestible energy intakes and efficiencies of growing pigs are summarised in Table 3. Pigs receiving increasing levels of CM grew slightly faster and appeared to more efficiently convert feed than pigs on the control diet. Differences were however not significant ($P > 0.05$). In the finishing phase the control diet promoted non-significantly faster growth and better feed efficiency than CM + CPM diets (Table 4). It would appear that 15% CM is superior to 30% CM for growth promotion and efficiency of feed conversion. Similarly, 20% CPM promoted better live performances than 15% CPM and a combination of

15% CM + 20% CPM was consistently but non-significantly superior to other substituted rations in promoting live performances. Energy digestibility values were generally low, did not seem to reflect the level of crude fiber in the rations and did not differ significantly in both growing and finishing phases ($P > 0.05$).

Mean values for daily gain, feed intake and feed/kg gain for the two breeds are presented in Tables 5 and 6. Large White pigs made significantly faster gains but non-significantly consumed less feed and converted feed more efficiently than Local pigs. During the growing phase, Local pigs on the control showed the fastest rate of gain as compared with Local pigs on the substituted rations. Large White pigs on 45% CM ration made the fastest gains compared with Large White pigs on other treatments. While differences among Large White pigs were significant, those between Local pigs were not. In the finishing phase, the control diet as well as the 15% + 20% CPM diet promoted the fastest significant rate of gain in

Table 3. Live performances of growing pigs on cassava meal diets.

		Cassava meal levels (%)					SEM ²
		0	15	30	45	60	
Daily gain	(kg)	0.40	0.48	0.50	0.54	0.48	0.049
Daily feed intake	(kg)	1.40	1.40	1.19	1.40	1.39	0.093
Daily dry matter intake	(kg)	1.25	1.24	1.04	1.21	1.19	0.085
Daily digestible energy intake ¹	(kcal)	2.74	2.81	2.40	2.85	2.70	0.178
Feed/kg gain	(kg)	3.47	2.93	2.40	2.60	2.92	0.406
Digestible energy/kg gain	(kcal)	6.80	5.88	4.85	5.30	5.67	0.729
Dry matter/kg gain	(kg)	3.10	2.59	2.10	2.25	2.50	0.384
Dry matter digestibility	(%)	60.66	56.60	60.10	60.73	61.64	1.950
Energy digestibility	(%)	55.00	55.28	56.10	58.89	59.82	2.196
Determined gross energy	(kcal/kg)	3557	3627	3596	3457	3247	153.62
Determined digestible energy	(kcal/kg)	1956	2005	2017	2036	1942	40.38

1 Obtained from determined de values.

2 Standard error of mean

Table 4. Live performances of finishing pigs fed cassava meal-cassava peel meal diets.

Cassava meal levels	(%)	0	15	30	15	30	SEM ²
Cassava peel meal levels	(%)	0	15	15	20	20	
Daily gain	(kg)	0.48	0.43	0.43	0.47	0.40	0.028
Daily feed intake	(kg)	1.64	1.64	1.57	1.64	1.58	0.040
Daily dry matter intake	(kg)	1.40	1.39	1.33	1.33	1.34	0.029
Daily digestible energy intake ¹	(kcal)	3.39	3.77	3.55	3.30	3.32	0.200
Feed/kg gain	(kg)	3.40	3.86	3.62	3.46	3.97	0.245
Digestible energy/kg gain	(kcal)	7.03	8.87	8.18	6.96	8.34	0.840
Dry matter/kg gain	(kg)	2.90	3.27	3.06	2.93	3.37	0.208
Dry matter digestibility	(%)	53.27 ^a	65.33 ^{bc}	62.71 ^b	60.96 ^b	70.16 ^c	3.210
Energy digestibility	(%)	60.01 ^a	68.75 ^b	66.44 ^b	61.26 ^a	67.04 ^b	3.827
Determined gross energy	(kcal/kg)	3440 ^a	3340 ^a	3408 ^a	3283 ^a	3131 ^b	122.10
Determined digestible energy	(kcal/kg)	2064 ^a	2286 ^b	2264 ^b	2011 ^a	2099 ^a	126.09

1 Based on determined digestible energy of the diets

a, b, c; Figures in the same horizontal row bearing the same superscript are not significantly ($P > 0.05$) different.

2 Standard error of mean

Table 5. Live performances of two breeds (large white (LW) and locals (L) pigs) and two sexes (barrows (B) and gilts (G)) fed cassava meal in the growing stage.

		Cassava meal levels (%)									
		0		15		30		45		60	
		LW	L	LW	L	LW	L	LW	L	LW	L
Daily gain	(kg)	0.429	0.377	0.593	0.363	0.636	0.353	0.743	0.332	0.603	0.349
Daily feed intake	(kg)	1.36	1.43	1.36	1.43	1.36	1.01	1.36	1.43	1.36	1.42
Feed/kg gain	(kg)	3.17	3.79	2.29	3.94	2.14	2.86	1.83	4.41	2.26	4.07
Daily gain	(kg) ¹	0.401	0.405	0.529	0.427	0.583	0.406	0.533	0.542	0.394	0.558

1 Barrows and gilts respectively.

Large White pigs while Local pigs made the fastest non-significant gain on the 30% CM + 15% CPM diet. In general, it appeared that Large White pigs utilised CM better than Local pigs while Local pigs utilised CPM better than Large White pigs.

In the growing phase, barrows made the fastest gain on the 30% CM diet while gilts had the best growth rate on the 60% CM diet (Table 5). In the finishing phase, 30% CM + 15% CPM mixture promoted the fastest rate of gain in barrows while gilts made the greatest daily gain on the control (Table 6). All differences were not significant. Gilts appeared more sensitive to changes in diet composition but at higher levels of substitution seemed to utilise both CM and CMP better than barrows.

Carcasses of control pigs had significantly higher dressing values than those of pigs on substituted rations (Table 7). Pigs on substituted rations did not differ significantly in dressing value. Carcass length, backfat, loin eye area, lean cuts percent and fresh liver and kidney weights were not significantly

different and did not seem to be influenced by the experimental treatments.

Large White carcasses were significantly superior to Locals' in dressing, length, backfat and loin area (Table 8). Lean cuts percent was not significantly different. Dressing value was highest in Large Whites on the control and decreased with increasing substitution of CM and CPM. Differences between the substituted rations were not significant. Dressing value was non-significantly improved in Locals with increasing substitution. Backfat increased in both breeds with increasing substitution while loin eye area decreased in Large White carcasses but increased in Local carcasses with increasing substitution.

Barrows had non-significantly longer carcasses with thicker backfats than gilts and increasing substitution tended to increase both length and backfat equally in barrows and gilts (Table 9). Sex did not seem to have any effect on the carcass characteristics of pigs on this experiment. This would suggest that

Table 6. Live performances of large white and local pigs; barrows and gilts fed cassava meal-cassava peel meal rations in the finishing stage (40 kg - Slaughter).

		Cassava meal levels (%)									
		0		15		30		15		30	
Cassava peel meal levels (%)		0		15		15		20		20	
		LW	L	LW	L	LW	L	LW	L	LW	L
Daily gain	(kg)	0.686	0.273	0.535	0.266	0.513	0.283	0.674	0.268	0.536	0.236
Daily feed intake	(kg)	1.36	1.92	1.36	1.92	1.36	1.77	1.36	1.92	1.36	1.80
Feed/kg gain	(kg)	1.98	7.03	2.54	7.22	2.65	6.25	2.02	7.16	2.54	7.63
Daily gain	(kg) ¹	0.474	0.485	0.466	0.400	0.456	0.407	0.419	0.525	0.368	0.424

1 Barrows and gilts respectively.

Table 7. Carcass data of pigs fed cassava meal-cassava peel meal rations.

Cassava meal levels	(%)	0	15	30	15	30	SEM ¹
Cassava peel meal levels	(%)	0	15	15	20	20	
Dressing	(%)	75.05 ^a	69.53 ^b	69.25 ^b	68.17 ^b	69.67 ^b	1.68
Carcass length	(cm)	67.94	70.01	68.38	67.38	68.13	0.99
Backfat average	(cm)	2.52	2.61	2.70	2.72	2.63	0.08
Loin area	(cm ²)	21.09	18.49	19.02	18.22	18.83	1.14
Lean cuts	(%)	75.18	74.41	74.12	75.66	76.23	0.87
Fresh liver weight	(g)	971	1170	1111.5	975	899.5	111.44
Fresh kidney weight	(g)	165.5	164.5	173.5	179.0	158.0	8.21

1 Standard error of mean.

a, b: Figures in the same row bearing the same superscript are not significantly ($P > 0.05$) different

Table 8. Carcass data of large white and local pigs fed cassava meal-cassava peel meal rations.

Cassava meal levels	(%)	0	15	30	15	30					
Cassava peel meal levels	(%)	0	15	15	20	20					
		LW	L	LW	L	LW	L	LW	L	LW	L
Dressing	(%)	87.59	62.50	77.70	61.35	75.20	63.29	72.67	63.67	74.02	65.32
Carcass length	(cm)	75.75	60.13	77.63	62.38	76.50	60.25	73.50	61.25	75.25	61.00
Average backfat	(cm)	2.33	2.71	2.39	2.82	2.47	2.92	2.55	2.88	2.38	2.88
Loin area	(cm ²)	29.60	12.57	22.74	14.23	21.91	16.13	22.55	13.89	23.52	14.13
Lean cuts	(%)	75.65	74.70	74.97	73.84	75.20	73.04	73.87	77.45	73.27	79.19
Fresh liver weight	(g)	1067	875	1165	1175	1135	1088	1004	945	981	818
Fresh kidney weight	(g)	163	168	156	173	157	190	168	190	143	173

Table 9. Carcass data of barrows and gilts fed cassava meal-cassava peel meal rations.

Cassava meal levels	(%)	0	15	30	15	30					
Cassava peel meal levels	(%)	0	15	15	20	20					
		B	G	B	G	B	G	B	G	B	G
Dressing	(%)	74.97	75.12	72.00	67.05	68.00	70.50	69.86	66.74	68.87	70.48
Carcass length	(cm)	68.50	67.38	71.13	68.88	68.75	68.00	66.63	68.13	69.63	66.63
Average backfat	(cm)	2.56	2.48	2.79	2.43	2.75	2.64	2.80	2.64	2.64	2.62
Loin area	(cm ²)	22.26	19.91	16.76	20.21	20.19	17.84	20.92	15.52	17.97	19.68
Lean cuts	(%)	75.11	75.25	75.22	73.59	73.38	74.86	76.19	75.13	76.23	76.22
Fresh liver weight	(g)	1077	1057	1066	1264	1108	1162	995	1012	1000	962
Fresh kidney weight	(g)	173	158	155	174	177	170	180	178	152	164

barrows, castrated at 4 weeks, had assumed similar body characteristics to gilts by slaughtering time.

All animals were in good health throughout the experiment. This would indicate that the level of HCN contributed to the rations by CM and CPM (11-55 mg/kg feed, which corresponds to an intake of 16.5-82.5 mg HCN/day) was below the lethal dose for pigs which is still undetermined.

Discussion

The results of the growing phase, in line with our earlier observations (16), would indicate that cassava meal may be substituted for corn up to 60% of the total ration without producing any deleterious effects on live and carcass performances. The reports of Kok and Ribeiro (6), Mejia (10), Shimada (13) and Job (5) lend further support to this view. These workers observed that cassava meal up to the 60% level in the diets of pigs promoted similar growth rates and feed efficiencies which were better than the control's.

All experimental rations in the growing phase had similar energy digestibilities which were lower, though not significantly, than dry matter digestibilities. Oyenuga and Fetuga (11), reported high digestibility for dry matter while digestion coefficients for other nutrients in cassava meal were much lower. Chicco *et al.* (3) observed that digestibility was not significantly different among cassava meal treatments. In the finishing phase of our experiment however, energy digestibility was higher than dry matter digestibility. Since the finishing rations included CPM as an energy diluent, the pigs apparently had less feed energy available and, consequently, digestion of feed energy increased. Depression of energy digestibility has been attributed to fibrous feedstuffs: brewer's dried grain (BDG) and *Stylosanthes* (21). However, these fibrous feedstuffs contain very high amounts of crude fiber and are essentially roughages. Cassava peel meal, on the other hand, contains only 10% crude fiber and should be more digestible. Furthermore, it would appear that cassava meal, being more digestible than cassava peel meal, had a promoting effect on the digestibility of CMP - CM mixtures. This would suggest that higher substitutions of CPM can be accompanied by higher levels of CM as shown by the similar dry matter and energy digestibilities of the 15% CM + 15% CPM and 30% CM + 20% CPM mixtures.

The inclusion of up to 60% CM in growing rations and 20% CPM as well as 30% CM in finishing rations will result in considerable savings in feed cost since the market price of maize is about 200% higher than

the price of cassava; and the cost of the simple processing of cassava roots required is minimal.

