

TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 28

TRIMESTRE ENERO-MARZO 1978

NUMERO 1

CODEN: TURRAB 28(1)1-96

<i>Residuos, degradación y comportamiento de la ametrina en un vertisol de Guanacaste, Costa Rica (en español),</i> Lorena León, Manuel Constenla, Elemer Bornemiza	3
<i>Cantidades y formas de fósforo en diez suelos altamente temperizados de Puerto Rico (en inglés),</i> H W Fassbender, F H Beinroth, I S Sarmiento	9
<i>Evaluación de nematocidas y de métodos de aplicación en el combate de nematodos fitoparásitos y en la producción y calidad de la lechuga (en español),</i> José Matthey F, Roger López Ch	15
<i>Cultivo asociado de frijol y maíz I Efecto de los cultivares de frijol con diferentes hábitos de crecimiento (en inglés),</i> F C Santa-Cecilia, Clibas Vieira	19
<i>Valor nutritivo de ryegrass (Lolium sp) y trébol blanco (Trifolium repens) cv Ladino, en diferentes estados de crecimiento (en español),</i> Danilo Pezo, W I Johnson, José Vigo, Rosa Hígaona	25
<i>Distribución de la vegetación en las ruinas mayas y su relación con el uso de la tierra en la antigüedad en Lamanai, Belice (en inglés),</i> J. D. H Lambert, Thor Arnason	33
<i>Insectos y ácaros que atacan al cultivo de la yuca en Colombia (en español),</i> Rafael O. Díaz, A C Belloti, A van Schoonhoven	43
<i>Efecto del estacado sobre el rendimiento y calidad de frijoles trepadores (en inglés),</i> O T Edje, L K Mughogho	51
<i>Efecto de compuestos fenólicos en hojas de cafetos resistentes y susceptibles a Hemileia vastatrix (en portugués),</i> H V Amorim, M L M Aliares C P Lopes, A Carvalho, I C Mónaco	57
<i>Nutrición mineral y actividad de nitrato reductasa en cafetos afectados por deficiencias minerales (en inglés),</i> J A Cavallini, J F Carvajal	61
<i>Distribución horizontal de algunos géneros de nematodos fitoparásitos en terrenos agrícolas de Costa Rica (en español),</i> Lainer González Fernández	67
<i>Actividad sinérgica de esteres de fósforo sobre insecticidas de anticolinésterasa en el picudo del algodón Anthonomus grandis Boheman (en inglés)</i> Rafael Urrelo, Howard Chambers	71
<i>Biología, daño y control del ácaro tropical Polyphagotarsonemus latus (Banks) (Acarina, Tarsonemidae) en frijol (en español),</i> A van Schoonhoven, J Piedrahita, R Valderrama, G Gálvez	77
<i>Agua del suelo y aereación en la producción de frijol rojo I Succión máxima media de humedad del suelo (en inglés),</i> W. M. Forsythe, Lucio Legarda B	81
<i>Comunicaciones</i>	
<i>Varietades de cocoteros en Costa Rica (en español),</i> H C Harries, D I Richardson, E Balsevicius	87
<i>Escarabajo vector del Coupea Mosaic Virus en Costa Rica (en inglés),</i> Rodrigo Valverde, Raúl Moreno, Rodrigo Gámez	90
<i>Compatibilidad de la yuca con cuatro especies silvestres de Manihot de Brasil Central (en inglés),</i> Nagib M A Nassar	92
<i>Notas y comentarios</i>	7, 8, 13, 14, 23
<i>Reseña de Libros</i>	24, 41, 42, 50, 56, 66, 70, 76, 94



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

San José, Costa Rica

CR ISSN 0041 - 4360

Residuos, degradación y comportamiento de la ametrina en un vertisol de Guanacaste, Costa Rica*

LORENA LEON**, MANUEL CONSTENLA***, ELEMER BORNEMISZA****

ABSTRACT

Residues of the herbicide Ametrine (2-ethylamine-4-isopropylamine-6-methylthio-s-triazine) were determined by UV-spectrometrical analysis in a soil (vertisol) of Guanacaste, Costa Rica, which has been treated with this herbicide for the past six years. Sugar cane was the only crop cultivated. Three kg/ha of 80 per cent Ametrine was applied for the last time, 240 days before sampling. Ametrine residues up to 110 ppm were found. The higher values generally correspond to higher contents of montmorillonite clay. The adsorption of the herbicide by the soil is high, 50 to 78 per cent, and was characterized by the Freundlich type isothermal equation $Q = 0.43 \times C^{1.17}$.

The degradation of Ametrine in this soil shows a rate of approximately 0.1 ppm every 20 days. This decomposition is considered slow compared with studies in other soils.

Introducción

LA AMETRINA (2-etilamina-4-isopropilamina-6-metiltio-s-triazina) es un herbicida utilizado en caña de azúcar para combatir las malezas mono y dicotiledóneas (4). Esta sustancia es de color blanco, su solubilidad es de 185 ppm en agua, tiene una presión de vapor de $8,4 \times 10^{-7}$ mm Hg a 20° C y un punto de fusión de 84° C (9). En la finca muestreada se utilizó la preparación comercial conocida como Gesapax.

Los remanentes de herbicidas o de cualquier otro producto químico usado en la agricultura, presentes en el suelo, se conocen como "residuos", los cuales involucran tres problemas potenciales o riesgos (13):

- 1.—Daña las plantas de cultivos en sistemas rotativos subsiguientes a los cultivos tratados con el herbicida.
- 2.—Inhibición del crecimiento de microorganismos útiles del suelo.
- 3.—Contaminación del subsuelo y aguas subterráneas y superficiales.

Un herbicida que desaparezca con una velocidad de solamente 50 por ciento por año se considera que es muy persistente. Es pues de gran importancia conocer el destino de los herbicidas, en suelos tropicales y más específicamente en suelos costarricenses. Se ha observado que las características físico-químicas del suelo y las condiciones climatológicas son capaces de influir marcadamente en el comportamiento y en el modo de acción de los herbicidas; es así como la adsorción y degradación son trascendentales en el presente estudio.

Adsorción de la ametrina por el suelo

Varios autores (5, 6, 11) coinciden en que la adsorción es el fenómeno que determina en mayor proporción la inactivación inicial de los herbicidas.

La actividad de los herbicidas está determinada por sus características químicas, las condiciones climáticas y las características del suelo. Estos factores intervienen en los fenómenos de adsorción y desadsorción.

Se conoce (7, 8) que la adsorción de la ametrina varía inversamente con el pH. Los iones H⁺ de los suelos ácidos se asocian con la ametrina produciendo moléculas cargadas positivamente, lo cual permite que sean rápidamente adsorbidas por los coloides del suelo. Conforme un herbicida es más básico, mejor es su posibilidad de ser adsorbido por los suelos ácidos (15).

* Recibido para la publicación el 13 de abril de 1977.
** Ingeniero Taboga, Cañas, Guanacaste, Costa Rica.
*** Escuela de Química, Universidad de Costa Rica, San José.
**** Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José, Ciudad Universitaria, San José, Costa Rica.

La adsorción de la ametrina corresponde a un máximo a pH 4; este valor concuerda con el PKa de la ametrina (11).

La adsorción de la ametrina se realizó más eficientemente en suelos con un alto contenido de arcilla y materia orgánica, siendo esta adsorción generalmente reversible (8). Yamane y Green (16) trabajando con ametrina y atrazina mencionaron que la adsorción de la ametrina fue mayor que la de la atrazina en suelos con montmorilonita, tanto a pH alto como a pH bajo.

Persistencia

En la persistencia de las s-triazinas en suelos influyen la acción de los microorganismos del suelo, la luz solar, el tipo de suelo, la temperatura, las reacciones químicas, la volatilización y la degradación (3, 4). Liu y Cibes-Viadé (11) utilizaron 13 suelos de Puerto Rico bajo condiciones de invernadero, para estudiar la persistencia de la ametrina, atrazina y prometrina. Encontraron que en suelos con mayor contenido de materia orgánica el efecto residual fue mayor. Los suelos donde persisten más los herbicidas tenían en común un alto contenido de arcilla y materia orgánica. La ametrina

fue la sustancia más persistente. Se ha encontrado que la temperatura es un factor importante en la desaparición de la ametrina. Burnside (2) obtuvo que la ametrina aplicada a un suelo desapareció después de un mes, cuando la temperatura fue de 35°C, mientras que con una temperatura de 15°C el herbicida persistió 9 meses.

La degradación del herbicida por los microorganismos es un factor que también influye en la persistencia de éstos en el suelo. Kaufman, Kearney y Sheets (10) indican que el *Aspergillus fumigatus* degrada la ametrina a compuestos menos tóxicos o no-tóxicos.

Materiales y métodos

Muestreo

Se ocuparon 20 muestras de suelos procedentes de la Hacienda Taboga, situada en Cañas, Guanacaste. Estos suelos habían recibido una dosis de 3 kg/Ha del herbicida Gesapax 80 (contenido de ametrina es de 80%) anualmente durante 6 años consecutivos.