Abstract

Experiments were conducted to study the inclusion of 0%, 30%, 45% and 60% sun-dried, ground cassava tubers (CM) in growing rations; and of 15% and 30% CM + 15% and 20% sun-dried, ground cassava peel (CPM) in finishing rations of Large White and Local pigs. Growing pigs receiving substituted rations grew slightly but non-significantly faster and were slightly more efficient in feed conversion than pigs on the control diet. Finishing pigs on CM + CPM diets had slightly depressed but non-significant growth rate and feed efficiencies. A combination of 15% CM + 20% CPM was consistently but non-significantly superior to other substituted rations. Generally, Large White pigs appeared to utilise CM better than Local pigs while Local pigs utilised CPM better than Large White pigs. Carcasses of control pigs had significantly higher dressing values than those of pigs on the substituted rations. Cassava meal, being more digestible than CPM, had a promoting effect on the digestibility of CM-CPM mixtures.

Literature cited

1. ADEMOSUN, A. A. The effect of energy dilution on feed utilization and carcass quality of finishing pigs. *Nutrition Report International* 13(5):449-461. 1976.
2. BABATUNDE, G. M., FETUGA, B. L., OYENUGA, V. A. and AYOADE, A. The effect of graded levels of brewers dried grains and maize cobs in the diets of pigs on their performance characteristics and carcass quality. *Nigerian Journal of Animal Production* 2(1):119-133. 1975.
3. CHICCO, F. C., COARBATI, S. T., MULLER-HAYE, B. and VECKHIONACCE, H. La harina de yuca en el engorde de cerdos. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 26(6): 599-603. 1972.
4. CHOU, K. C. and MULLER, Z. Complete substitution of maize by tapioca in broiler rations. *Proc. Australasian Poultry Science Convention, Auckland, N. Z.* pp 149-160. 1972.
5. JOB, T. A. Utilization and protein supplementation of cassava. Ph. D. thesis, 1975 submit-

- ted to Faculty of Agriculture, Forestry and Veterinary Science. University of Ibadan. pp. 452-464.
6. KOK, E. A. and de ANDRADE RIBEIRO, G. Cassava meal compared with ground maize for feeding pigs. *Nutrition Abstracts and Reviews* 18:902, No. 5128. 1942.
 7. MANER, J. H. Cassava in swine feeding. Seminar on swine production in Latin America. Sept. 1972. CIAT, Cali, Colombia (Mimeo.). 1972.
 8. MANER, J. H., and GOMEZ, G. Implications of cyanide toxicity in animal feeding studies using high cassava rations: In *Chronic Cassava Toxicity; Proceedings of an interdisciplinary workshop*, London, 29-30 Jan. 1973. pp. 113-120. 1973.
 9. MAUST, L. E., POND, W. G. and SCOTT, M. L. Energy value of cassava-rice bran diet with and without supplemental zinc for growing pigs. *Journal of Animal Science* 35(5): 953-957. 1972.
 10. MEJIA, T. R. Valor comparative entre la yuca y el maíz en la alimentación de cerdos. *Rev. Fac. Mal. de Agron. Medellín, Colombia*. 20:3. 1960.
 11. OYENUGA, V. A. and FETUGA, B. L. Chemical composition, digestibility and energy values of some varieties of yam, cassava, sweet potatoes and cocoyams for pigs. *Nigerian Journal of Science* 9(1):63-110. 1975.
 12. PEIXOTO, R. R. Comparison of cassava meal and maize as feeds for growing and fattening pigs. *Bulletin Escola de Agronom. Elisen Machiel. Univ. Rio de Sul Brazil. Nutrition Abstracts and Reviews* 38:6023. 1965.
 13. SHIMIDA, A. S. Valor alimenticio de la harina de yuca (*Manihot utilissima*, Pohl) para cerdos. II día del Ganadero. INIP Vera Cruz, Mexico. No. 21-22, 1970. Cited by Maner, 1972.
 14. SONAIYA, E. B. Evaluation of dietary cassava for growing and finishing pigs. M. Phil. Thesis submitted to Faculty of Agriculture, University of Ife p. 56. 1977.
 15. SONAIYA, E. B. and OMOLE, T. A. Cassava peels for finishing pigs. *Nutrition Reports International*. 16. 479-485. 1978.
 16. SONAIYA, E. B. and ADEGBOLA, A. A. Methionine supplementation of cassava meal for growing-finishing pigs. (In press) 1979.
 17. STEEL, R. G. D. and TORRIE, J. H. *Principle and procedures of Statistics*. McGraw Hill Book Company. New York. 1960.
 18. WOOD, T. The cyanogenic glucoside content of cassava and cassava products. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 16:300-304. 1965.

DETERMINAÇÃO DO S TROCAVEL DO SOLO PELO MÉTODO COLORIMÉTRICO DO METILTÍMOL AZUL¹ /

V. C. BITTENCOURT*

L. F. BATISTA**

M. N. A. GURGEL***

D. A. CORDEIRO****

Abstract

Traditional methods for determining the exchangeable S of soils lack sensitivity, reproducibility, and are too time consuming. The method described in this paper is more favorable. Blue methylthymol in a high pH (12.70) forms a complex of barium ion, and the intensity of the resulting color varies linearly, as a function of the quantity of ion present in the solution. On the basis of this principle, S in the SO_4^{2-} form is determined, with a colorimeter provided with an expanded scale and a 430 nm filter.

The soil extract is obtained with $HCl\ 10^{-3}$, in the proportion of 2.5 ml of extracting solution per gram of soil. The cations in the extract constitute interferences, once they have been complexed by the methylthymol. Therefore, a cation exchange resin should be used for eliminating them.

The following results were obtained for the soils of the State of São Paulo (in ppm of S- SO_4): LEa - 16.7; PVls - 13; LVa - 18.3; LR - 20; Pln - 22.5; PVp - 24.3; TE - 25 and 0 - 25.

In relation to magnitude the values obtained above are consistent with those described in the literature.

The variation coefficient had values of 6.40 to 0.86, with 2.36 as the mean value, which indicates that the precision of the method used is satisfactory.

Introdução

O uso de fertilizantes concentrados com baixo conteúdo de SO_4^{2-} , vem motivando o desenvolvimento de novos métodos analíticos para avaliar a disponibilidade de SO_4^{2-} do solo. Atualmente, nos trabalhos de rotina, são mais empregados, os métodos turbidimétrico e gravimétrico, os quais, entretanto apresentam limitações de reprodutibilidade e de sensibilidade. Assim, erros provocados pela falta de homogeneização do disperso e por processos de coprecipitação e de solubilidade do precipitado são comuns.

1 Recebido para publicação em 18 dezembro 1979.
Trabalhos realizados no Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA.
A Divisão de Ciências Básicas do CENA, pela colaboração e ao PLANFAP, pela bolsa concedida a L. F. BATISTA.

* Professor Adjunto do Departamento de Química da ESALQ.

** Professor Auxiliar - DAB/CCT/UI-Pb, Bolsita do PLANFAP.

*** Chefe da Estação Experimental COOPER-SUCAR PIRACICABA - SP.

**** Professor Auxiliar - UFPe.

O 3,3' - bis N,N - di (carboximetil)-aminometil-timosulfataleína de sódio, de fórmula molecular $C_{37} H_{43} O_{13} N_2$ SAa, é conhecido comumente por azul de metiltimol. Devido as suas características estruturais, o composto pode ser utilizado como indicador em vários métodos compleximétricos (16) e também na determinação direta de alguns elementos, como zircônio, hafnio (2) e magnésio (16).

Para anions o reagente tem sido empregado na determinação indireta do sulfato. Lazrus *et al.* (8) usando o composto determinaram o SO_4^{2-} em águas de chuva, numa faixa de sensibilidade variando de 0.5 a 50 ppm S. Posteriormente Gales *et al.* (4) usando a mesma técnica encontraram variações de 5 a 400 mg SO_4^{2-} /litro de água natural.

Esses trabalhos baseados na determinação indireta do SO_4^{2-} , fundamentam-se no fato de que o anion precipita uma fração do Ba^{+2} de uma solução de concentração conhecida do elemento, sendo que, o restante do cátion é complexado pelo metiltimol e determinado colorimetricamente.

No caso particular dos solos, a determinação do sulfato considerado como trocável é feita através de um processo de extração, com a posterior determinação quantitativa do ion nesse extrato. Para isso, são preconizadas soluções de várias naturezas e em cada caso, deve ser escolhida a que caracterize realmente a fração do ion trocável do solo e ao mesmo tempo, a que não interfira no método analítico a ser usado para a determinação do sulfato. Desse modo, tem sido usado como agente extrator, água morna (1, 14); acetatos de sódio e amônio (10, 19); fosfatos de cálcio e potássio (5, 6); ácido clorídrico (11, 13, 18) e cloretos de cálcio, de amônio, de lítio e de magnésio (6). Entretanto, apesar desses inúmeros trabalhos, poucas ou quase nenhuma pesquisa procurou estabelecer níveis críticos do anion, relativo a uma solução extratora em particular.

Para os solos tropicais, a fração de S- SO_4^{2-} considerada como trocável, extraída com solução de 0.1 M de cloreto de lítio (17), ou com 500 ppm P na forma de $Ca (H_2PO_4)_2$ (17), ou ainda com acetato de amônio (15) é relativamente baixa. Portanto, para determinação do sulfato nesses solos, deverão ser usados métodos analíticos que apresentam um bom limite de sensibilidade.

Portanto, o objetivo deste trabalho é desenvolver um procedimento analítico que além de boa sensibilidade, seja prático e de baixo custo operacional.

Fundamentos do método

Uma solução de azul de metiltimol, contendo ions Ba^{+2} é caracterizada por se apresentar vermelha em meio ácido e azul em meio básico. A mudança é devida ao fato de que em condições ácidas os ions Ba^{+2} não são complexados pelo azul de metiltimol, enquanto que em meio alcalino há a formação de complexo de cor azul, desde que, exista quantidades equimoleculares de Ba^{+2} e metiltimol. Em caso de excesso do complexante a fração não complexada possui cor cinza.

Ao se colocar ions SO_4^{2-} em uma solução equimolecular de Ba^{+2} metiltimol em pH ácido há precipitação do SO_4^{2-} na forma de $BaSO_4$, resultando então na quebra de equimolaridade e conseqüentemente num excesso de metiltimol em solução. Elevando-se então o pH desse sistema, constituído de $BaSO_4 - Ba^{+2} -$ Metiltimol, a solução resultante passará a ter cor variando de azul à cinza, dependendo da quantidade de SO_4^{2-} presente.

Material e método

Solução estoque de cloreto de bário

Dissolver 1.526 g de $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ em um copo de 600 ml contendo 300 ml de água. Transferir a solução para balão de 1000 ml e completar o volume com água destilada.

Solução de azul de metiltimol equimolecular

Colocar 0.0591 g de metiltimol em balão de 250 ml, dissolver em 12.5 ml de solução estoque cloreto de bário e adicionar 2.0 ml de ácido clorídrico 1.0 N. A solução passa de escura a laranja. Juntar 35 ml de água destilada e completar o volume com álcool etílico. O pH desta solução é aproximadamente 2.50 e devido a sua instabilidade deverá ser preparada minutos antes de ser utilizada. Em caso de estocagem, colocar em frasco escuro e em geladeira por um período máximo de 24 horas.

Solução tampão pH 12.70

Misturar 750 ml de hidróxido de sódio 0.1 M à 250 ml de glicocol 0.1 M, agitar e transferir a solução para garrafa plástica.

Solução padrão de sulfato

Dissolver 0.1479 g de sulfato de sódio anidro em copo com 300 ml de água. Transferir a solução para

balão de 1000 ml e completar o volume com água destilada. A solução conterá 100 mg SO_4^{2-} /litro.

Método

Características espectrais do complexo Ba^{+2} – metiltimol, metiltimol não complexado e complexo metiltimol-interferentes.

Para se determinar os espectros dos sistemas acima citados, preparam-se soluções diluídas de: metiltimol- Ba^{+2} em pH 2.5 (Ba^{+2} não complexado); metiltimol- Ba^{+2} em pH 12.70 (Ba^{+2} complexados); metiltimol- Ca^{+2} , Mg^{+2} , Mn^{+2} , Fe^{+2} , K^+ , Cu^{+2} , NO_3^- , PO_4^{3-} , ClO_4^- em pH 12.70. Colocou-se uma alíquota de cada amostra em células e determinou-se o espectro de cada solução, usando-se para tal um espectrofotômetro com registrador. Fez-se uma varredura de luz com comprimento de onda variando de 300 a 700 nm, obtendo-se os espectros desejados.

Estudo do pH na complexação do Ba^{+2}

Para o estudo em pauta, foram colocadas em balão de 50 ml, contendo 10 ml de solução equimolecular de Ba^{+2} – metiltimol, 200 μg de SO_4^{2-} . Elevou-se o pH a diferentes níveis, através de adição de NaOH 0.2 N em quantidades crescentes. Em seguida completou-se o volume com água destilada. O pH de cada solução foi medido potenciométricamente e as leituras da concentração obtidas em um colorímetro com extensão de escala e com filtro de 430 nm.