Cuadro 1 —Características físicas y químicas de los suelos estudiados

Muestra	pH	M O (%)	% Arcilla	% Limo	% Arena	Nombre textural
1 A	7,2	0,12	51,4	24,1	24,4	Franco-arcilloso
1 B	7,5	0,30	54,4	18,3	27,4	Arcilla
2 A	6,8	2,78	37,4	14,1	48,4	Arcilla
2 B	7,1	0,27	26,4	9,4	63,6	Francoarcilloso-limoso
3 A	6,8	1,08	44,4	14,1	41,4	Arcilla
3 B	7,1	0,25	22,4	13,1	64,4	Franco arcilloso limoso
4 A	6,8	0,32	55,4	10,3	34,1	Arcilla
4 B	7,1	0,32	37,4	18,1	44,4	Franco-arcilloso
5 A	6,8	3,97	43,4	22,1	34,4	Arcilla
5 B	7,0	0,32	38,4	26,1	35,4	Franco-arcilloso
6 A	6,9	1,05	45,4	30,1	24,4	Arcilla
6 B	7,0	0,08	45,4	25,1	29,4	Arcilla
7 A	6,9	1,34	45,4	18,1	36,4	Arcilla
7 B	7,2	0,32	37,4	21,1	51,4	Franco arcilloso-arenoso
8 A	6,9	2,55	38,4	19,5	42,0	Franco-arcilloso
8 B	7,1	0,20	18,4	7,1	74,4	Franco arenoso
9 A	7,1	1,76	40,4	11,1	48,4	Franco arenoso
9 B	7,0	5,64	20,7	30,8	38,4	Franco arcilloso
10 A	7,2	3,39	42,4	27,2	30,4	Arcilla
10 B	7,5	5,44	20,7	46,8	32,4	Franco limoso

M O (%) = Porcentaje de Materia Orgánica

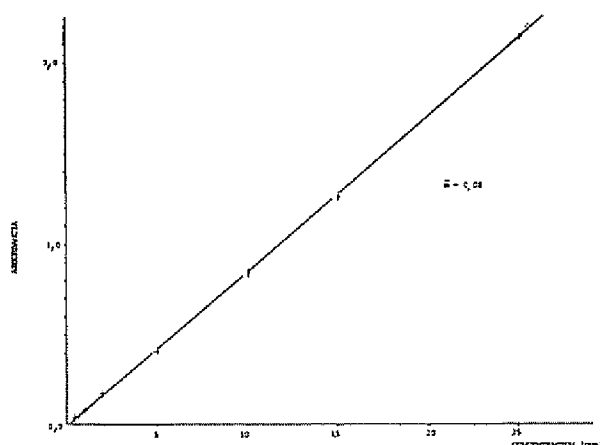


Fig. 1—Curva patrón de ametrina.

Se muestreó una área de 15 ha, 240 días después de haberse hecho la última aplicación con tractor. Las muestras del suelo fueron tomadas a profundidades de 0-20 cm (A) y de 20-40 cm (B). Cada una de las muestras se secó al aire, a una temperatura de 28°C y se pasaron por una malla de 20 mesh, antes de hacer los tratamientos correspondientes.

Determinación de residuos de ametrina

El método de análisis residuos fue adaptado del método propuesto por Mattson *et al.* (12), previa preparación de una curva patrón de la ametrina (Fig. 1) y un análisis de algunas de las propiedades físicas y químicas de los suelos estudiados en el Cuadro 1.

Resultados

El Cuadro 2 muestra la cantidad de ametrina residual detectada en los suelos estudiados. Se observa que no todos los puntos muestreados contienen residuos de ametrina y los que tienen se encuentran algunas veces a los 20 cm (A) y otras a los 40 cm (B) de profundidad.

La adsorción de la ametrina por los suelos se caracterizó por medio de la isoterma de adsorción. El fenómeno de adsorción generalmente se describe por la ecuación empírica de Freundlich (1). Los datos obtenidos de este estudio se presentan en términos de esta ecuación, la cual relaciona la concentración del compuesto activo aplicada con la concentración retenida por el adsorbente (Fig. 2).

Los valores de las constantes de la isoterma de adsorción son: $a = 0,43$ y $b = 1,17$, parámetros que representan la capacidad del adsorbente y la intensidad de la adsorción. Corresponden en la gráfica, a la intersección de la recta a una concentración unitaria y a la pendiente de la recta respectivamente.

Cuadro 2.—Cantidades de ametrina residual detectada en los suelos

Muestra	Ametrina detectada (ppm)
1 A	0,00
1 B	0,00
2 A	0,00
2 B	0,00
3 A	0,18
3 B	0,00
4 A	0,46
4 B	0,00
5 A	0,00
5 B	0,39
6 A	1,10
6 B	0,00
7 A	0,38
7 B	0,25
8 A	0,00
8 B	0,39
9 A	0,00
9 B	0,41
10 A	0,00
10 B	0,39

En la Figura 3 se muestra la curva de degradación obtenida para la ametrina en un suelo originalmente libre de residuos y cuyos datos fueron analizados cada 20 días.

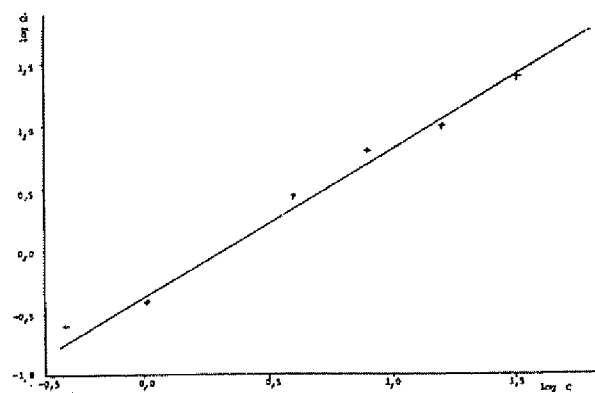


Fig. 2—Isoterma de adsorción para la ametrina en el suelo en estudio

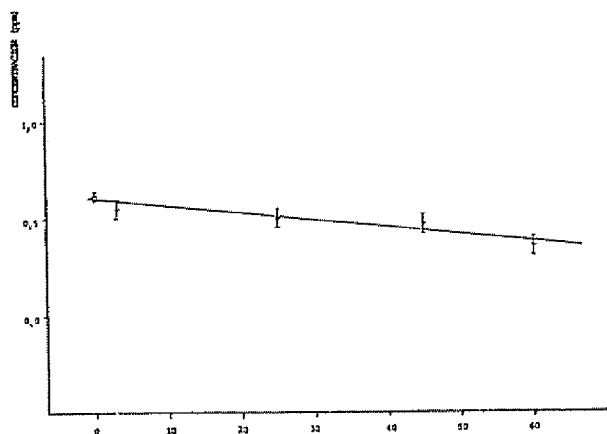


Fig 3 —Curva de degradación de la ametrina en el suelo en estudio

Habiéndose agregado inicialmente una cantidad de 0,62 ppm. aún a los 60 días se encontró 0,35 ppm de ametrina en el suelo, lo que indica que la ametrina es muy persistente en las condiciones de este experimento.

Discusión

Los datos de residuos apreciables encontrados indican una permanencia extendida del herbicida en el suelo estudiado. Las fluctuaciones en el contenido observadas en los diferentes puntos y las diferentes profundidades muestreadas pueden explicarse con base en la heterogeneidad del terreno y en lo que se refiere a los siguientes factores: la adsorción por las arcillas, el pH de la muestra, la estructura del suelo y la topografía.

De algunas observaciones hechas, entre las cuales sobresale la poca variación del pH de las muestras, se considera que el pH y también la temperatura no fueron factores definitivos en la retención de la ametrina por el suelo. El factor definitivo parece ser indudablemente el alto porcentaje de arcilla presente.

La acumulación de residuos durante años puede causar daños en cultivos subsiguientes diferentes o en un sistema de rotación de cultivos. La ametrina utilizada especialmente para caña de azúcar daña considerablemente al arroz, sorgo y algodón, que son cultivos propios para Guanacaste.

Se observó que la adsorción del herbicida en los suelos se puede representar por una isoterma del tipo Freundlich, lo que sugiere que la capacidad de adsorción del suelo en estudio es alta y no alcanzó un valor máximo en los experimentos.

Los valores de las constantes de la isoterma de adsorción muestran cómo la tendencia de la montmorilonita a la adsorción es alta. Además se supone que existen enlaces de hidrógeno entre esta arcilla y la ametrina, que es una base débil,

Los resultados parecen indicar la importancia de la regulación de las dosis, de modo que las aplicaciones tomen en cuenta la inmovilización del herbicida por adsorción. En algunos casos habrá que aumentar fuertemente las dosificaciones para combatir eficazmente las malezas. El peligro entonces es una contaminación mayor del ecosistema, además de los gastos más elevados al ser necesario aumentar las dosificaciones.

Es imperioso tomar en cuenta no sólo la solubilidad de un herbicida sino también su adsorción por el suelo, para predecir su aplicabilidad en una zona determinada.