Estudo dos interferentes

A fim de se verificar a interferência de diversos cátions e ânions na determinação do S- SO_4^{2-} , procedeu-se da seguinte maneira: em balão de 50 ml contendo 10 ml de solução equimolecular de bário-metiltimol em pH 2.50 e 200 μg SO_4^{2-} , colocou-se alíquotas com quantidades crescentes do interferente em teste. Em seguida, elevou-se o pH a 12.70 com tampão e completou-se o volume a 50 ml. Para efeito de comparação, o colorímetro foi aferido para leitura 50 (na escala de 0 a 100 de concentração, com solução contendo 200 μg de SO_4^{2-} sem presença de interferente).

Os cátions estudados foram adicionados na forma de cloretos, uma vez que este anion participa dos reagentes, e sua presença não constitui-se em interferente. Já para estudo da influência dos ânions em-

pregaram-se sais de sódio, pelo fato desse cation também participar dos reagentes.

Para eliminação dos cations do extrato do solo, usou-se resina catiônica DOWEX 50W – X8 com capacidade de troca de 5 meq de cation/g de resina. Para tanto, colocou-se em funil de separação de 250 ml, 20 ml de resina e \pm 20 ml de extrato de solo. Em seguida, agitou-se por 1 a 2 minutos e recolheu-se o extrato em recipiente apropriado. Usando-se esta metodologia, conseguiu-se uma eficiência na extração catiônica da ordem de 95% contra 85-87% quando se usou a tradicional coluna de extração.

Preparo da resina

Saturou-se a resina catiônica com ions H^+ tratando-a com HCl 3 – 4N. Para isso transferiu-se para um copo, aproximadamente volumes iguais de resina e de HCl 3 – 4 N, agitou-se com bastão de vidro e deixou-se em repouso por 2 minutos. Em seguida, eliminou-se parte do eluido e procedeu-se lavagens sucessivas da resina com água destilada e desmineralizada, até que não mais foi detectada a presença de HCl. Por fim eliminou-se mecânicamente toda a água existente na resina, ficando esta pronta para ser usada.

Após o seu emprego na extração dos cations do extrato clorídrico, como referenciado anteriormente a resina foi recuperada. Para isso transferiu-se o material do funil para um copo e procedeu-se a lavagem com HCl 3 a 4 N conforme metodologia citada anteriormente.

Estudo da estabilização do complexo metiltimol- Ba^{+2}

Em balão de 50 ml colocou-se 10 ml de mistura equimolecular Ba^{+2} – metiltimol com pH \approx 2.50. Em seguida, adicionou-se quantidades de SO_4^{2-} correspondentes a 0, 10 e 600 μg , elevou-se o pH \approx 12.70 e completou-se o volume com água destilada. Fez-se a leitura até 30 minutos em períodos de 5 minutos, seguida de períodos de 10 minutos até uma hora e finalmente períodos de 1 hora até o tempo de 5 horas.

Preparo da curva padrão

Tomou-se alíquotas de 0, 1.0, 2.0, 3.5, 4.0 e 5.0 ml da solução padrão SO_4^{2-} (100 μg SO_4^{2-} /ml), colocou-se em balão de 50 ml, contendo 10 ml de solução de azul de metiltimol, agitou-se bem e deixou-se em repouso por 3 a 5 minutos. Em seguida,

adicionou-se 10 ml de solução tampão pH 12.70, agitou-se e completou-se com água destilada.

Aferiu-se o ponto zero da escala de leitura do aparelho, com o padrão em branco ($0.0 \mu\text{g SO}_4^{-2}$) e o valor 100 ou outro valor máximo, dependendo da escala utilizada, com o padrão de $500 \mu\text{g SO}_4^{-2}$. Fez-se as leituras dos valores intermediários e traçou-se a curva padrão.

Em se tratando de colorímetro de boa sensibilidade, expandindo-se a escala consegue-se linearidade para valores de 0 a $300 \mu\text{g}$ de SO_4^{-2} ou seja de 0 a 100 ppm S.

Preparo de amostras de solo

Pesou-se 20 g de solo seco ao ar tamizado em peneiras de 2 mm e colocou-se em erlenmeyer de 100 ml. Adicionou-se 50 ml de HCl 0.001 N, agitou-se durante 30 minutos e filtrou-se em papel de filtro. Nestas condições, o extrato está pronto para ser colocado em contato com a resina catiônica. Assim, tomou-se aproximadamente 20 ml de resina úmida, saturada com ion hidrogênio e colocou-se em um funil de separação de 200 – 300 ml. Adicionou-se 10 ml de filtrado e agitou-se por 1 minuto. Deixou-se o sistema resina-extrato em repouso até decantação da resina e em seguida, fez-se a separação do extrato, coletando-o em copo pequeno o sobrenadante o qual, estão em condições de ser analisado. Tomou-se alíquotas de 4 a 10 ml do extrato devidamente preparado e colocou-se em balão de 50 ml contendo 10 ml de azul de metiltimo. Agitou-se e deixou-se em repouso por 3 a 5 minutos. Adicionou-se 10 ml de tampão, completou-se o volume com água destilada e fez-se as leituras no colorímetro. Em se tratando de extrato muito ácido, deve-se fazer uma neutralização prévia antes de colocar o tampão, pela adição de gotas de NaOH 1 N, até o aparecimento de cor azul. Este procedimento, tem a finalidade de permitir uma maior eficiência do tampão.

Resultados e discussão

Espectros

Os espectros de absorção do metiltimo- Ba^{+2} em pH ≈ 2.5 ; metiltimo- Ba^{+2} em pH 12.70; metiltimo- Ba SO_4 pH 12.70 e metiltimo-interferentes são mostrados na Figura 1.

O metiltimo em pH 2.50 apresenta absorção máxima em 440 nm; o complexo metiltimo- Ba^{+2}

em 610 nm e o metiltimo-interferentes variando entre 600-620 nm. Os interferentes representados pelos cátions bivalentes, como o Cu^{+2} , o Ca^{+2} e o Fe^{+2} , uma vez que formam complexo do mesmo tipo do metiltimo- Ba^{+2} , apresentam λ_{max} de 610 nm.

Para o complexo metiltimo- Ba^{+2} (pH 12.70), a lei de Beer é mais rigorosamente observada em λ 610 nm. No entanto, para este comprimento de onda a presença dos interferentes (Ca^+ , Cu^{+2} , Mg^{+2} , e Fe^{+2}) torna-se bem pronunciada. Como eliminação dos cátions do extrato do solo, pela resina catiônica não apresenta uma eficiência de 100%, os traços de interferentes remanescentes são sensivelmente detectados quando adota-se esse comprimento de onda. Devido a isso, escolheu-se λ de 430 nm onde apesar da concordância com a lei de Beer ser um pouco prejudicada, a presença dos interferentes remanescentes torna-se bem menor e no final, a sensibilidade do processo é mais favorável.

Estudo da estabilização

Os resultados são apresentados na Figura 2. Nos primeiros 15 minutos, a partir do início da reação de formação do complexo, não há uma estabilização perfeita do sistema, devido talvez a uma baixa velocidade de reação. Após esse primeiro período, estabelece-se um estado de equilíbrio que vai até 4.5 horas e a partir deste último estágio inicia-se novamente uma fase de instabilidade. Portanto recomenda-se um tempo de repouso mínimo de 15 minutos e máximo de 45 horas, após o início da reação, antes das leituras das soluções.

Interferentes

Os resultados são mostrados no Quadro 1.

Pelos resultados obtidos, verifica-se que os anions estudados não interferem no método pois estes, não precipitam o Ba^{+2} . Os cations monovalentes por sua vez, a exemplo do K^+ não são fortes interferentes, devido a não complexação total desses cations pelo metiltimo. Por outro lado, os multivalentes possivelmente sendo complexados pelo metiltimo, competem com o Ba^{+2} e conseqüentemente tem grande influencia na reação. Portanto nessas condições para a determinação do SO_4^{-2} , nos extratos de solo é necessário a eliminação dos diversos ions, através do uso de resina de troca catiônica.

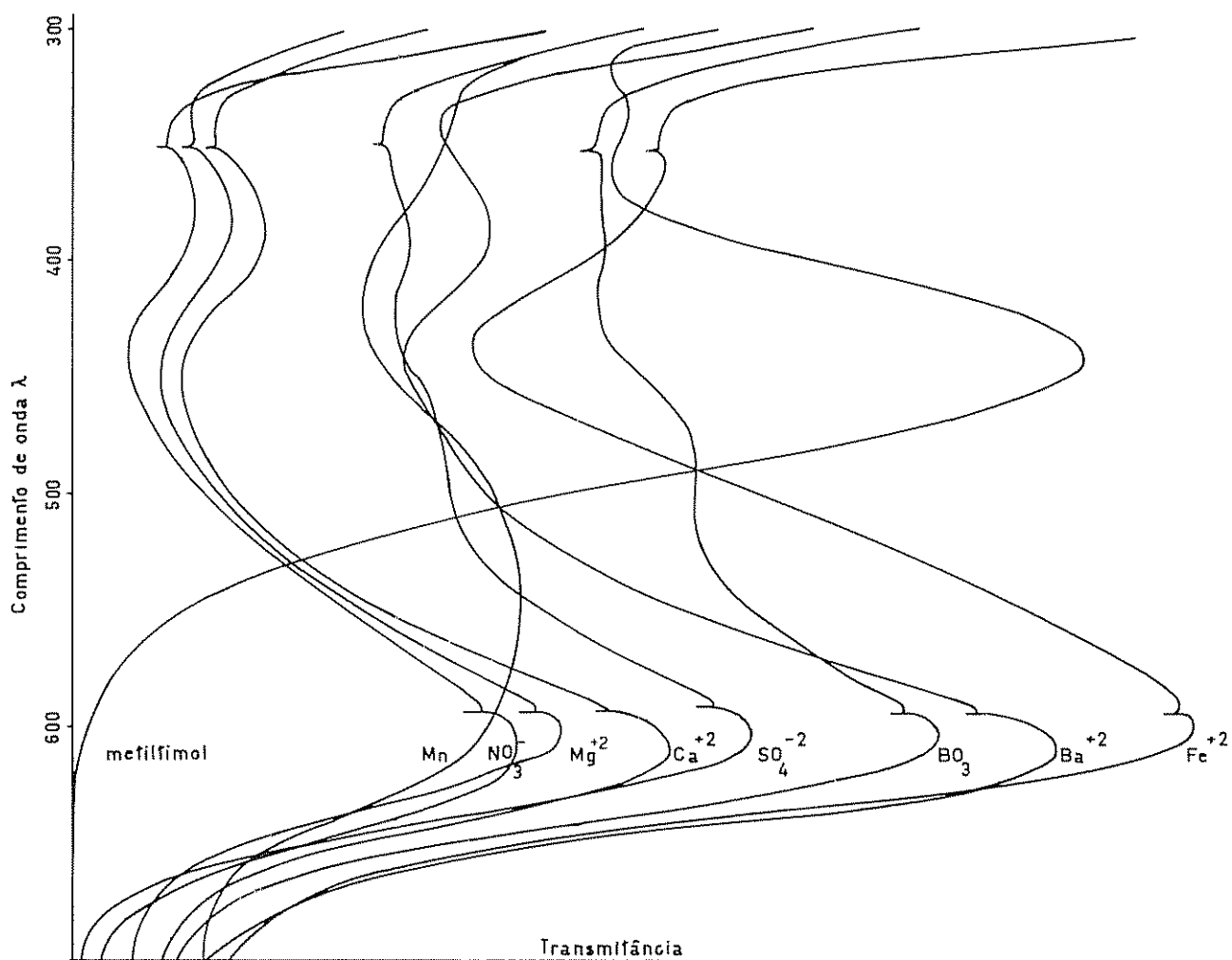


Fig. 1 Espectros de absorção do metilthimol - Ba⁺⁺ e metilthimol interferentes Metilthimol - pH 2.50 Demais espectros - pH 12.70

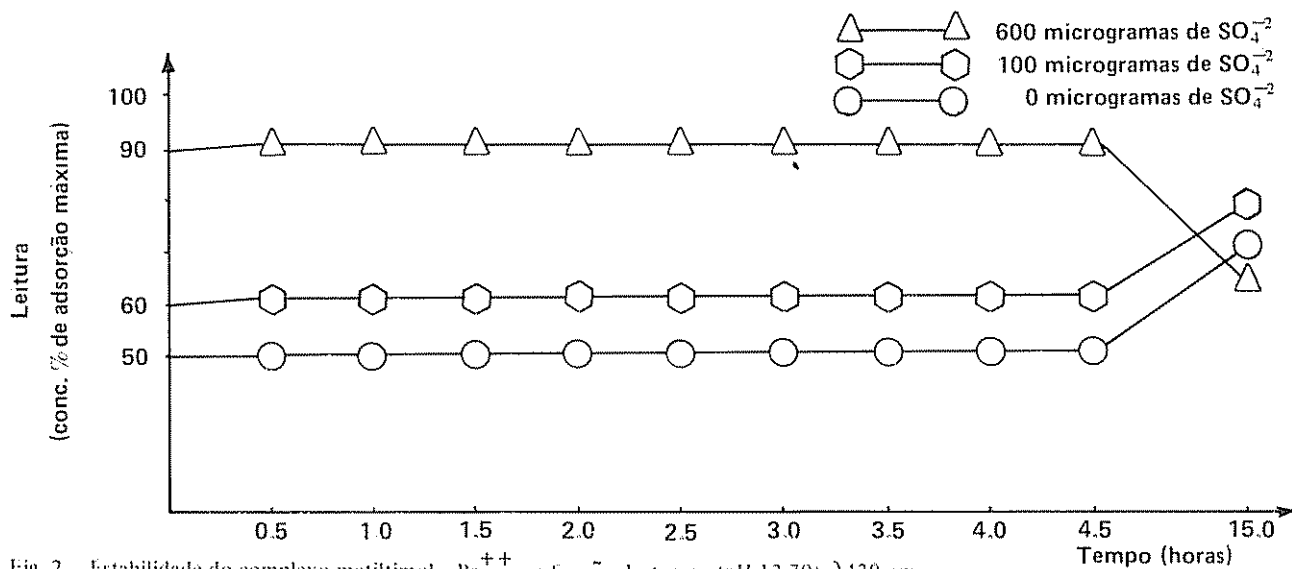


Fig. 2. Estabilidade do complexo metilthimol - Ba⁺⁺ em função do tempo (pH 12.70) λ430 nm.

Quadro 1. Interferência dos íons no complexo metiltímol-Ba⁺². Leitura fixada em 50 (escala 0-100 do colorímetro) para o µg do interferente.

Cálcio	µg Leitura	0	5	40	200	1000	5000
		50.0	37.5	36.0	34.0	33.0	33.0
Magnésio	µg Leitura	0	10	30	120	600	1800
		50.0	40.0	41.0	42.5	44.0	45.6
Potássio	µg Leitura	0	10	50	200	2000	
		50.0	50.5	56.6	56.0	56.0	
Cobre	µg Leitura	0	5	10	20	100	1000
		50.0	54.0	55.0	58.0	60.0	60.8
Ferro II	µg Leitura	0	5	20	100	550	1100
		50.0	36.5	38.0	53.0	56.2	98.0
Nitrato	µg	0	10	20	42.5	85	850
	Leitura	50.0	50.5	51.5	51.5	52.0	56.0
Fosfato	µg	0	10	50	100	200	1000
	Leitura	50.0	50.0	50.0	50.0	51.0	52.0
Perclorato	µg	0	100	500	1000	2000	10000
	Leitura	50.0	53.0	55.0	56.0	57.0	59.0

Estudo do pH na complexação do bário

O complexo metiltímol-bário apresenta estado de equilíbrio estável na faixa de pH 12.60 – 12.80 (Quadro 2).

Como o intervalo de pH, no qual, o complexo metiltímol-bário apresenta-se estável é muito estreito, e considerando que a determinação deste complexo terá que ser procedida num ponto de estabilização, então teve-se que eleger um tampão que permitisse a obtenção de um pH dentro do intervalo mencionado. Para tanto, usou-se a solução de SIRONSEN, com pH 12.70 aproximadamente.

Quadro 2. Estabilidade do complexo metiltímol-Ba⁺² em função do pH.

pH	Leitura
10.50	99
11.93	95
12.11	91
12.20	87
12.27	86
12.35	83
12.55	78
12.62	69
12.67	68
12.70	68
12.75	68
12.82	65
12.95	43

Curva padrão

Para curva de calibração com um máximo de 500 λ de SO_4^{2-} /50 ml, obtiveram-se resultados incluídos na Quadro 3.

Quadro 3. Valores de curva de calibração em la determinação de SO_4^{2-} .

$\mu\text{g SO}_4^{2-}$ adicionado/ balão 50 ml	Leitura
0	0
100	21.0
200	40.0
300	62.0
400	79.0
500	100.0

Para tais grupos de valores, encontrou-se um coeficiente de correlação (r) de 0.994.

A curva padrão desde que traçada para valores extremos 400-1000 μg de SO_4^{2-} /balão 50 ml apresentou coeficiente de correlação da ordem de 0.990. Valores extremos inferiores de 400 μg , para a condição do aparelho utilizado — (EEL-222) não apresentou boa linearidade, devido à limitação na expansão da escala do colorímetro. Por outro lado, para quantidades de SO_4^{2-} superiores a 1000 μg /balão 50 ml a linearidade é prejudicada devido ao excesso de SO_4^{2-} relativamente ao de bário.

Quadro 4. Conteridos de S- SO_4^{2-} (ppm) extraído com HCl 10^{-3} M. Solos do Estado de São Paulo. Os valores médios de S- SO_4^{2-} estimado para cada solo é resultante de 4 sub-amostras.

Solo ¹	Repetições				Média	Coeficiente de Variação (%)
	1	2	3	4		
LEa	15.8	17.5	16.4	17.1	16.7	4.51
TE	27.5	24.5	24.1	24.3	25.1	6.40
PV1s	12.6	13.2	13.1	13.0	13.0	2.03
PVq	24.1	25.0	24.3	24.0	24.3	2.94
O	24.8	25.0	25.1	24.7	25.0	0.86
LR	20	20.3	19.7	20.1	20.0	1.25
LVa	17.8	18.5	18.6	18.3	18.3	2.21
Pln	23.3	21.7	22.4	22.7	22.5	2.93

1 LEa — Latossol Vermelho Escuro Fase Arenosa; TE — Terra Roxa Estruturada; PV1s — Podzólico Vermelho Amarelo Variedade Laras; PVq — Podzólico Vermelho Amarelo Variedade Piracicaba; O — Solos orgânicos; LR — Latossol Roxo; LVa — Latossol Vermelho Amarelo Fase Arenosa; Pln — Solos Podzolizados de Lins e Marília; Variedade lins

Enxofre trocável

O uso de um extrator para a fração do S na forma de SO_4^{2-} do solo é motivo de muita discussão entre pesquisadores. No entanto há um uso mais frequente do cloreto de lítio 0.1 M como extrator, pois melhores correlações entre a quantidade de S extraído e a produção de vegetal tem sido obtida (18, 20). Entretanto, o uso dessa solução é ainda questionada por outros pesquisadores, os quais tem preferido extratores como: CaCl_2 ; $\text{CaCl}_2\text{-K}_2\text{HPO}_4$; CaHPO_4 ; MgCl_2 ; KCl ; HCl ; acetados, etc. (6, 7, 12).

Desse modo, McClung *et al.* (15) encontraram que para os solos do Estado de São Paulo, o S extraído com acetato de amônio varia entre 1.8 a 21.7 ppm. Para o mesmo extrator, Mackenzie *et al.* (12), verificaram que em solos de Quebec, o S-trocável está entre 47 a 109 ppm. Por sua vez, Neptune *et al.* (17) afirmaram que em solos do Brasil o S extraído com $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, em média, varia de 4.8 a 23.3 $\mu\text{g S/g}$ solo. Finalmente, Little (9) encontrou uma variação de 14 a 26 ppm de S-trocável, quando o anion foi extraído com HCl 0.001 N.

No presente trabalho empregou-se o HCl 0.001 N e os teores de S- SO_4^{2-} em solos do Estado de São Paulo, determinado pelo método proposto são mostrados na Quadro 4.

Os conteúdos de S- SO_4^{2-} encontrados nos solos analisados variaram de 13.0 a 25.0 ppm e portanto estão coerentes com os dados citados na literatura.

Resumo

Em confronto com os métodos tradicionais de determinação do S trocável do solo que pecam em sencibilidade, reprodutibilidade e consumo excessivo de tempo, o método descrito neste trabalho apresenta características mais favoráveis. Metiltimol azul em pH elevado (12.70) complexa o ion bário e a intensidade da cor resultante varia linearmente, em função da quantidade do ion presente na solução. Partindo-se desse princípio, indiretamente o S na forma de SO_4^{2-} é determinado, com um colorímetro provido de escala expandida e filtro de 430 nm.

O extrato de solo é obtido com $\text{HCl } 10^{-3} \text{ M}$ na proporção de 2.5 ml de solução extratora por grama de solo. Os cátions presentes no extrato constituem-se em interferentes, uma vez que também são complexados pelo metiltimol, devendo-se, portanto, usar uma resina trocadora de cátions na sua eliminação.

Para os solos do Estado de São Paulo, encontraram-se os seguintes resultados em (ppm) de S- SO_4 : LEa - 16.7; PVls - 13; LVa - 18.3; LR - 20; Pln - 22.5; PVp - 24.3; TE - 25 e 0 - 25.

Em ordem de grandeza, os valores acima obtidos são coerentes com os descritos na literatura.

O coeficiente de variação apresentou valores entre 6.40 e 0.86, tendo 2.36 como valor médio, o que permite assegurar que o método usado tem boa precisão.

Literatura citada

1. BERLETT, F. D. e NELLER, J. R. Turbidimetric determination of sulfate sulfur in soil extracts. *Soil Science* 90:201-204. 1960.
2. CHENG, K. L. Determination of zirconium and hafnium with xylenol orange and methylthymol blue. *Analytical Chemical Acta*. 28:41-53. 1963.
3. CLARK, J. R. Determination of water-soluble sulfate in soils. *Soil Science* 86(5):241-249. 1958.
4. GALES, M. E., KAYLOR, W. H. e LONG-BOTTOM, J. E. Determination of sulfate by automatic colorimetric analysis. *Analyst*. 93(1103):97-100. 1968.
5. HOEFT, R. G., WALSH, L. M. e KEENEY, D. R. Evaluation of various extractants for

available soil sulfur. *Soil Science Society America Proceedings*. 37:402-404. 1973.

6. JONES, L. H. P., COELING, D. W. e LOCKYER, D. R. Plant-available and extractable sulfur in some soils of England and Wales. *Soil Science*. 144:104-114. 1972.
7. KOWALENKO, G. G. and LOWE, L. E. Evaluation of several extraction method for sulfur mineralization. *Canadian Journal Soil Science*. 55(1):1-8. 1975.
8. LAZRUS, A. L., HILL, K. C. e LODGE, J. P. A new colorimetric microdetermination of sulfate ion. *Technicon Symposium 1965. Automation in Analytical Chemistry*. Mediad Jue, New York. 291 p. 1966.
9. LITTLE, R. C. Determination of readily soluble sulfates in soil. *Journal Science Food Agriculture*. 4:336-345. 1953.
10. LOWE, L. E. e DELONG, W. A. Aspects of sulfur status of three Quebec soils. *Canadian Journal Soil Science*. 41:141-146. 1961.
11. LOWE, L. E. An approach to the study of sulphur status of soil and its application to selected Quebec soils. *Canadian Journal Soil Science*. 44:176-179. 1964.
12. MACKENZIE, A. F., DELONG, W. A. e GHANEM, I. S. Total sulfur acetate-extractable sulfur and isotopically exchangeable sulfate in some Eastern Canadian soils. *Plant and Soils* 27(3):408-414. 1967.
13. MANN, H. H. Variation of sulphur in soils under a continuous grain crop. *Journal Soil Science*. 6:241-247. 1955.
14. MASSOUMI, A. e CORNFIELD, A. H. A rapid method for determing sulfate in water extracts of soils. *Analyst*. 88:321-322. 1963.
15. McCLUNG, A. A., FREITAS, L. M. e LOTT, W. L. Estudos sobre o enxofre em solos de Sao Paulo, I.B.E.C. Research Institute. 31 p. 1959.
16. METCALFE, J. Metlythymol blue as a reagent for the spectrophotometric determination of magnesium. *Analyst*. 90:409-412. 1965.

-
17. NEPTUNE, A. M. L.; TABAITABAI, M. A. e HANWAY. Sulfur fractions and carbon-nitrogen-phosphorus sulfur relationships in some Brazilian and Iowa soils. *Soil Science Society America Proceedings*. 39:51-55. 1975.
18. ROBERTS, S. e KOEHLER, F. E. Extractable and plant-available sulphur in representative soils of Washington. *Soil Science*. 106(1):53-59. 1968.
19. SPENCER, K. e FRENEY, J. R. A comparison of several procedures for estimating the sulphur status of soils. *Australian Journal Agricultural Research*. 2(6):948-959. 1960.
20. TABAITABAI, M. A. e BREMNER, J. M. Distribution of total and available sulfur in selected soils and soil profiles. *Agronomy Journal* 64:40-44. 1972.

COMUNICACIONES

Collecting wild cassavas, *Manihot* spp in Brazil*

Resumo. O autor viajou durante 17 semanas (15 de Fevereiro a 29 de Março, 4 de Julho a 12 de Agosto de 1980, 19 de Fevereiro a 12 de Março de 1981) por nove estados Brasileiros de duas áreas: Nordeste Brasileiro em Estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí, Maranhão, Pernambuco, Paraíba e Bahia; Centroeste Brasileiro: estados de Goiás e Mato Grosso do Sul. Sementes e/ou estacas foram coletadas e plantadas numa coleção viva.