La degradación lenta observada en estos experimentos está acorde con el bajo contenido de materia orgánica (1,58% en promedio). Generalmente un alto contenido de materia orgánica se asocia con una alta población de microorganismos y estos juegan un papel muy importante en la degradación de la ametrina (11, 14). La alta persistencia encontrada refuerza la necesidad de aplicaciones muy cuidadosas; todos los resultados juntos parecen indicar los límites de la aplicación de este herbicida, y pueden servir para optimizar su uso, sobre todo si se quiere tomar en cuenta los peligros de la contaminación del ambiente agrícola.

Resumen

Este trabajo se realizó en la Hacienda Taboga, Cañas, Guanacaste y en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica, en busca de un control de la contaminación del ambiente agrícola y una mejor aplicación del herbicida ametrina. Con este fin se determinó la acumulación, persistencia y degradación del herbicida ametrina en un suelo clasificado como un vertisol de Guanacaste, Costa Rica. Se encontró que en el suelo persistían residuos de hasta 1,10 ppm 240 días después de la última aplicación. El terreno muestreado (15 ha) había recibido aplicaciones de ametrina al 80% durante los últimos 6 años, con dosificaciones de 3 kg/ha. La adsorción del herbicida por el suelo es alta y se encontraron valores entre el 50 y el 78% de herbicida adsorbido. Se estima que el alto porcentaje de arcilla montmorilonítica es el causante de esta adsorción. La adsorción se caracterizó por la isoterma de Freundlich, cumpliendo la ecuación $Q = 0,43 \times C^{1,17}$. Se encontró también que la degradación de este herbicida en el suelo de la Hacienda Taboga es lenta, aproximadamente 0,1 ppm cada 20 días,

Agradecimiento

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, por el financiamiento del Proyecto sobre Heterociclos. También agradecen al M. Sc. A. Alvarado sus valiosas sugerencias y sus acertados comentarios.

Literatura citada

1. BAILEY, G.W. y ROHRBERG, T. Adsorption of organic herbicides by montmorillonite, role of pH and chemical character of adsorbate, Soil Science Society of America Proceedings 32(2): 222-223. 1968
2. BURNISIDE, O.C. Longevity of amiben, atrazine and 2,3,6-TBA in incubated soils Weeds 13: 274-276 1965 -
3. CRAFTS, A.S. The chemistry and mode of action of herbicides New York, Interscience 1961, 269 p.-
4. DETROUX, L y GONINCHARD, J. Los herbicidas y su empleo, Barcelona, Oikos-taw, 1967 52 p
5. DUNINGAN, E.R. y McINTOSH, I.H. Atrazine-soil organic interaction. Weed Science 19: 279-282. 1971.
6. FLEICHALL, A.W. The adsorption of some triazines in soil. Weeds, 13: 46-52 1965.
7. HANCE, R.S., Influence of pH exchangeable cation and the presence of organic matter on adsorption of some herbicides by montmorillonite, Canadian Journal of Soil Science 49 (3): 378-379 1969.
8. HAYER, M.H., Adsorption of triazine herbicides on soil organic matter, including a short review on soil organic matter chemistry, Residue Reviews 32: 131-176 1970.
9. Herbicides Handbook of the Weed Society of America, 2 nd. ed New York, Humphrey, 1970
10. KAUFMAN, D.D., KEARNEY, P.C. y SHEETS, T.S. Microbial degradation of ametrine. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 13: 238-242. 1965
11. LIU, L.C., CIBES-VIADE, H.R. Effect of various herbicides on the respiration of soil microorganisms. The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico. 56 (4): 17, 1972.
12. MATTSON, A.M., KAHRS, R.A. y MURPHY, R.I. Quantitative determination of triazine herbicides in soils by chemical analysis. Residue Reviews 32: 371-388. 1970.
13. SHEETS, T.S., CRAFTS, A.S. y PRESES, H.R. Influence of soil properties on the phytotoxicity of the triazines. Journal of Agricultural and Food Chemistry 10: 458, 1962
14. ————— y HARRIS, CH. Herbicide residues in soils and their phytotoxicities to crops grown in rotation. Residue Review 11: 10-15. 1965
15. WEKER, J.B. y SHEETS, T.S. Pesticides, how they move and react in the soil. Crop and Soils 25: 14-17. 1972
16. YAMANE, V.K. y GREEN, R.I. Adsorption of ametrine and atrazine on a oxisol, montmorillonite and charcoal in relation to pH and solubility effects. Soil Science Society of America Proceedings 36(1):58-64 1970

Notas y Comentarios

Glándulas foliares que atrapan insectos de la papa

Cuando publicamos en 1972 una nota sobre el descubrimiento de R. W. Gibson de que algunas especies silvestres de papa mataban a los áfidos que invadían su superficie foliar mediante una goma exudada por pelos glandulares (*Turrialba* 229 1972), lo hicimos pensando en la importancia que podría tener este fenómeno en el control de las plagas que atacan a las papas.

Esta esperanza viene siendo confirmada por investigaciones posteriores, tanto por Gibson como por investigadores de otros países. Gibson trabaja, desde que hizo su descubrimiento inicial, en la Estación Experimental de Rothamsted, y ha actuado como científico visitante en el Centro Internacional de la Papa (CIP) en Lima, Perú. El CIP ha publicado recientemente una información sobre el estado actual de la cuestión de los insectos y los tricomas glandulares de la papa (*Circular del CIP, vol. 6, N° 5, mayo 1978*).

Los tricomas glandulares existen en tres especies silvestres de papas, *Solanum berthaultii*, *S. polyadenium* y *S. tarijense*. Se han identificado dos tipos de tricomas. Los del tipo A tienen un tallo corto con un material pegajoso localizado en la cabeza de los cuatro lóbulos que tiene el tricoma. Al romperse el tricoma, se libera el material pegajoso, que se endurece rápidamente atrapando al insecto. Los tricomas de tipo B son similares pero tienen una gotita pegajosa en la punta del tallo. Sólo *S. tarijense* y *S. berthaultii* (de las tres especies) tienen ambos tipos de tricomas.

Gibson ha encontrado que los tricomas de estas papas atrapan también una variedad de ácaros e insectos. En *S. polyadenium* han atrapado áfidos (*Macrosiphum euphorbiae* y *Myzus persicae*), larvas de *Leptinotarsa decemlineata* y un saltador (*Jatasella pellucida*). Y el tipo B de tricoma de *S. berthaultii* ha atrapado a arañas rojas, trips y querezas (*Planococcus citri*). Sin embargo, las moscas blancas (*Trialeurodes vaporariorum*) no fueron atrapadas, ya que un polvo ceroso proveniente de las moscas cubría los tricomas.

Asimismo, un proyecto de Gibson con W. M. Tingey, de Cornell, ha demostrado que *S. polyadenium* y *S. berthaultii* son muy resistentes a la cigarrita verde (*Empoasca fabae*). Al igual que con los áfidos, las cigarritas se adhirieron a las plantas cuando sus miembros se enredaron en el exudado viscoso de los tricomas. Además, la boca de muchas cigarritas quedó completamente aprisionada, lo que no sólo garantiza una muerte por inanición, sino también evita cualquier transmisión posterior de enfermedades víricas.

Gibson ha logrado aumentar el número de tricomas glandulares en la generación primaria de un cruce de *S. tuberosum* cv 'Pentland Crown' × *S. berthaultii*. Una plántula resultante, seleccionada por su abundancia de tricomas, fue propagada en 1947 por incisiones en estolones. En cultivos comparativos, los áfidos *M. persicae* y *M. euphorbiae*, que eran abundantes, fueron atrapados por los tricomas de las especies silvestres y de los híbridos. En cambio, no hubo áfidos atrapados en el cultivar 'Pentland Crown'. En las plantas híbridas, Gibson encontró una correlación positiva entre el por

ciento de áfidos atrapados y la abundancia de tricomas en las hojas

El paso siguiente es, obviamente, transferir los tricomas glandulares de las especies silvestres a los cultivares de papa, lo que Gibson calcula puede tomar entre 10 a 15 años, hasta fijar los caracteres a cultivares productivos y de otras buenas cualidades. Se habrá así conseguido disminuir el daño directo producido al follaje de la papa por las plagas, limitar el movimiento de los áfidos, e impedir la transmisión de enfermedades (de virus principalmente)

El Dr. Gibson regresó a Rothamsted en marzo de 1978 y allí continuará sus investigaciones con los tricomas atrapadores de insectos. Los fitomejoradores del CIP continuarán el trabajo de creación de nuevos cultivares y luego los entomólogos del Centro evaluarán sus esfuerzos

El CATIE y la Universidad de las Naciones Unidas

El Programa de Recursos Naturales de la Universidad de las Naciones Unidas estableció en octubre de 1977 su primera Institución Asociada, al firmar un acuerdo con el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba, Costa Rica (*UNU Newsletter*, Vol. 2, N° 2, December 1977). Estuvieron presentes en la ceremonia de la firma el Dr. James M. Hester, Rector de la UNU y miembros del programa de Recursos Naturales, cuya sede está en Tokio, firmando en representación del CATIE, su Director, Dr. Santiago Fonseca

El CATIE realiza labores en programas de desarrollo agrícola, zootécnico y forestal de los países de América Central y del Caribe en su sede de Turrialba y en estaciones en la zona baja del Atlántico en Costa Rica. La institución servirá de base para parte del trabajo de la UNU sobre la base ecológica del desarrollo rural en los trópicos húmedos. Los esfuerzos del CATIE, al enfocarse en los sistemas agroforestales, consistirán en coleccionar, resumir y diseminar los conocimientos tradicionales y científicos que se refieren a la combinación de árboles y cultivos.