Numero total de 726 introduções são agora numa coleção viva na Universidade de Brasília. São: *M. caerulescens*, *M. glaziovii*, *M. dichotoma*, *M. pseudoglaziovii*, *M. epruinosa*, *M. heptaphylla*, *M. pohlii*, *M. grahamii*, *M. zenhtneri*, *M. reptans*, *M. sp* (undertermined) 6 (Seize) mil sementes das seguintes espécies são mantidas para que sejam plantadas na próxima estação. São *M. tripartita*, *M. gracilis*, *M. falcata*, *M. fruticulosa*, *M. longeperiolata*, *M. oligantha*, *M. pentaphylla*, *M. alutacea*, *M. pruinosa*, *M. paviaefolia*, *M. salicifolia*, *M. purpurea-costata*, *M. attenuata* e *M. tomentosa*.

A distribuição geográfica destas espécies esta relatada. Avaliação destas introduções em relação a resistência a Xanthomonas manihotis, Coelosternus manihoti, e capacidade de formação de raízes esta apresentado. Sementes deste material são disponível aos melhoristas de IITA e CIAT.

There is evidence that Northeastern Brazil and the states of Goiás and Mato Grosso are the main centers of diversity in the genus *Manihot* (1). These sites were found to contain about 50 wild species. A collecting trip in Northeastern Brazil was carried out by this author in 1975. The material collected in that trip proved extremely valuable to plant breeders

For example, plants of *M. glaziovii* that grow in IITA and those which came from that material, showed a high level of resistance to the mealy bug, a very dangerous insect in West Africa. Moreover, crosses between these plants and cassava cultivars were highly fertile. These results were the principal stimulus for the expedition as it showed the need for more exploration in these areas to obtain a broader spectrum of germplasm to be used in plant breeding programs. In addition to this objective, many natural habitats are suffering continuous destruction and a number of wild species are on the verge of extinction (1, 2).

Therefore, saving these genotypes and maintaining them in a living collection was another stimulus for this work.

Materials and methods

To determine localities of wild *Manihot* species, the following procedures were followed:

1. Localities of wild *Manihot* species in Northeastern Brazil, Goiás, and Mato Grosso were extracted from the monograph of Rogers & Appan (4).
2. A visit was made to the herbarium of the Universidade Federal do Ceará where a major collection of *Manihot* is deposited. They were studied, and localities of species were determined.
3. Cooperation was obtained from the Brazilian Corporation for Extension and Rural Assistance (Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER). The chief of the exten-

* Supported by a grant from the International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canada, and the National Council for Research Development (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasília, Brazil

sion services for cassava contacted his agents in approximately 500 counties and requested that farmers be asked to supply the localities of *Manihot* spp. known to grow wild on their farms and called "Maniçoba". Several agents were very helpful and supplied information, assistance in the field and guided me to the actual localities.

4. Rainfall distribution in Northeastern Brazil was studied. Species adapted to drought regions were determined by comparing their natural habitats with rainfall distribution.
5. Seeds of the collected species were germinated using 26/38 C for 18/8 hours to break dormancy, then planted in a nursery. After 2 months, the seedlings were transplanted to the plots for the collection. Ability to form tubers was examined at this stage.
6. Four months after transplantation, the growing plants were infected artificially by *Xanthomonas manihoti* according to Takatsu and Lozano (5). The infections were applied to 3 plants of each species.
7. Observation of susceptibility of the growing plants to infection by *Coelosternus manihoti* was documented. For this purpose, 50 stems of each species were investigated.

Results and discussion

The help received from EMATER, Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (Brazilian Corporation for Technical Assistance and Rural Extension), was extremely valuable and serves as an example for what can be called a national campaign for saving wild cassavas threatened by extinction. The areas covered and routes followed are shown in Figures 1 and 2. The results of these collecting activities are presented in Tables 1 and 2 including the species collected, the areas of collection and the number of living plants of seeds in storage. A total of 6750 accessions of wild *Manihot* species true seed and cuttings were collected from about 60 sites (Table 1, 2). The sampling was performed on a population basis. Each seed collection was gathered from different plants of the local population taken at random.

The travel dates correlated with the maturation period of the fruit which is normally subsequent to the rainfall in different parts of Brazil. February to March is the most suitable time for collection from the littoral and adjacent areas in Northeastern

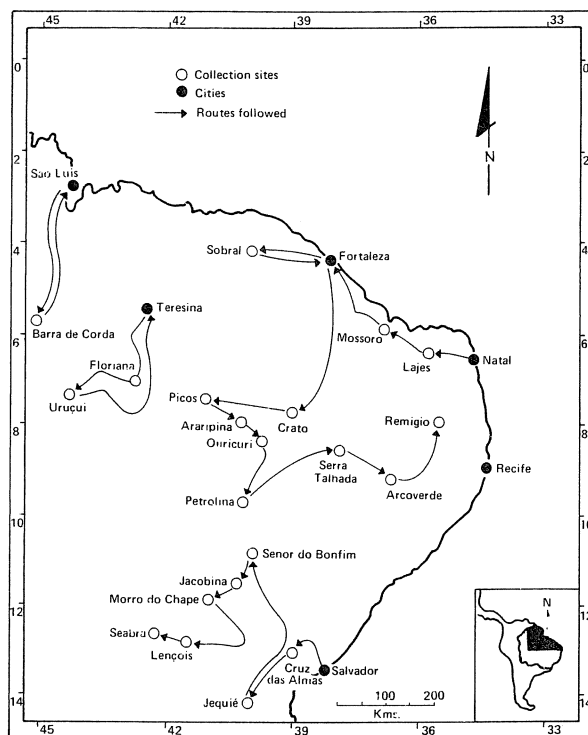


Fig. 1. Route and regions of collection in Northeast Brazil.

Brazil. These areas are known as the "zona de mata" and "zona de agreste" respectively. July to August is the suitable time for collection from the savana regions known as the "catingae." In Goiás and Mato Grosso do Sul, the most suitable time is also February to March.

The geographical distribution of *M. pseudo-glaziovii* was seen to be restricted to the littoral areas with rainfall precipitation ranging from 1000 – 1400 mm (Figure 3). However, material of this species was collected from microregions with a very low precipitation of only 500 mm per year, such as the region of Remigio, the state of Paraíba. It seems that this species has developed certain biotypes adapted to drought conditions. These biotypes can be used in breeding programs as sources of resistance to drought.

Occurrence of *Manihot glaziovii* was restricted to dry regions such as Crato and Sobral with rainfall precipitation of 600 – 700 mm per year. This species can also be used as another source of drought tolerance. Another species, *M. caerulea*, was also collected from dry regions, Picos and Petrolina (500 – 600 mm per year). Geographic distribution of this species had been studied earlier by the author (3). This new data confirms the previous results of its

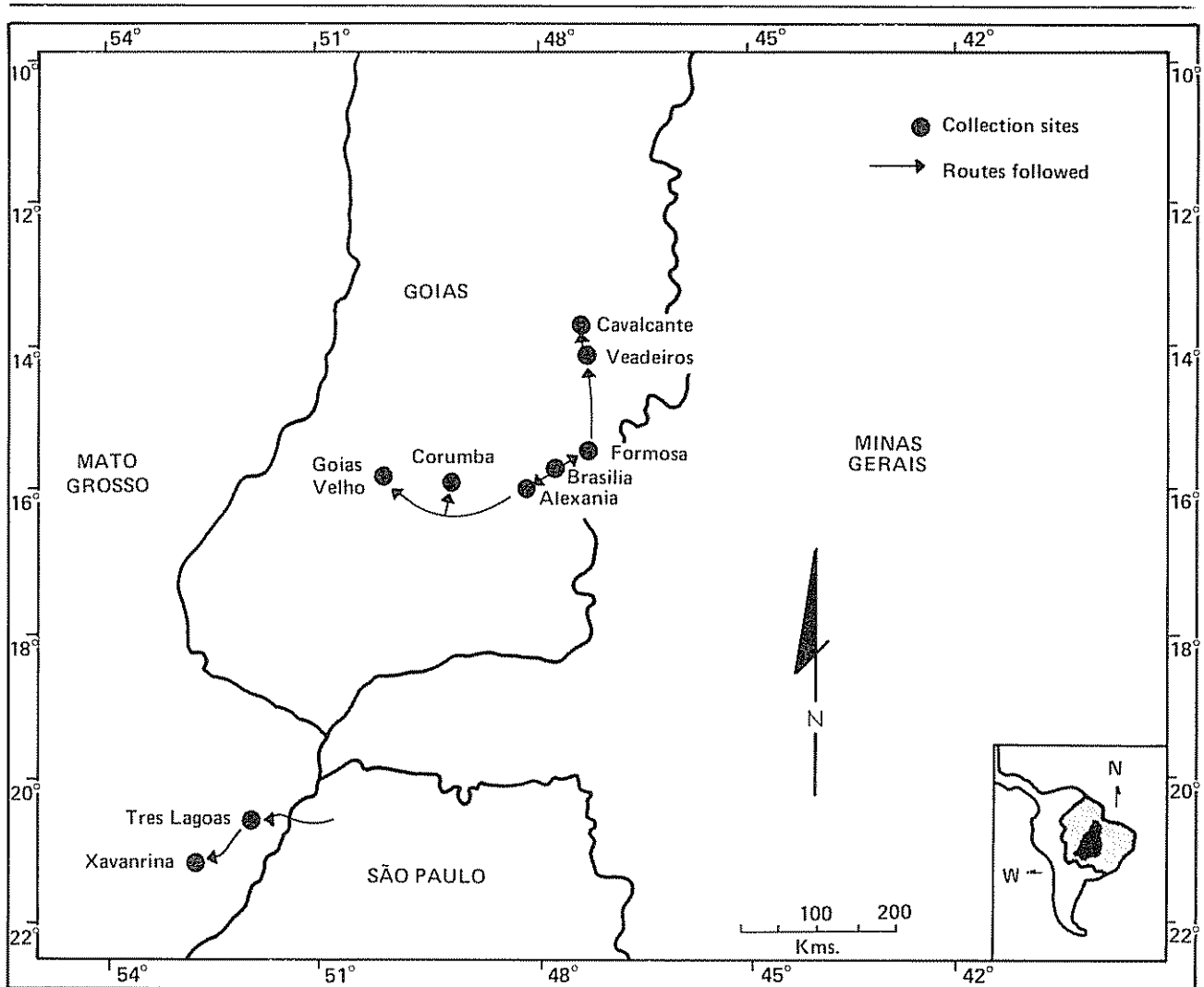


Fig. 2 Route and regions of collection in West-Central Brazil

large distribution covering vast areas with large range of precipitation.

Manihot attenuata, *M. purpurea-costata*, *M. alutacea* and *M. peltata* were collected from the Veadeiros-Cavalcanti region in the state of Goiás. The first two species are endemic to this region as they have not been reported to occur in any other. Probably this is due to the dramatic heterogeneity of the topography of this region with a high plateau of 1600 m elevation. Probably this has provided the isolation of fragmented populations that made possible evolution of these two species. *Manihot attenuata* may provide a considerable source for tolerance to cool temperature in breeding programs

because it grows at elevations of about 1600 – 1700 m.

Preliminary evaluation of the living plants at the Estação Biológica, Universidade de Brasília (Table 3) showed, that *M. pseudoglaziovii* is highly resistant to *Xanthomonas manihotis*. Probably this resistance had been acquired because it grows naturally in humid regions and the littoral areas where natural selection may have worked to bring out these types. The same thing can be said for *M. reptans* which also grows in similar conditions in Central Brazil.

The only species found to form tubers was *M. caerulescens*. As shown by the author earlier (3), this

Table 1. *Manihot* species collected as seeds, locality of collection and number of living plants at the Estação Biológica, Universidade de Brasília.

Species	Locality of collection	Nº of living plants in cultivation
<i>M. caeruleascens</i>	Picos, Floriano, Urucui (PI), Petrolina, Araripina (PE), Morro de Chapcu (BA) Tres Lagoas (MS)	261
<i>M. glaziovii</i>	Sobral, Crato (CE)	145
<i>M. dichotoma</i>	Serra talhada, Ouricuri (PE)	26
<i>M. pseudoglaziovii</i>	Natal, Lajes, Mossoro (RN), Campina Grande, Remigio (PB)	72
<i>M. epruinosa</i>	Barra de Corda (MA)	16
<i>M. heptaphylla</i>	Seabra, Senhor de Bonfim (BA)	21
<i>M. pohlii</i>	Jequie (BA)	7
<i>M. spp.</i>	Jacobina (BA)	7
Natural hybrid	Cruz das Almas (BA)	6
<i>M. reptans</i>	Alexania (GO)	86
<i>M. zenlmeri</i>	Goiânia (GO)	71
<i>M. grahamii</i>	Sta Helena (GO)	8

species had suffered frequent natural hybridization with cultivated cassava resulting in the production of various biotypes. Probably this explains the acquiring ability for tuber formation.

Manihot pohlii collected from Jequie is a promising source for producing natural rubber under "cerrado" conditions. Wild plants growing in this region had been utilized by local farmers for the production of natural rubber.

This is the first report of possible economic utilization of this plant for this purpose. Moreover, it proved easy propagation by cuttings in our living collection. This fact would make it a good candidate for breeding programs to improve rubber productivity.

Many parts of Northeastern Brazil have not yet been visited. There is an urgent need for the systematic collection of *Manihot* germplasm from these

Table 2. *Manihot* species collected as seeds, locality of collection and the number of seeds now in the seed bank at the Departamento de Engenharia Agrônômica, Universidade de Brasília.

Species	Locality of Collection	Nº of seeds
<i>M. reptans</i>	Coromba, Goiás Velho, Alexania Formosa, Veadeiros (GO)	711
<i>M. zenlmeri</i>	Goiania (GO)	322
<i>M. salicifolia</i>	Xavantina (MS)	110
<i>M. purpurea-costata</i>	Veadeiros (GO)	205
<i>M. stricta</i>	Xavantina (MS)	180
<i>M. attenuata</i>	Veadeiros (GO)	132
<i>M. gracilis</i>	Luziania (GO)	561
<i>M. falcata</i>	Alexania (GO)	282
<i>M. fruriculosa</i>	Alexania (GO)	410
<i>M. oongeperiolata</i>	Brasília (GO)	475
<i>M. oligantha</i>	Cristalina (GO)	223
<i>M. pentaphylla</i>	Goiás Velho (GO)	396
<i>M. alutacea</i>	Goiás Velho (GO)	341
<i>M. pruinosa</i>	Goiás Velho (GO)	24
<i>M. paviaeifolia</i>	Coromba de Goiás (GO)	533
<i>M. tomentosa</i>	Formosa (GO)	341
<i>M. tripartita</i>	Goiania (GO)	615

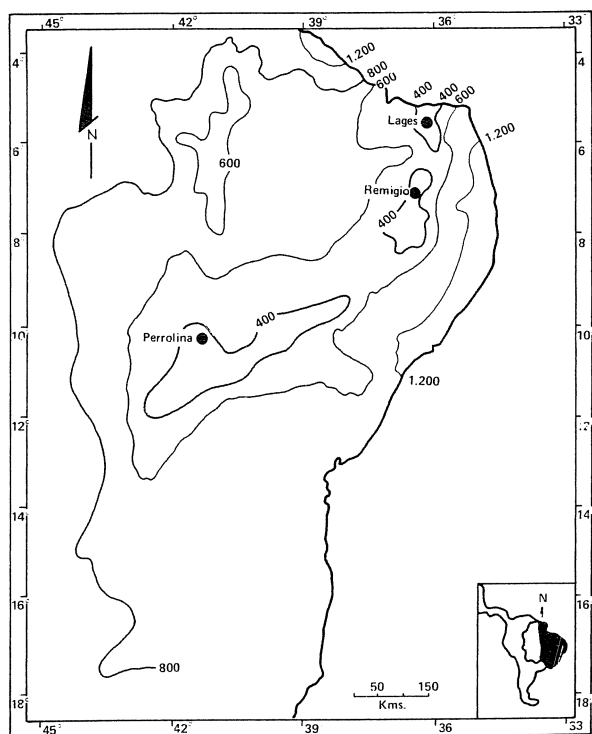


Fig. 3. Average annual rainfall distribution in Northeast Brazil.

regions. Natural hybrids should receive more attention in collection work because of their assumed easy crossability with cassava and their large charge of genetic variability. A new approach to collection should be the collaboration of researchers with exten-

sion agents in the area through suitable arrangements with central extension administration.

Summary

The author has travelled for 17 weeks (February 15 – March 29, July 4 – August 12, 1980; February 1 – March 12, 1981) in nine Brazilian states distributed in two main areas: Northeastern Brazil in the states of Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí, Maranhão, Pernambuco, Paraíba and Bahia, and West-Central Brazil in the states of Goiás and Mato Grosso do Sul. Seeds and/or cuttings were collected and planted in a living collection.

A total of about 726 introductions are now being grown at the Universidade de Brasília. They are: *M. caerulescens*, *M. glaziovii*, *M. dichotoma*, *M. pseudoglaziovii*, *M. epruinosa*, *M. heptaphylla*, *M. pohlii*, *M. grahamii*, *M. zenhtneri*, *M. reptans*, *M. sp.* (undetermined), and a natural hybrid. Six thousand seeds of the following species are being maintained until planting in next season: *Manihot tripartita*, *M. gracilis*, *M. falcata*, *M. fruticulosa*, *M. longeperiolata*, *M. oligantha*, *M. pentaphylla*, *M. alutacea*, *M. pruinosa*, *M. paviaefolia*, *M. stricta*, *M. salicifolia*, *M. purpurea-costata*, *M. attenuata* and *M. tomentosa*.

The geographical distribution of these species is reported.

Evaluation of the introductions in relation to resistance to *Xanthomonas manihoti* and *Coelosternus manihoti*

Table 3. Evaluation of some of the collected species grown in the living collections at the Estação Biológica Universidade de Brasília.

Species	Description
<i>M. caerulescens</i>	Susceptible to <i>Xanthomonas manihotis</i> and <i>Coelosternus manihoti</i> , collected from regions with 600 mm rainfall per year; rubber producer.
<i>M. pseudoglaziovii</i>	Highly resistant to <i>Xanthomonas manihotis</i> . Susceptible to <i>Coelosternus manihotis</i> (Figure 5) some collections from regions with precipitation as low as 500 mm per year.
<i>M. glaziovii</i>	Susceptible to <i>Xanthomonas manihotis</i> , very susceptible to <i>Coelosternus manihoti</i> (Figure 6). From dry regions with 700 mm of precipitation per year; rubber producer.
<i>M. pohlii</i>	Highly resistant to <i>Coelosternus manihoti</i> . Easily propagated by cuttings; excellent rubber producer in Cerrado habitats.
<i>M. reptans</i>	Highly resistant to <i>Xanthomonas manihotis</i> and <i>Coelosternus manihoti</i> .
<i>M. zenhtneri</i>	Susceptible to <i>Xanthomonas manihotis</i> and <i>Coelosternus manihoti</i> .
<i>M. grahamii</i>	Highly resistant to <i>Coelosternus manihoti</i> .

sernus manihotii as well as the capacity to form rubber is presented here. Seeds of these materials have been made available to breeders of IITA and CIAT.

Acknowledgments

I like to extend my gratitude to IDRC, Ottawa, and the CNPq, Brasilia, for their financial support, to Drs. Barry Nestel, formerly of IDRC and Roberto Meirelles de Miranda of UnB for their encouragement, Eng. Agro. Jairo Ribeiro da Silva, Director for cassava extension, EMATER, for his valuable help with *Xanthomonas* inoculations.

July 5, 1981

NAGIB M. A. NASSAR*

* Departamento de Agrônômica Universidade de Brasilia 70 910 - Brasilia, D. F. BRASIL.

Literature cited

1. NASSAR, NAGIB. M. A. Conservation of the genetic resources of cassava (*Manihot esculenta*): Determination of wild species localities with emphasis on probable origin. *Economic Botany* 32(3):311-320. 1978.
2. NASSAR, NAGIB, M. A. A study of the collection and maintenance of the germplasm of wild cassavas, *Manihot* spp. *Turrialba* 29:221-224. 1979.
3. NASSAR, NAGIB. M. A. Three brazilian *Manihot* species with tolerance to stress conditions. *Canadian Journal of Plant Science*. 59:553-555. 1979.
4. ROGERS, D. J. and APPAN, S.G. Flora Neotropica. Monograph No. 13, *Manihot*, *Mahinotoides* (*Euphorbiaceae*), Hafner Press, New York p. 272. 1973.
5. TAKATSU, A. and LUZANO, J. C. Translocación del agente causal del amplo bacterial de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en los tejidos de hospedero. *Fitopatología* 10(1):13-22. 1975.

Fewer beetle pests on beans and cowpeas interplanted with banana in Costa Rica

Resumen. Se estudió la densidad de los escarabajos *Diabrotica balteata* y *Cerotoma ruficornis rogersi* en monocultivo de frijol común y de frijol de costa (caupí) así como en el cultivo asociado de estas dos especies con banano. El trabajo se realizó en Costa Rica, haciendo el muestreo de campo con la ayuda de una red. La población en Costa Rica, fue aproximadamente tres veces más alta en los monocultivos que en los cultivos asociados, lo que quizá permita explicar las diferencias en rendimiento obtenidas cuando se intercalan leguminosas en el trópico.

Beans and cowpeas are frequently interplanted with other crops throughout the subtropics and tropics. What are the advantages of growing the crops in polycultures? Although much speculation has focused on the possibility that there are fewer insect pests on these crops when interplanted, there has been little empirical work. Studies in annual cropping systems in the netropics have shown that there are fewer beetle pests on bean when interplanted with corn (1) or with corn and squash (2). This communication demonstrates that there are significantly fewer beetles (*Diabrotica balteata* and *Cerotoma ruficornis rogersi*) on beans and cowpeas when interplanted with banana. Both *D. balteata* and *C. ruficornis* are important pests throughout Central America. The adults eat the leaves and flowers of the plants and transmit viral diseases. The larvae eat the roots.

Material and methods

The beetles were sampled from bean and cowpea plants in three monocultures of bean (*Phaseolus vulgaris*; CATIE-1), three monocultures of cowpea (*Vigna unguiculata*; V-44), three polycultures of bean-banana, and three polycultures of cowpea-banana. In each case, one monoculture was planted immediately adjacent to a comparable polyculture so that there were three pairs of bean monoculture/bean-banana polyculture, and three pairs of cowpea monoculture/cowpea-polyculture. Each plot was 10 m x 10 m. Beans and cowpeas were planted at the same density in all plots. The work was conducted in July, 1976, at the Tropical Agriculture Research and Training Center at Turrialba, Costa Rica.

The beetles were sampled with a standard sweep net 38 cm in diameter when the beans and cowpeas were approximately six weeks old and about 35 cm in height. It is at this stage of plant growth that there is the highest number of beetles per plant. The banana was approximately 3 m in height and provided considerable shade, yet the bean and cowpea plants

appeared to be, if anything, larger and more luxuriant in the polycultures than the monocultures.

Sweeping was done in roughly straight lines and the same vegetation was never swept twice. The sweep net was swung in an arc covering approximately 1.5 m, with the net coming into contact with vegetation for a distance of 0.75 to 1 m and to a depth of about 15 cm. During the daylight hours, at which time the sweep sampling was done, nearly all the beetles are in the top 15 cm of the plants. One hundred forty sweeps were taken in each plot.

Results and discussion

Table 1 shows the number of *D. balteata* and *C. ruficornis* sampled from bean and cowpea plants in monocultures and polycultures. There were significantly more beetles of each species in monocultures than polycultures ($P < .05$, paired t test).

While there was considerable variability in the monoculture-polyculture difference from one pair of plots to another, there were usually at least three times as many beetles in the monocultures than the interplanted treatments.

Whether or not such large differences in beetle population translate into yield differences will depend to some extent on when the differences first appear. The beetles do most of their damage when the plants are quite young (probably during the first four weeks) by directly reducing photosynthetic surface area and by infecting the plant with viral disease. Previous work has shown that one of the reasons that there are fewer beetles in polycultures is due to shade created by overstory crops; beetles prefer to feed in

unshaded areas (3). In annual cropping systems in which corn provides the shade, the understory beans don't benefit from the shade until approximately 45 days after planting—after most of the damage to beans has been done. However, in an intercropped system with a perennial such as banana, sufficient shade can be provided at the start of the season to deter beetle colonization of beans and cowpeas. Yet this will obviously require the use of legume varieties that are somewhat shade tolerant.

Beans and cowpeas can also benefit from being intercropped with shade-producing annuals such as corn, despite the fact that the corn does not produce enough shade to deter beetles until fairly late in the season. If very large areas are planted to these polycultures over a number of seasons, there will be a gradual decline in beetle numbers over time. This will occur because the effect of decreased beetle abundance on the legumes towards the end of one season will be felt by the new legume seedlings in the next season. As long as the area planted to polyculture is large enough, high numbers of beetles would not be likely to immigrate into the area during the first few weeks of the season. Using annuals such as corn as opposed to perennials to provide the beetle-detering shade would eliminate the need for careful selection of shade-tolerant legume varieties. It would, however, require agricultural planning (i.e., planting of only polycultures) on a scale larger than is typical in the tropics.

Summary

Pest beetles were sampled with a sweep net from beans and cowpeas growing in monoculture plots and in polyculture plots with banana in Costa Rica. There were approximately three times as many *Diabrotica balteata* and *Ceratomyza ruficornis rogersi* on beans and cowpeas in monocultures than polycultures. Such large differences might account for some of the benefits of legume interplanting.

Table 1. — Numbers of beetles obtained in sweep samples of beans and cowpeas in monocultures and in dicultures with bananas. () = numbers in diculture. 140 sweeps per sample.