Hay otras instituciones latinoamericanas que se han asociado con la UNU. El programa de Hambre Mundial tiene como instituciones al Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), con sede en Guatemala, y al Instituto de Nutrición de Tecnología y de Alimentos (INTA), con sede en la Universidad Nacional de Chile. El programa de Desarrollo Humano y Social se ha asociado en 1977 con una institución argentina

Criando pollos en la oscuridad

Un futuro oscuro espera a los pollos en Canadá si se aplican ampliamente nuevos métodos de cría desarrollados por la Agricultural Research Station en Kentville, Nova Scotia. Los investigadores de ese centro han descubierto que la luz tenue hace a los pollos menos agresivos y provoca un crecimiento más rápido, con una alimentación más baja en proteína

Los investigadores alcanzaron estos resultados probando diferentes niveles de luz, desde luz normal de día hasta un décimo de una candela-pie. En los niveles más bajos de luz, la cantidad de proteína en las raciones se cortó de 20 a 15 o 16 por ciento sin reducirse su tasa de crecimiento. Los pollos son generalmente alimentados con una dieta de un 24 por ciento de proteína en las primeras cuatro semanas de su vida, y después, 20 por ciento de proteína durante las cuatro a siete semanas finales en las que son engordados para la mesa. El alimento menos rico en proteína cuesta 36 dólares menos por tonelada que la dieta normal de engorde

Un beneficio adicional es que los pollos están más tranquilos en la luz débil. Como resultado, los pollos son apenas agresivos y ya no es necesario cortarles los picos para evitar que se hagan daño entre ellos. Además, los avicultores pueden economizar en sus recibos de energía eléctrica, al no tener que simular la luz diurna en sus gallineros cerrados

Resistencia a la sequía en el sorgo

Cuanto más rápido se cierre una tapa, tanto menos agua se evaporará de un recipiente en un día caliente y seco. Pero la intensidad con que se escapa la humedad del recipiente puede ser más importante que la rapidez con que se cierra la tapa, en lo que se refiere a la restricción de las pérdidas de agua. Estos mismos principios explican algunos mecanismos de resistencia a la sequía en los cultivos, como informa Charles Y. Sullivan, de la Universidad de Nebraska (*Agricultural Research*, December 1977)

El cierre de los estomas es el principal medio con que las plantas controlan pérdidas de agua en condiciones de sequía. Los estomas del maíz se cierran algo más pronto que los del sorgo. Pero algunas plantas con estomas cerrados pierden siempre algo de humedad. El sorgo es más eficiente que el maíz en restringir las pérdidas de agua después del cierre de los estomas. De esta manera, el secado continúa en el maíz, y el daño y muerte de las células ocurre más pronto que en el sorgo.

Se encontró también que variedades de sorgo diferían significativamente en su resistencia a la sequía, lo que incluye mecanismos para evitar o tolerar tensiones de agua y de calor. La tolerancia a la desecación se mide por la pérdida de agua que una planta puede resistir antes de que mueran la mitad de sus células. La tolerancia al calor es la capacidad de la planta de vivir y funcionar cuando la temperatura de sus tejidos es alta. La tolerancia a las dos tensiones puede o no puede estar correlacionada, por lo que es importante reunir las en una sola planta.

Las hojas de sorgo, por ejemplo, tienen una mayor cantidad de sustancias cuticulares, principalmente ceras, que las hojas de maíz. Los sorgos híbridos varían en su cubierta cerosa, y este carácter está correlacionado positivamente con resistencia a la sequía.

Los mecanismos selectivos o adaptativos se han desarrollado en el maíz, dice Sullivan, debido a que sus células están expuestas a una tensión interna más grande. El cierre más rápido de los estomas disminuye el enfriamiento evaporativo, y una restricción menor de las pérdidas de agua después del cierre de los estomas promueve la desecación.

Una de las ventajas del sorgo es su capacidad de extraer más agua de las capas superiores del suelo. El cultivar más tolerante tenía una mayor proporción de raíces en los primeros 60 centímetros del suelo. También tenía una tasa fotosintética más alta. Estas pruebas indican que las variaciones en tolerancia y desecación pueden ser explotadas por los mejoradores del sorgo, si es que la tolerancia se hereda.

Norma Norcio y Sullivan también encontraron que los niveles de ácido abscísico eran más altos en plantas expuestas a condiciones de sequía.

Próximos Congresos

En 1978 se realizarán las siguientes reuniones de asociaciones relacionadas en las ciencias agrícolas

- Undécimo Congreso de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo, del 19 al 27 de junio, en Edmonton, Alberta, Canadá
- Grupo de trabajo de Reguladores de Crecimiento Vegetal y la American Society of Plant Physiologists, del 25 al 30 de junio, en Blacksburg, West Virginia.
- First International Rangeland Congress, del 1 al 18 de agosto, en Denver, Colorado
- Asociación Americana de Economistas Agrícolas, del 29 al 31 de agosto en Chicago Illinois
- Sociedad de Sociología Rural, de agosto 30 al 3 de septiembre, en San Francisco, California.
- Sociedad Americana de Fitopatología, del 29 de octubre al 2 de noviembre, en Tucson, Arizona
- Entomological Society of America, del 26 al 30 de noviembre, en Houston, Texas

Amounts and forms of phosphorus in ten highly weathered soils of Puerto Rico*

H. W. FASSBENDER**, F. H. BEINROTH***, L. S. SARMIENTO***

COMPENDIO

En diez perfiles de un inceptisol, cuatro ultisoles y cinco oxisoles de Puerto Rico se estudia el contenido y las formas del fósforo.

El contenido de fósforo total es muy bajo, a excepción de los suelos de las series Coto y Guineos. En los ultisoles varía el P-total entre 90 y 974 y 900 mg/kg de suelos, en los oxisoles entre 93 y 1610. Los fosfatos de calcio no exceden del 4 por ciento del fósforo total en los horizontes A, en los horizontes B y C disminuye hasta bajo del 2 por ciento. Los fosfatos de hierro predominan entre las formas cristalinas y en promedio su contenido es mayor en todos los horizontes. Los fosfatos no cristalinos, ocluidos predominan sobre todas las otras fracciones. En promedio, los horizontes A, B y C de los ultisoles alcanzan respectivamente 47, 69 y 75 por ciento del P-total. En los horizontes C, los oxisoles alcanzan en promedio hasta 85 por ciento del P-total.

Los resultados obtenidos corroboran el criterio de que en suelos de áreas bajas tropicales, a mayor grado de desarrollo del suelo, se presentan formas de P de estabilidad química creciente, pero de baja disponibilidad para las plantas.

Introduction

IN RECENT years there has been a growing interest in studying phosphorus in tropical soils because of the general deficiency of this nutrient in these soils and the rising cost of P-fertilizer (4, 8, 10). This situation is further aggravated by the fact that many soils of the tropics have a high capacity to absorb phosphorus resulting in a reduced availability of the P applied as fertilizer (4, 8, 10). Whereas phosphorus fractions of soils derived from volcanic ash have been studied rather extensively (7), comparable information about other soils of the tropics is relatively scarce. However, pertinent contributions for the soils of Latin America have been made by, among others, Chang and Jackson (3), Fassbender (4), Fassbender and Diaz (6), Fassbender *et al.* (5), Vieira and Bornemisza (14), and Westin and Britto (15). The results of their research are referred to in the context of the discussion below.

In the absence of previous investigations concerning the state of phosphorus in the soils of Puerto Rico, the present study was conducted to determine quantities and forms of phosphorus in ten selected soil profiles of the island. It was also attempted to relate the findings to stages of soil development and taxonomic units.

Materials and methods

Sixty samples from ten pedons of one Inceptisol, four Ultisols and five Oxisols of Puerto Rico were studied. The classification of these soils at the subgroup level of the US Soil Taxonomy (12) is given in Tables 1 and 2. A detailed account of the soils and their environment is provided elsewhere (1). The soil samples were analyzed for pH, C and N according to the methods recommended by the Soil Conservation Service (11). The soils were digested with a ternary mixture of acids (HCl-H₂SO₄-HNO₃) to extract total P (13). The inorganic phosphates were fractionated according to the Chang and Jackson method as modified by Khanna and Ulrich (9). Phosphorus in the extracts was analyzed by colorimetry using ascorbic acid as a reductant.