	Plot No.	<i>D. balteata</i>	<i>C. ruficornis rogersi</i>
BEAN	1	319 (76)	29 (18)
	2	212 (79)	19 (8)
	3	123 (16)	24 (3)
COWPEA	1	92 (1)	61 (24)
	2	57 (23)	37 (27)
	3	22 (1)	39 (0)

May 2nd, 1980

STEPHEN J. RISCH*

* Section of Ecology and Systematics, Division of Biological Sciences, Cornell University, Ithaca, New York 14850, USA

Literature cited

1. ALTIERI, M. A., VAN SCHOONHOVEN, A. and DOLL, J. D. A. review of insect prevalence in maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) polycultural systems. Field Crops Research 1:33-49. 1978.
2. RISCH, S. J. The population dynamics of several herbivorous beetles in a tropical agroecosystem: the effect of intercropping corn, beans and squash in Costa Rica. Journal of Applied Ecology: 17(3):593-612. 1980.
3. RISCH, S. J. Insect herbivore abundance in tropical monocultures and polycultures: an experimental test of two hypotheses. Ecology: in press. 1980.

Leaf area in relation to petiole length in cassava

Resumen. Se encontró una correlación positiva entre la longitud del pecíolo y el área foliar de la yuca. Se propone un método simple y rápido para estimar el área foliar cuando se efectúan evaluaciones genéticas de nuevos especímenes

Total leaf area exposed by a plant determines largely its capacity for photosynthesis and transpiration. Hence leaf area index is gaining more importance while assessing the productivity of crop plants. Attempts were made in the present study to work out the relationship between petiole length and leaf area in order to develop a simple method for measurement of leaf area particularly for larger population of cassava as the linear measurement methods developed for this crop (1, 2) are more time consuming.

Fully expanded leaves were marked at random separately for 1) broad and medium leaf type and 2) for narrow leaf type. The leaves were collected at monthly intervals between second to eighth month stages and their actual leaf area with the corresponding petiole length were measured separately for both the leaf types. The petiole length of fully expanded leaves varies from 15 to 40 cm and their leaf area ranges from 130 to 540 cm² (Fig. 1). Maximum values were recorded during the active period of plant growth (2 to 6 months) which normally coincides with the rainy seasons. More reduction in leaf and petiole length were noticed during dry period. Following the regression equations, it would be interesting to see the prediction equations of the areas, on the basis of petiole length, both for the strains of wide and narrow lobed

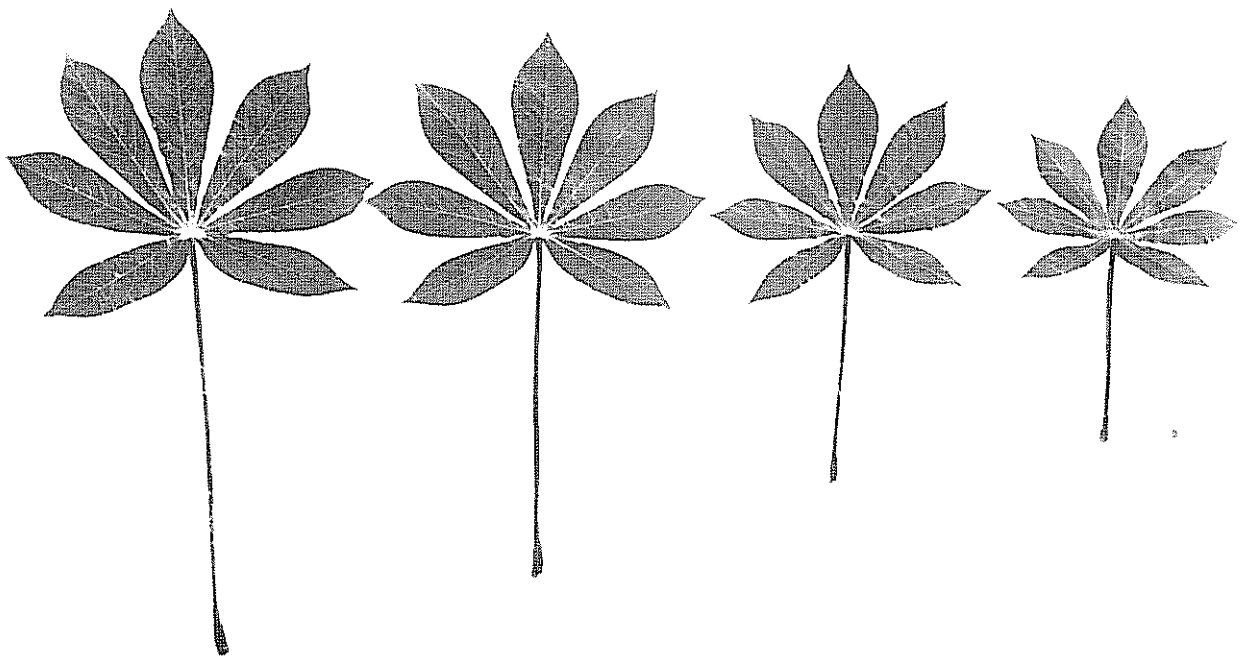


Fig. 1. Variation in petiole length and leaf in fully expanded leaves of cassava (Var H-2304)

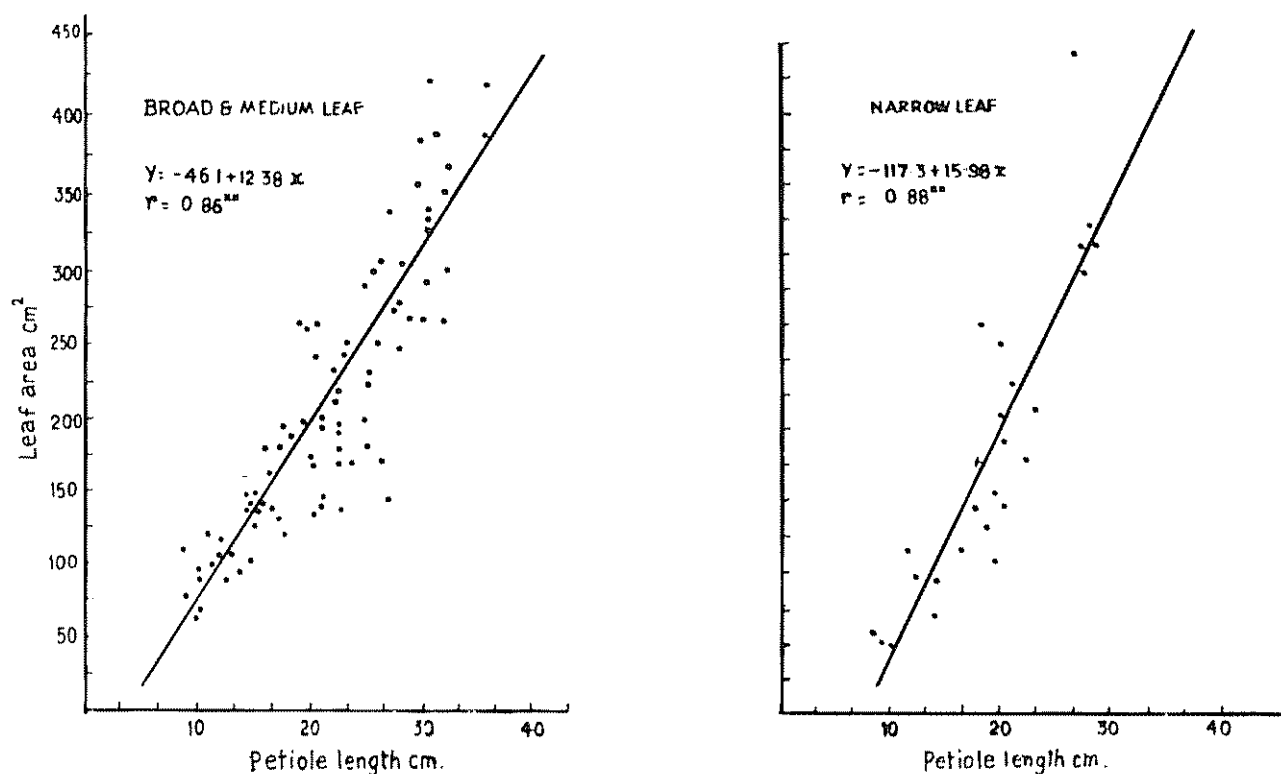


Fig. 2 Relationship between petiole length and leaf area in cassava

leaves (Fig. 2). The calculated values of leaf area based on the regression equations were tested with actual leaf area traced on graph paper and the differences were found to be not significant.

Several methods were suggested to measure the leaf area (3). The present report suggests that petiole length can be taken as an index to measure the leaf area for large number of genetic stocks of cassava.

Acknowledgements: The author is thankful to Dr. N. Hrishy, Director, Central Tuber Crops Research Institute, Trivandrum for providing the facilities to carry out the work.

Summary

Positive correlations were observed between the petiole length and leaf area of cassava. A simple and rapid method is suggested to measure the leaf area while evaluating more number of genetic stocks.

July 8, 1981

T. RAMANUJAM*

* Plant Physiologist, Central Tuber Crops, Research Institute Trivandrum-695017, Kerala, INDIA.

Literature cited

1. RAMANUJAM, T. and INDIRA, P. Linear measurement and dry weight methods for estimation of leaf area in cassava and sweet potato. *Journal of Root Crops*, 4(2):47-50. 1978.
2. SPENCER, R. A rapid method for estimating the leaf area of cassava (*Manihot utilissima*) using linear measurements. *Tropical Agriculture* 39:147-152. 1962.
3. WATSON, D. J. The estimation of leaf area in field crops. *Journal Agricultural Science* 27:474-483, 1937.

Studies on the use of cocoa by-products in animal feed. I. Responses of weanling rats to various levels of cocoa pod husk.

Resumen. Treinta ratas de laboratorio destetadas se usaron en un ensayo para determinar el nivel óptimo de inclusión de cáscara de cacao en la dieta. La cáscara de cacao se incluyó a 5 niveles: 0, 10, 20, 30 y 40 por ciento de la dieta.

El óptimo nivel de inclusión (tomando como base la tasa de crecimiento y la eficiencia alimenticia) fue el tratamiento con un 20 por ciento de cáscara de cacao. No se observó ningún efecto tóxico debido al uso de cáscara de cacao en la dieta.

Feeding costs remains the largest limitation to animal production in most parts of the tropics. This is especially so for nonruminant animal production. To reduce the feeding costs, the search for cheap, non-traditional feed sources must be intensified. One such feed source is cocoa pod husk (CPH).

It is estimated that from the annual output of 400,000 tons of dry cocoa beans in Ghana, a leading cocoa producer, 636,157 tons of dry cocoa pod husk may be obtained (Adomako, 3). The husk is largely discarded on cocoa plantations. Earlier reports (de Alba and Basadre 4; Adeyanju 1; Bateman and Larragan 6) indicate that this by-product has potential for livestock feeding. Its nutrient content is similar to high quality forage. Its use in traditional livestock feeding, especially for non-ruminants is limited by the high crude fibre and theobromine contents (Owusu-Domfeh, 9). Nevertheless, where optimum levels are established, its inclusion could lower feed cost.

This experiment was undertaken with a view to establish optimum levels of CPH in monogastric diets using laboratory rats as the test animals.

Materials and methods

Animals and diets

Thirty weanling laboratory rats (half male and half female) aged 3-4 weeks, were used in a completely Randomised Design (CRD) experiment to study the effect of five levels of CPH inclusion, viz, 0, 10, 20, 30 and 40 per cent in the test diets (Table 1). The diets were isonitrogenous but energy (TDN) was allowed to fluctuate among diets.

The CPH was obtained from the Plantation Section of the Faculty of Agriculture, University of Science and Technology, Kumasi. The fresh CPH was crushed manually with wooden mallets, dried over a mechanical grain dryer and later milled through a 1

mm mesh size sieve prior to inclusion in the experimental diets. The chemical composition of the cocoa husk was determined according to AOAC (5) procedures. However, theobromine level in the husk was determined according to Boie's methods as reported by Chatt (7).

Housing and management

All rats were fed individually in 25 x 15 cm metal cages. Each cage was bedded wood shavings which were changed daily. Feed and water were given *ad lib*. Daily feed intake records were kept. All rats were weighed prior to and at the end of three week feeding trial. All rats were sacrificed at the end of the trial by ether asphyxiation and the liver, heart and kidneys examined for gross tissue changes which might be indicative of toxicity.

Results and discussion

Feed intake

There was an increase in feed intake with increase in CPH up to a level of 30 percent CPH inclusion and a decrease thereafter (Table 2). The general increase

Table 1: Dietary composition (air dry basis).

	Level of husk (%)				
	0	10	20	30	40
Ingredients					
Cocoa Pod Husk	0	10	20	30	40
Maize	52	48	42	35	29
Rice Bran	10	7	5	3	1
Copra Cake	13	9	6	4	1
Fish Meal	23	24	25	26	27
Bone Meal	1	1	1	1	1
Common Salt	1	1	1	1	1
Chemical composition (%)^a					
Dry matter	89.1	89.1	89.0	89.0	89.1
Crude Protein	22.1	22.8	22.2	22.2	22.8
Ether Extract	6.0	5.7	4.9	4.5	4.0
Crude Fibre	7.6	11.2	13.3	15.5	17.5
Calculated TDN	72.3	70.6	68.4	66.0	63.8

a From Laboratory Analysis except TDN. Values expressed on Dry Matter Basis.