* Submitted for publication February 13th, 1978.

** Professor, Institute of forest soils and plant nutrition, University of Goettingen, 3400 Goettingen-Weende, Buesgenweg 2, WEST GERMANY.

*** Associate and Assistant Professor, University of Puerto Rico, Mayaguez, Puerto Rico 00728, USA.

*Results and discussion**Total Phosphorus*

In the sixty samples analyzed the amounts of total P varied from 93 to 1,611 mg/kg soil (Tables 1 and

2). The average total P contents for the ten soils, computed as the mean of all samples analyzed for a soil, are as follows: Bayamon, 196; Catalina, 214; Carreras, 371; Coto, 1,448; Daguey, 293; Los Guineos, 774; Nipe, 354; Picacho, 178; Piña, 177; and Torres, 222 mg/kg soil. For the Inceptisol and the Ultisols the

Table 1—Content and forms of phosphorus in one Inceptisol and four Ultisols of Puerto Rico.

Soil series (Classification)	Horizon	Depth (cm)	pH	% C	% N	P	Al-P	Ca-P	Fe-P	Occ-P
						mg P/kg soil				
<i>Daguey</i> (Orthoxic Tropohumult)	A	0-10	4.35	3.610	0.282	396.0	3.7	12.7	10.7	194.1
	B21	10-30	4.17	1.315	0.098	220.4	2.6	26.0	3.7	175.9
	B22	30-60	3.91	0.625	0.054	248.9	4.3	28.3	3.9	246.1
	B3	60-95	3.75	0.368	0.020	275.7	4.5	49.0	6.2	239.6
	C1	95-140	3.80	0.368	0.022	334.2	3.6	38.9	8.3	322.9
	C2	140-200	3.82	0.266	0.016	281.8	4.8	55.8	7.2	289.0
<i>Torres</i> (Orthoxic Tropodult)	Ap	0-10	4.72	3.625	0.318	600.1	8.0	203.7	36.3	225.4
	Bt2	10-30	4.03	0.836	0.110	136.6	5.1	31.8	5.4	110.7
	B22	30-50	3.90	0.612	0.072	113.8	4.2	22.6	3.9	95.0
	B23	50-90	3.88	0.426	0.015	118.0	4.0	30.8	3.7	119.7
	C1	90-125	4.00	0.306	0.020	143.1	3.3	36.8	2.9	133.8
<i>Carreras</i> (Typic Tropohumult)	Ap	0-14	4.12	0.290	0.227	579.0	11.0	291.1	28.9	251.9
	B21	14-28	3.42	1.470	0.141	308.2	4.2	126.1	13.8	162.7
	B22	28-55	3.40	0.827	0.082	237.4	2.7	41.0	6.8	173.4
	B3	55-80	3.50	0.410	0.048	342.2	5.3	45.9	4.1	329.5
	C	80-110	3.32	0.402	0.042	386.2	2.8	50.5	5.4	384.0
<i>Picacho</i> (Oxic Humitropept)	A	0-18	3.78	2.450	0.140	106.6	3.0	41.4	4.5	71.8
	B21	18-35	3.78	1.440	0.084	90.3	3.7	33.5	2.7	77.6
	B22	35-60	3.82	1.745	0.088	106.6	1.7	27.2	5.2	89.2
	B3	60-85	3.90	0.637	0.031	224.5	4.9	37.5	3.5	228.7
	C1	85-130	4.18	0.449	0.022	191.9	2.7	23.0	3.1	204.8
	C2	130-165	4.05	0.334	0.021	288.2	2.2	36.8	5.0	223.8
	C3	165-200	3.95	0.371	0.016	238.3	2.9	30.8	2.7	200.7
<i>Los Guineos</i> (Epiaquic Orthoxic Tropohumult)	Ap	0-8	3.88	3.765	0.387	662.0	6.0	125.6	17.5	363.4
	B21	8-25	3.98	2.020	0.189	680.0	4.2	92.7	9.3	315.5
	B22	25-45	4.12	1.310	0.135	515.6	3.0	59.8	7.4	343.5
	B31	45-65	4.10	1.015	0.102	608.3	4.1	75.6	8.7	314.2
	B32	65-90	4.08	0.704	0.060	813.4	2.5	124.1	11.6	465.4
	C1	90-150	4.05	0.614	0.050	793.9	3.7	108.8	20.9	427.6
	C2	150-200	3.92	0.361	0.031	974.5	3.8	152.7	14.8	575.9
	C3	200-250	3.85	0.086	0.006	906.3	5.1	135.6	18.9	599.2
Averages general	(n=31)		3.91		0.095	381.9	4.1	72.7	9.2	256.6
A - horizon	(5)		4.17		0.270	468.7	6.3	146.9	19.5	221.3
B - horizon	(16)		3.85		0.084	315.0	3.8	53.2	6.2	217.9
C - horizon	(10)		3.89		0.025	445.8	3.4	66.9	8.9	336.1

a mean value of 369 has been determined (14), and soils of Maranhao, Brazil, had an average of 600 mg/kg soil (6).

Forms of Phosphorus

In all soils the calcium and aluminium phosphates constitute an insignificant fraction of the active phosphates, amounting to less than 4 per cent of total P in the A horizons and to less than 2 per cent in the B

mean value is 382 and for the Oxisols 541 mg/kg soil. However, since two soils (Coto and Los Guineos) contain exceptionally large amounts of P, the means are distorted. In six pedons total P increases with depth, in two it decreases, and in the remaining two it is about constant. With the exception of the Coto and Los Guineos series, the data presented in Tables 1 and 2 are in the range of those reported for other soils of Latin America. In 23 soils of Venezuela total P averaged 204 mg/kg soil (15), for seven Oxisols of Amazonas

Table 2.—Content and form of phosphorus in five Oxisols of Puerto Rico.

Soil series (Classification)	Horizon	Depth (cm)	pH	% C	% N	P _t	Al-P	Fe-P	Ca-P	Occ-P
						mg P/kg soil				
<i>Bayamon</i> (Tropeptic Eutrothox)	A	0-9	5.43	0.842	0.697	234.2	5.0	52.3	4.1	166.0
	B21	9-30	5.39	0.415	0.074	237.5	3.9	60.1	6.8	170.1
	B22	30-60	5.65	0.354	0.061	216.3	4.8	64.6	5.6	153.0
	B23	60-120	5.56	0.299	0.061	174.1	3.3	39.0	4.3	128.8
	B3	120-150	5.82	0.337	0.063	162.7	3.2	46.0	5.2	135.4
	C2	150-175	5.80	0.264	0.064	152.1	2.8	24.4	4.1	161.0
<i>Piña</i> (Ultic Haplorthox)	Ap	0-20	3.68	0.290	0.031	262.7	75.3	97.9	10.3	68.5
	Ap+B21	20-34	3.62	0.244	0.025	261.8	58.5	77.4	10.7	60.3
	B21	34-60	3.48	0.309	0.018	150.4	4.6	32.3	3.3	101.6
	B22	60-90	3.75	0.164	0.127	116.3	3.7	39.2	3.3	85.1
	B23	90-125	3.48	0.121	0.024	93.5	3.9	28.6	2.9	74.3
<i>Coto</i> (Tropeptic Eutrustox)	Ap	0-13	5.18	1.890	0.202	1398.7	9.4	162.4	23.5	975.8
	A12	13-25	5.12	0.740	0.108	1610.5	8.3	183.5	26.2	1193.9
	B21	25-45	5.00	0.583	0.102	1404.4	9.8	227.0	31.2	1102.3
	B22	45-60	5.39	0.494	0.094	1462.1	7.6	221.8	30.1	1204.8
	B23	65-90	5.50	0.393	0.084	1382.4	5.9	178.1	27.0	1233.6
B24	90-125	5.25	0.438	0.091	1431.2	8.3	230.0	33.9	1084.9	
<i>Catalina</i> (Tropeptic Haplorthox)	Ap	0-23	4.20	3.355	0.282	427.7	6.1	125.5	24.8	225.4
	B21	23-37	4.29	1.170	0.129	217.2	3.4	41.0	6.6	199.0
	B22	37-60	4.32	0.930	0.098	187.9	3.3	61.4	5.6	143.7
	B23	60-80	4.29	0.669	0.066	167.6	3.1	37.1	7.4	151.9
	B24	80-120	4.21	0.448	0.053	140.7	4.2	35.6	3.3	150.3
<i>Nipe</i> (Typic Acrothox)	B25	120	4.12	0.406	0.044	144.8	2.4	29.3	9.7	117.4
	A	0-25	4.20	3.180	0.187	355.4	5.3	63.1	5.2	206.5
	B	25-45	4.48	1.520	0.097	349.7	3.4	86.4	4.7	261.0
	B21	45-70	4.80	1.260	0.096	291.1	2.3	39.5	5.8	298.9
	B22	70-95	5.30	0.966	0.049	300.2	4.2	32.9	3.7	289.9
	B23	95-120	5.48	0.852	0.044	473.4	2.6	33.8	4.3	215.5
C	120-160	5.63	0.520	0.030	355.4	1.8	31.7	6.0	280.6	
Averages General	(n=29)		4.77	0.809	0.087	540.7	8.9	82.1	14.0	322.2
A-horizon	(7)		4.49	1.507	0.133	650.1	23.9	108.8	14.9	260.2
B-horizon	(20)		4.77	0.606	0.075	531.2	4.3	78.9	10.2	365.0
C-horizon	(2)		5.71	0.392	0.042	253.7	2.3	28.0	5.0	220.9

Table 3—Occluded phosphorus as per cent of total phosphorus in ten Puerto Rican soils

Soil class (series)	Mean percentage of occluded P		
	A horizon	B horizon	C horizon
<i>Inceptisols</i>			
Oxic Humitropept (Picacho)	67.4	93.9	87.6
<i>Ultisols</i>			
Typic Tropohumult (Carreras)	43.5	75.0	99.4
Orthoxic Tropudult (Torres)	37.6	88.3	93.5
Orthoxic Tropohumult (Daguey)	49.0	89.9	99.3
Epiaquic Orthoxic Tropohumult (Los Guineos)	54.9	55.0	59.9
Inceptisol and Ultisols	47.2	69.2	75.4
<i>Oxisols</i>			
Tropeptic Eustrustox (Coto)	72.1	81.8	—
Tropeptic Eutrothox (Bayamon)	70.9	71.8	105.6
Tropeptic Haplorthox (Catalina)	52.7	88.8	—
Ultic Halorthox (Pina)	24.6	72.5	—
Typic Acrorthox (Nipe)	58.1	75.3	79.0
Oxisols	40.0	68.7	87.1

horizons. Iron phosphates, which are the more stable among active P forms (4, 8), attain mean values of 82 mg/kg soil for the Oxisols and 73 for the Inceptisol and Ultisols. In seven of the soils Fe-P decreased with depth, but it increased in three pedons (see Tables 1 and 2). Although pH varies from 3.32 to 5.63 there is no significant correlation between inorganic forms of P and pH.

For Ultisols and Oxisols of Venezuela, Westin and Britto (15) found that the active forms of P (Ca-P, Al-P and Fe-P) correlate with soil reaction. In the B horizons of soils whose pH ranged from 5.4 to 7.2, the percentage of calcium phosphates varied from 4 to 32 per cent and that of iron phosphates from 96 to 46 per cent. In soils of Central America, Fassbender *et al* (5) found highly significant correlations of calcium ($r = +0.709$) and iron phosphates ($r = -0.705$) with pH (CaCl₂, 0.01M). The curves intercepted at pH 5.5, indicating the dividing point between the predominance of calcium and iron and aluminum phosphates. In soils of Venezuela (15) and Maranhao, Brazil (6), the active phosphates decreased with depth and there was an accumulation of iron and aluminum phosphates in the B horizons.

As in other acid soils of the tropics, the non-crystalline, occluded phosphates which are coated by sesquioxides greatly exceed the contents of active phosphates (see Table 1, 2 and 3). In the Inceptisol and Ultisols, occluded P accounts for 47, 69 and 76 per cent of total

P for the A, B and C horizons, respectively. For the five Oxisols the corresponding values are 40, 69 and 87 per cent. Chang and Jackson (3) obtained similar values for other soils of Puerto Rico and Hawaii. In soils of Maranhao, Brazil, occluded P constituted 70 per cent of total P (6). For soils of Central America which included many Inceptisols, Fassbender (5) found that 22 per cent of the total P was in the form of occluded and reductant phosphates.

Phosphorus Forms in Relation to Soil Genesis and Classification

It is generally accepted that the solubility of inorganic forms of phosphorus decreases, and consequently their stability increases, in the sequence Ca-P, Al-P, Fe-P, occluded-P. Therefore, the amount of occluded P relative to total P should increase with the degree of soil weathering. In Table 3 the occluded P is tabulated as percent of total P for the three major horizons of the ten soils studied. The soils are arranged in order of increasing pedogenetic evolution on the basis of the diagnostic horizons present (cambic, argillic or oxic horizons) and clay activity (meq CEC/100 g clay); the Oxic Humitropept being the least and the Typic Acrorthox being the most weathered of the soils studied. The data indicate that there is no correlation between occluded P and soil taxa, and that the variability among individual soils of the same order is as wide as the variability among the mean values for different orders. In particular, there appears to be no correlation between stages of soil development and the relative amounts of occluded P.

The data reported on Tables 1, 2, and 3 show, however, that there is a rather consistent tendency for occluded P to increase with depth. Since the parent material (C horizons) is presumed to be less weathered than the B horizons, these results are contrary to theoretical expectations.

Summary

Amounts and forms of P were determined in sixty soil samples from profiles - one Inceptisol, four Ultisols and five Oxisols of Puerto Rico. Samples of one Oxisol and one Ultisol contain relatively large quantities of total P in all horizons, averaging 1,448 and 774 mg/kg soil, respectively. In other soils, the mean of total P values ranges from 177 to 371 mg/kg soil. Calcium and aluminum phosphates amount to less than 4 per cent of total P in all samples. Iron phosphates are the dominant inorganic forms of P in all horizons of these soils.

Content of occluded P greatly exceeds the order P forms. For the A, B and C horizons of the Inceptisol and the Ultisols, occluded P accounts for 47, 69 and 76 per cent of total P, respectively. The corresponding values for the Oxisols are 40, 69 and 87 per cent. For the soils studied no relationship between the forms of P and their state pedogenetic evolution could be found.

Literature cited

- 1 BEINROTH, F. H. A study of highly weathered soils of Puerto Rico Part I: Formation and classification *Geoderma* (in press)
- 2 CHANG, S C, and JACKSON, M. I. Fractions of soil phosphorus *Soil Science* 84: 133-144. 1957
- 3 ————— and JACKSON, M. I. Soil phosphorus fractions in some representative soils. *Journal of Soil Science* 9: 109-119. 1958
- 4 FASSBENDER, H W. Chemisches Verhalten der Hauptnährstoffe in Böden der Tropen, insbesondere in Lateinamerika. *Göttinger Bodenkundl. Berichte* 23: 1-182. 1972
- 5 —————, MULLER, I., and BALERDI, F. Estudio del fósforo en suelos de Centroamérica III Formas y su relación con la planta. *Turrialba* 18: 333-347. 1968
- 6 ————— and DIEZ, N. Contenido y formas del fósforo en algunos suelos de la región amazónica del Estado de Maranhao, Brasil. *Turrialba* 20: 372-374. 1970
- 7 INTER-AMERICAN INSTITUTE OF AGRICULTURAL SCIENCES (IAIAS) Panel on Volcanic Ash Soils in Latin America. *Turrialba, Costa Rica, IAIAS*, 1969
- 8 KAMPRATH, E.J. Phosphorus. In P.A. Sánchez, ed. A Review of Soils Research in Tropical America. North Carolina State University, 1972. pp 138-161.
- 9 KHANNA, P.K. and ULRICH, B. Phosphotfraktionierungen. *Zeitschrift fuer Pflanzenernahrung und Bodenkunde* 117: 53-63. 1967.
- 10 OLSON, R. A. and ENGELSTAD, O.P. Soil phosphorus and sulfur. In Committee on Tropical Soils, Agricultural Board, National Research Council: Soils of the Humid Tropics, National Academy of Sciences, Washington pp 82-101.
- 11 SOIL CONSERVATION SERVICE. Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples. U.S. Dept. Agr., Soil Cons. Serv. SSIR N° 1. Govt. Print. Office, Washington, 1972. 63 p.
- 12 SOIL SURVEY STAFF. Soil Taxonomy, a basis system of soil classification for making and interpreting soil surveys. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook N° 436, Washington, 1975. 754 p.
- 13 ULRICH, B. *et al.* Bestimmung der Gesamt-Phosphorsäure und laktotlöslicher Phosphorsäure in Bodenproben. *Phosphorsäure* 20: 344-347. 1960.
- 14 VIEIRA, I.S. and BORNEMISZA, E. Categorías de fósforo en los principales grandes grupos de suelos en la Amazonia de Brasil. *Turrialba* 18: 242-248. 1968.
- 15 WESTIN, F. C., and BRITTO, I. de. Phosphorus fractions of some Venezuelan soils as related to their stages of weathering. *Soil Science* 107: 194-202. 1969.

Notas y Comentarios

Hechos y fantasía en el desarrollo rural de la India

En los mil novecientos sesenta, la India hizo noticia por el espectacular aumento de su producción de granos (la llamada "revolución verde"). En los novecientos setenta, la India vuelve a llamar la atención, esta vez como exponente de la "tecnología apropiada". En ambos casos ha habido críticas; en el primero, inicialmente de parte de periodistas radicales franceses, a los que aparentemente no les gustó el apelativo "revolución", ciertamente no otorgado por los organismos creadores de los notables trigos y arrozces, al parecer por creer que el vocablo es exclusividad de ciertas ideologías. Por otra parte, las críticas a la tecnología apropiada se dirigen principalmente a los ecólogos radicales, los que, por ejemplo, han adoptado como símbolos la hidroponía y el microbus Volkswagen, dos artefactos de la vida moderna intensivos en capital y energía.