Table 2: Performance of rats on various levels of cocoa husk

Criteria	Level of cocoa husk (%)				
	0	10	20	30	40
Initial body weight (g)	84.9	84.2	82.7	84.2	76.8
Average daily feed intake (g)	8.6 ^{ab*}	8.1 ^b	10.3 ^{ab}	11.3 ^a	10.3 ^{ab}
Average daily gain (g)	1.68 ^{ab}	1.20 ^{ab}	1.80 ^b	1.78 ^{ab}	1.00 ^a
Feed efficiency gain/feed	0.19	0.15	0.17	0.16	0.09

* Means in a row with different superscripts are significantly different ($P = 0.05$).

in feed intake with increased level of CPH by the rats could be due to an increase in the palatability of the diet or to an increase in feed intake in an attempt to balance their energy requirement. There was a progressive decrease in energy density of the diet with increasing CPH level (Table 1). The presence of volatile compounds in CPH believed to enhance palatability has earlier been reported (Williams, 10). Owing to the high crude fibre content of cocoa husk (Table 3) the 30 percent CPH could be the limit in intake imposed by the physical capacity of the gut. The pattern of feed intake observed is in agreement with the work on CPH in broiler chicks by Ougutuga *et al* (1977).

Growth rate and feed efficiency:

The highest rate of gain was recorded for the rats on 20 percent CPH (Table 2). Apart from the 20 percent CPH diet which differed significantly from the 40 percent CPH diet, none of the dietary treatments resulted in significant differences in rate of gain. The poorest rate of gain was recorded for rats on 40 percent CPH. It seems that fairly satisfactory gains can be made by rats on diets containing up to 30 percent CPH; the most optimum level being the 20 percent CPH. This observation is in agreement with work reported by Adeyanju *et al* (1a) on pigs and Ogutuga *et al* (8) in broiler chicks. It is probable that the 20 percent CPH diet presented the right balance in amino acids and minerals.

There were no significant differences in feed efficiency between diets though it appeared the lowest feed efficiency resulted from the 40 percent CPH inclusion (Table 2). The 20 percent CPH inclusion appeared to be the best of all the CPH containing diets with regard to feed efficiency.

Organ weights:

There was a trend in increasing kidney weight per unit body weight with increase in level of CPH (Table 4). However, neither the kidney weight nor weight of the other organs examined differed significantly across treatments. Thus it could be inferred that in general, at the level of CPH inclusion in the present trial, the theobromine levels (0.32% in the husk (Table 3)) were not high enough to cause visible toxicity effects.

Conclusion

CPH can be used satisfactory in monogastric diets as deduced from rat trials at levels up to 30 percent inclusion in the diet. It seems the 20 percent level of inclusion is, however, the optimum.

Acknowledgment

The authors are grateful to Mr. S. Yambillah for assistance in the laboratory analysis of feed samples. The assistance by Miss Christie Tuzie in the care of the laboratory rats is appreciated.

Table 3: Chemical composition (dry matter basis) of cocoa pod husk

Component	%
Dry Matter	86.3
Crude Protein	7.4
Crude Fibre	26.5
Ether Extract	1.4
Ash	9.5
Theobromine	0.32

Table 4: Organ weight per unit live weight ($g \times 10^{-2}$) of rats on different levels of cocoa husk

Organ	Level of Husk (%)				
	0	10	20	30	40
Liver	4.82	4.70	5.05	4.52	4.82
Kidney	0.82	0.88	0.88	0.91	1.03
Heart	0.45	0.42	0.45	0.45	0.42

Summary

Thirty weanling laboratory rats were used in a three-week trial to determine the optimum level of cocoa pod husk (CPH) inclusion in the diet. The CPH was included at 5 levels, viz 0, 10, 20, 30 and 40 percent in the diet.

The most optimum level of inclusion in terms of growth rate and feed efficiency was the 20 percent CPH inclusion. There were no observed toxicity effects due to CPH feeding.

W. S. ALHASSAN*
R. B. NAAWU*

* Department of Animal Science, University of Science and Technology, Kumasi, Ghana

Literature cited

1. ADEYANJU, S. A., OGUTUGA, D.B.A., ILORI, J.O. AND ADEGBOLA A.A. Studies on the utilization of cocoa husk in livestock feeds. Mimeo. Department of Animal Science. University of Ife – Ile-Ife, Nigeria. 1977a.
2. ADEYANJU, S.A. OGUTUGA, D.B.A. SONAIYA, E.B. and ESHIETT, N. Performance of chicks on diets containing graded levels of cocoa husk. Nutrition Reports International 15:165-170. 1977b.
3. ADOMAKO, D. A. review of researches into commercial utilization of cocoa by-products with particular reference to the prospects in Ghana. CMB Newsletter No. 61:12-14. 1975.
4. ALBA, J. DE and BASADRE, J. Ensayos de engorde de cerdos con raciones a base de cáscara de cacao, maíz y banano. Turrialba 2(3):107-111. 1952.

5. A.O.A.C. Official Methods of Analysis. 10th Edition. AOAC. P. O. Box 540, Benjamin Franklin Station. Washington D. C. 20004. 1965.
6. BATEMAN, J. V. and LARRAGAN, A. El uso de cacao en raciones para el engorde de bovinos. Turrialba 16:25-2. 1966.
7. CHATT, E. M. (1953). Cacao-cultivation processing analysis. Interscience Publishers Incorporated, New York. 114-112 pp.
8. OGUTUGA, D.B.A., ADEYANJU, S.A., SONAIYA, E.B. and ESHIETT, N. Evaluation of cocoa husk in finishing diets for broilers. Turrialba 27:371-375. 1977.
9. OWUSU-DOMFEH, K. The future of cocoa and its by-products in feeding livestock. Ghana Journal of Agricultural Science 5:57-63. 1972.
10. WILLIAMS, J. A. The role of flavonoids, phenolic acids and purine alkaloids in *Theobroma cacao*. West African Journal Biological Applied Chemistry 14:10-14. 1971.

Salt effect on *in vivo* activity of nitrate reductase in peanut (*Arachis hypogaea* L.) seedlings.

Resumen. Se estudió la actividad de la reductasa de nitratos bajo la influencia del cloruro y el sulfato de sodio. Ambas sales promovieron la actividad de la enzima *in vivo* tanto en los cotiledones como en los ejes embrionarios. El efecto del cloruro fue más pronunciado que el del sulfato.

Inhibition of the activity of nitrate reductase (NADH: Nitrate reductase, EC 1.6.6.1) by water, heat and salt stress (3, 6, 7, 8) and the factors for such decrease were described earlier (2, 8, 12). Sankhla and Huber (10), however, reported a promotion in the *in vivo* activity of nitrate reductase in cotyledons and leaves of 4-day-old *Phaseolus* seedlings treated with salt and ABA. However, the mechanism of action of such stimulation has not been elucidated. Differences in the *in vivo* and *in vitro* activities of the enzyme under the influence of salt (50-150 mM) in *Salicornia* has been reported by Austenfeld (1). Earlier studies indicated that the

stimulation of nitrate reductase activity was not due to an osmotic effect, but could be attributed to high ion concentrations. This may lead to an increased release of nitrite to the reaction media which could result in a stimulation of the nitrate reductase activity (12). High concentrations of monovalent cations are said to exert specific effects on cell membrane permeability which may lead to an increased release of nitrite from the cells. The present study was intended to find out the effect of two salts of sodium with different anionic species at equi-valent concentrations (70 meq/l) on the *in vivo* activity of nitrate reductase.

Material and methods

Healthy and uniform sized seeds of peanut (*Arachis hypogaea* L.) var TMV2 were surface sterilized for 3 min with 0.1% HgCl₂, washed thrice with distilled water and were allowed to germinate in 28° ± 2°C in 6" petridishes filled with acid washed quartz sand. Distilled water served the control and for treatments 70 meq/l of NaCl and 70 meq/l of Na₂SO₄ were added to the sand. Cotyledons and embryonic axes were separated on days 2, 4, 6 and 8 of germination. The *in vivo* activity of the enzyme was measured after infiltration and incubation in 0.1 mM KNO₃ for 1 h, following the procedure of Klepper *et al.* (5).

Results and discussion

Higher activity of nitrate reductase was noticed under the influence of the two salts. The stimulation was more in the embryonic axes than in the cotyledons. With progress in age there was a decrease in the enzyme activity, both in the control and the treated seedlings. Although both salts stimulated the nitrate reductase activity chloride showed 2 to 3 fold higher stimulation (% over control) than sulphate; this was more pronounced on the 4th day, both in cotyledons and embryonic axes. Earlier studies indicated higher activity of nitrate reductase under the influence of high concentration of monovalent cations (4, 10). In the present study the pronounced effect of chloride over sulphate on the stimulation of enzyme, when supplied as their sodium salts at equivalent concentration (70 meq/l), may indicate a differential effect of these anions on cell membrane permeability. Presence of sulphate in the medium may be inhibiting the production of nitrite which can be attributed to the plasmolysis of cells or to a direct effect of salt on the enzyme. Earlier studies (9) have also shown the influence of inorganic salts on the permeability of cell membranes. The results support the earlier views (4) of inhibition in the stimulation of nitrate reductase in alfalfa leaf discs when they were supplied with sulphate salts of potassium and sodium, while the chloride salts of the two cations were found to stimulate the nitrite production.

Table 1. Effect of chloride and sulphate salts of sodium (70 meq/l) on *in vivo* activity of nitrate reductase ($\mu\text{mole}/\text{NO}_2^-/\text{g.fr.wt./h}$) in peanut seedlings (means of 3 replications).

	Age in days			
	2	4	6	8
Cotyledons				
Control	0.192	0.162	0.100	0.100
NaCl	0.496 (258)	0.862 (532)	0.652 (652)	0.240 (240)
Na ₂ SO ₄	0.368 (191)	0.214 (132)	0.316 (316)	0.960 (96)
Embryonic axes				
Control	0.960	0.110	0.144	0.102
NaCl	0.909 (947)	0.894 (812)	0.716 (497)	0.366 (689)
Na ₂ SO ₄	0.728 (758)	0.404 (367)	0.354 (246)	0.120 (216)

Figures in parantheses denote the values in % over the control.

Summary

Activity of nitrate reductase in peanut seedlings was studied under the influence of chloride and sulphate salts on sodium. Both salts promoted the *in vivo* activity of the enzyme as well in cotyledons as in embryonic axes. The effect of chloride was more pronounced than sulphate.

Acknowledgment

The first author is thankful to CSIR, New Delhi for the award of a Senior Research Fellowship. We wish to thank Prof. V. S. R. Das for providing the facilities.

G. RAMA GOPAL*
G. RAJESWARA RAO*

* Department of Botany S. V. U. College of Sciences
Tirupati - 517 502 India

Literature cited

1. AUSTENFELD, F. A. The effect of NaCl and other alkaline salts on the nitrate reductase activity of *Salicornia europaea* L. Z. Pflanzenphysiologie 71:288-296. 1974.
2. BARDZIK, J. M., MARSH, H. V. Jr. and HAVIS, J. R. Effects of water stress on the activities of three enzymes in maize seedlings. Plant Physiology 47:828-831. 1971.
3. HEIMER, Y. M. The effects of sodium chloride and potassium chloride and glycerol on the activity of nitrate reductase of a salt tolerant and two non-tolerant plants. Planta 113: 279-281. 1973.
4. HEUER, B. and PLAUT, Z. Reassessment of the *in vivo* assay for nitrate reductase in leaves. Physiology Plant 43:306-312. 1978.
5. KLEPPER, L., FLESHER, D. and HAGEMAN, R. H. Generation of reduced nicotinamide adenine dinucleotide for nitrate reductase in green leaves. Plant Physiology 48:580-590. 1971.
6. MARANVILLE, J. W. and PAULSEN, G. M. Alteration of protein composition of corn (*Zea mays* L.) seedlings during moisture stress. Crop Science 12:660-663. 1972.
7. MATTAS, R. E. and PAULI, A. W. Trends in nitrate reduction and nitrogen fractions in young corn (*Zea mays* L.) plants during heat and moisture stress. Crop Science 5:181-184. 1965.
8. PLAUT, Z. Nitrate reductase activity of wheat seedlings during exposure to and recovery from water stress and salinity. Physiology Plantarum 30:212-217. 1974.
9. POOVAIAH, B. W. and LEOPOLD, A. C. Effects of inorganic salts on tissue permeability. Plant Physiology 58:182-185. 1976.
10. SANKHLA, N. and HUBER, W. Effect of salt and abscisic acid on *in vivo* activity of nitrate reductase in seedlings of *Phaseolus aconitifolius*. Z. Pflanzenphysiologie 76: 467-470. 1975.
11. TRAVIS, R. L., JORDAN, W. R. and HUFFAKER, R. C. Evidence for an inactivating system of nitrate reductase in *Hordeum vulgare* L. during darkness that requires protein synthesis. Plant Physiology 44:1151-1156. 1969.
12. YOUNIS, M. A., PAULI, A. W., MITCHELL, H. L. and STRICKLER, F. C. Temperature and its interaction with light and moisture in nitrogen metabolism of corn (*Zea mays* L.) seedlings. Crop Science 5:321-326. 1965.