A pesar de estas críticas, ahora se está reconociendo que estos dos procesos están probando ser beneficiosos al desarrollo rural de la India. Veamos primero la revolución verde.

La revolución verde

Al finalizar la década de los novecientos sesenta, la revolución verde iba a solucionar todos los problemas de la agricultura de la India. Al comenzar la década actual, la opinión de moda era que había fracasado, dejando a los ricos más ricos y a los pobres más pobres.

Ambos juicios fueron errados. Lo que ha pasado en realidad es un progreso constante, más notable porque contrasta con un largo estancamiento antes de que India adquiriese su independencia. En el medio siglo antes de 1947, la producción total permaneció casi estática, aunque dentro de este total hubo una disminución considerable en los sorgos y una casi triplicación de la producción de caña de azúcar y algodón. En los 30 años después de la independencia la producción en general se ha duplicado, aunque nuevamente el aumento ha sido disparado; muy grande para trigo, insignificante para leguminosas de grano. El mal tiempo produjo retrocesos en 1966-68 y en 1972-74, pero la tendencia ha estado ligeramente por delante del crecimiento de la población.

Desde comienzos de los novecientos sesenta, el énfasis ha cambiado. Queda poca tierra obviamente disponible para poner bajo cultivos, aunque eventualmente habrá más tierra utilizable, teniendo en cuenta el proyecto del agua del Himalaya y otros vuelos de la imaginación; y hay cada vez menos sitios para represas. Sin embargo, ha habido una explosión de nuevos conocimientos y de instituciones que los hacen efectivos. Esto no es una revolución; todo eso toma demasiado tiempo, pero es un adelanto constante.

Para algunos cultivos, y en algunas regiones, el éxito ha sido sorprendente. Los rendimientos de arroz en el Punjab en 1977-78 fueron de 4000 kilogramos por hectárea, cuatro veces más que aquellos de 1965-66. En Bengalia Occidental, desde 1960, los rendimientos de trigo se han multiplicado 3½ veces, y el trigo se volvió tan remunerativo que el área

bajo trigo se multiplicó siete veces. En toda India, tres cuartas partes del área bajo trigo, y más de un tercio del área bajo arroz, está ahora sembrada con variedades de altos rendimientos. En cuatro años, de 1969-70 a 1973-74, tres nuevas variedades de altos rendimientos y de fibra más larga se han extendido a una cuarta parte del área algodonera; India, cuyas variedades naturales fueron todas de fibra corta, es ahora más que suficiente en todas las fibras excepto las más largas.

El campesino hindú se ha mostrado rápido y discriminativo en adoptar nuevas ideas. Las medidas de protección vegetal cubren ahora 30 millones de hectáreas. El uso de fertilizantes ha subido 11 veces desde 1960-61, a 4 millones de toneladas.

Las nuevas tecnologías no son, como se cree ampliamente en occidente, solamente para el agricultor grande. El pequeño agricultor acepta estas tecnologías más lentamente y puede inhibirse de probar las innovaciones más riesgosas. Pero cuando la utilidad es clara no está sino uno o dos años detrás. Con agua, fertilizante y semilla de alto rendimiento, puede lograr un nivel de vida decente en una hectárea; sin las tecnologías necesitaría cinco. Aun el jornalero se beneficia. El estado donde las nuevas tecnologías han hecho más avances, el Punjab, importa la mitad de su mano de obra, y paga salarios tres veces más altos que los de Orissa o las zonas secas del Deccan.

De cierto modo, actualmente la India está tomando alienato antes de proseguir. El énfasis en la importancia de la agricultura en el desarrollo ha aumentado, como ha aumentado en el Banco Mundial bajo la dirección de McNamara. Una revolución agrícola en la escala de Estados Unidos, o aun China, parece demasiado buena para ser verdadero. Los científicos temen que los servicios de extensión serán muy lentos, los planificadores se preocupan porque la burocracia será corrupta e inepta. Pero ningún hindú con conocimientos técnicos duda que una transformación está en camino. No es solamente que después del tercer buen monzón consecutivo, la producción de alimentos ha subido a 120 millones de toneladas, con 25 millones de toneladas que se espera sean guardadas de reserva después de la cosecha de abril-mayo. Esta confianza descansa en lo que ha llegado a hacer la tecnología hindú y lo que India puede hacer ahora con su tierra, agua, sol, y disponibilidades de energía. Si el gobierno actual puede poner mayor demanda efectiva en manos de los campesinos, India estará lista para el despegue.

La tecnología apropiada

En segundo lugar, tenemos la tecnología apropiada. La industria pequeña ha sido mimada en la India desde los tiempos del Mahatma Gandhi. Este hizo que en el credo de todo buen nacionalista figurase que la industria debería ser en pequeña escala. La insignia de todo seguidor del partido del Congreso era su traje *khadi* hilado y tejido a mano. En tiempos de Nehru se cambió a la industria en gran escala. En 1959, para el segundo plan quinquenal, se llegó a un compromiso entre los dos extremos. La industria pesada sería moderna y a gran escala; no hubo experimentos como la fabricación de acero casero de la China. Los bienes de

consumo, en lo posible, serán hechos en industria casera. En el momento actual, las grandes industrias de la India emplean sólo 5,7 millones de personas, mientras que las industrias caseras emplean un número enorme, 10 millones de ellos operando ruecas de mano.

La industria casera estará en manos de planificadores realistas. No habrá el tipo de ideas que se ven ahora en Europa y Estados Unidos, que proponen seriamente, por ejemplo, aerogeneradores caseros, que con una inversión de varios miles de dólares pueden encender dos bombillos en una casa, en días con viento, con un ahorro de 25 centavos por semana.

A la industria casera se le han concedido dos ventajas: Primero, ha sido exceptuada en gran parte de impuestos. En todo lo que se hace sin energía termal, esto es la verdadera artesanía, no se pagará ningún impuesto. Donde la energía se use en pequeña escala, que es definida según el caso y tipo de industria, hay normalmente un impuesto reducido: para los fabricantes de 69 productos especificados con un valor doméstico de menos de 200 mil dólares, el último presupuesto exime del pago de alcabala a los primeros 60 mil dólares.

Segundo, ciertas clases de productos han sido reservados para la pequeña escala. Así, por ejemplo, por varios años, no se han permitido ampliaciones de fábricas de tejidos salvo que estén destinados a la exportación. No se han permitido nuevas fábricas de fósforos y otros productos que se pueden elaborar en industrias caseras.

Un ejemplo, entre los muchos que se pueden escoger, puede ilustrar cómo el campesino pobre se está beneficiando con estas políticas. En la Unión Lechera Cooperativa Kaira, en Gujarat, que se inició en 1940, hay ahora más de 250,000 miembros, muchos de ellos campesinos sin tierras o marginales, la mayoría con uno o dos búfalos. El año pasado efectuó 220 mil inseminaciones artificiales, suministró una gran parte de la leche que consumió Bombay, y tuvo ventas por un valor de 50 millones de dólares, incluyendo alimentos para bebés, bocaditos, mantequilla, chocolates y leche. Su marca registrada, Amul, es una de las más conocidas de la India.

Publicaciones

Field Crops Research. Una nueva revista internacional, *Field Crops Research*, ha aparecido con fecha febrero de 1978. Publica artículos originales de investigación en agronomía, fisiología, mejoramiento, ecología, protección, manejo del suelo y del agua, y sistemas de cultivo. Abarca todos los llamados cultivos de escarda, excluyendo por consiguiente las verduras, frutas, pastos perennes, pero incluyendo cultivos tropicales de plantación. En el primer número, que contiene siete artículos, aparecen dos artículos del CIAT, uno sobre prevalencia de insectos en sistemas policulturales de maíz y frijol; y otro sobre efectos de la competencia en la distribución de materia seca en el maíz. El editor en jefe es M. J. T. Norman, de Australia, y en el comité editorial figuran investigadores de México (R. C. Paliwal), Perú (R. R. Rowe) y Colombia (P. A. Sánchez). La dirección es Elsevier Scientific Publishing Company, P. O. Box 330, Amsterdam, Holanda.

Evaluación de nematicidas y de métodos de aplicación en el combate de nematodos fitoparásitos y en la producción y calidad de la lechuga*1/ ————— JOSE MATTEY F, ROGER LOPEZ CH**

ABSTRACT

The effects of the nematicides fenamifos (5 kg ai/ha), fensulfotbion (5 kg ai/ha), ethoprop (10 kg ai/ha), aldicarb (10 kg ai/ha) and two commercial formulations of carbofuran (6 kg ai/ha), applied either broadcast or in 10 cm wide bands, on the yield and quality of lettuce, cv. 'White Boston', were studied on a sandy-clay-loam soil, infested with 14 and 58 specimens of *Meloidogyne hapla* and *Helicotylenchus* sp./100 ml, respectively. No significant differences were found between nematicides and the control, or between the two application methods, on the yield and diameter of the heads. One of the formulations of carbofuran (Furadan) significantly increased the percentage of first grade heads as compared with ethoprop and fensulfotbion; the inverse was true regarding the second grade heads. All nematicides significantly reduced the number of knots/roots system caused by *M. hapla*. The soil populations of this species were not affected by any of the treatments, but there were some significant differences among nematicides on the *Helicotylenchus* sp. population, 43 days after transplanting.

Introducción

EN COSTA RICA la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) está concentrada en el Valle de El Guarco, provincia de Cartago, en un área donde es frecuente encontrar sembradíos en que se presenta la enfermedad de los nódulos radicales causados por *Meloidogyne hapla* Chitwood, 1949. Esta enfermedad ha causado daños de gran importancia económica en otros países, lo que ha motivado el que se le combatiera mediante la aplicación de productos químicos (5, 7, 11). En vista de la carencia de información en nuestro país sobre varios aspectos relacionados con este problema, se llevó a cabo esta investigación, que tuvo como objetivos el evaluar el efecto de seis nematicidas sobre la producción y calidad de la lechuga, así como sobre las poblaciones de *M. hapla* y *Helicotylenchus* sp. También se trató de evaluar el posible efecto de dos métodos de aplicación de los nematicidas, vg., en bandas o sobre toda el área, ya que estos métodos podrían afectar la eficacia de los productos.

Materiales y métodos

Durante el inicio de la estación lluviosa de 1977 se realizó un ensayo en el área de Tejar de El Guarco, provincia de Cartago, en un suelo franco arcilloso-arenoso infestado con una población media de 58 y 14 especímenes de *Helicotylenchus* sp. y *M. hapla*/100 ml de suelo, respectivamente. Esta área tiene una temperatura promedio de 19 C, una altitud de 1377 m.s.n.m., y una precipitación anual promedio de 1502 mm.

Se evaluaron los nematicidas granulados fenamifos (Nemacur, 5 kg ia/ha), fensulfotbion (Terracur P, 5 kg ia/ha), ethoprop (Mocap, 10 kg ia/ha), aldicarb (Temik, 10 kg ia/ha) y carbofuran (en dos formulaciones comerciales conocidas como Furadan y Curater*, 6 kg ia/ha); además, se dejó un testigo al que no se le aplicó nematicida alguno. Todos los productos se aplicaron dos días antes del trasplante en dos métodos, a saber: a) distribuidos uniformemente sobre toda el área (al voleo), y b) en bandas de 10 cm de ancho, al centro de las cuales se sembraron posteriormente las plántulas (en bandas); en ambos casos los productos

* Recibido para publicación 17 de marzo de 1978

1/ Parte de una tesis presentada por el primer autor ante la Escuela de Fitotecnia de la Universidad de Costa Rica como requisito parcial para optar al grado de Ingeniero Agrónomo.

** Laboratorio de Nematología, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

* Para efectos de este trabajo se denominará como carbofuran F al Furadan, y como carbofuran C al Curater, respectivamente.

fueron incorporados a 10 cm de profundidad. Se utilizó un diseño de parcelas divididas con cinco repeticiones, en el que los nematocidas fueron las parcelas pequeñas y los métodos de aplicación las parcelas grandes. En cada parcela pequeña se sembraron 50 plántulas de cultivar 'White Boston' de 40 días de edad, a 20 cm entre sí; las 24 plantas centrales constituyeron la parcela efectiva, mientras que las 26 restantes formaron los bordes.

Se hicieron tres muestreos para cuantificar las poblaciones de nematodos, el primero dos días antes y el segundo 28 días después del trasplante; el tercero se hizo seis días después de la cosecha. En cada parcela se tomó suelo de cinco puntos previamente seleccionados hasta obtener 500 ml; éstos se cuartearon en el laboratorio y se tomó una submuestra de 100 ml, la que se procesó por el método de cernido y centrifugación en solución azucarada (2). Los nematodos recuperados se pasaron a un vaso de precipitación con 50 ml de agua, y la suspensión se homogeneizó con un inyector de burbujas de aire por 30 segundos; luego se extrajo una alícuota de 10 ml y se colocó en un recipiente graduado; los conteos se hicieron al microscopio estereoscópico, usando un aumento de 45 X.

La fertilización y otras prácticas de cultivo fueron las usuales de esta zona.

Treinta y ocho días después del trasplante se colectaron las cabezas de lechuga, se midió su diámetro y se anotó su peso en forma individual; las cabezas se clasificaron en dos categorías: A) primera, o cabezas

con un peso mayor o igual a 115 g o una relación peso (onzas)/diámetro mayor de 0,5; B) segunda, o cabeza con un peso menor de 115 g o una relación peso/diámetro menor de 0,5. Posteriormente se determinó el porcentaje de cada categoría para cada parcela.

Se tomaron al azar seis sistemas radicales de cada parcela y se contó el número de nódulos causados por *M. bapla*, luego se calculó el número promedio/sistema radical. En el caso de los porcentajes de cada categoría, los datos originales se sometieron a la transformación angular antes de ser analizados; los datos de las poblaciones de *M. bapla* en el segundo y tercer muestreos sufrieron la transformación de $(X+1)^{1/2}$. El análisis estadístico para cada variable evaluada se hizo en la computadora del Centro de Informática de la Universidad de Costa Rica. En todos los casos se utilizó la prueba de amplitud múltiple de Duncan para comparar entre sí los promedios de los tratamientos para cada parámetro.

Resultados

En el Cuadro 1 se presentan los promedios de rendimiento, diámetro de las cabezas y porcentajes de primera y segunda categoría para cada tratamiento. No hubo diferencias significativas entre los dos métodos de aplicación en el peso, diámetro y porcentajes de cabezas de cada categoría; tampoco se encontraron diferencias significativas entre nematocidas en el peso y diámetro de las cabezas; el carbofuran F aumentó significativamente el porcentaje de lechugas de primera, en

Cuadro 1.—Efecto de varios nematocidas y dos métodos de aplicación en el rendimiento y calidad de lechuga, cv 'White Boston', en la región de Tejar de El Guarco

Método de aplicación	Peso promedio g/cabeza	Peso total kg/ha	Diámetro cm	Categoría (%) *	
				Primera	Segunda
En banda	139,7 a **	25841,8 a	8,7 a	60,5 a	39,1 a
Al voleo	142,8 a	25304,2 a	8,9 a	63,4 a	36,6 a
Nematocidas					
Carbofuran C	144,8 a	26475,8 a	9,1 a	61,5 ab	38,5 ab
Carbofuran F	150,4 a	26549,0 a	9,0 a	69,4	30,6 b
Ethoprop	133,0 a	24659,4 a	8,4 a	59,4 b	40,6 a
Fenamifos	146,5 a	28179,2 a	8,8 a	68,2 ab	31,8 a
Aldicarb	136,7 a	23616,7 a	8,7 a	61,9 ab	38,1 ab
Fensulfothion	138,9 a	24647,9 a	8,8 a	59,4 b	40,6 ab
Testigo	138,6 a	24893,8 a	8,7 a	61,1 ab	38,9 ab

* Primera: plantas de 115 g o más g. con una relación peso (onzas)/diámetro mayor de 0,5. Segunda: plantas de menos de 115 g o plantas con relación peso (onzas)/diámetro menor de 0,5.

** Promedio de cinco repeticiones. Promedios de una misma variable seguidos por la misma letra, no difieren significativamente entre sí de acuerdo con los resultados de la prueba de amplitud múltiple de Duncan ($P = 0,05$).

Cuadro 2.—Efecto de varios nematicidas y dos métodos de aplicación sobre las poblaciones de *Helicotylenchus* sp y las poblaciones y número de nódulos radicales causados por *Meloidogyne hapla* en lechuga, cv 'White Boston'.

Método de aplicación	Nematodos/100 ml de suelo						Número de nódulos radicales
	Helicotylenchus sp Días después trasplante			Meloidogyne hapla Días después trasplante			
	0	30	45	0	30	45	
En banda	62,6 a*	73,9 a	115,9 a	28,7 a	2,8 a	1,1 a	0,6 a
Al voleo	50,3 a	76,0 a	106,0 a	24,3 a	1,9 a	1,1 a	0,6 a
Nematicidas							
Carbofuran C	44,0 bc	60,5 a	86,0 a	25,0 ab	1,7 a	1,7 a	0,2 a
Carbofuran F	68,5 ab	79,0 a	69,0 a	25,0 ab	3,2 a	0,3 a	0,4 a
Ethoprop	82,0 a	71,0 a	96,0 a	50,0 a	4,3 a	1,0 a	0,3 a
Fenamifos	58,5 abc	89,5 a	118,5 ab	30,0 ab	1,3 a	96,0 a	0,4 a
Aldicarb	30,0 c	46,0 a	78,5 a	21,0 b	1,7 a	1,2 a	0,5 a
Fensulfotion	64,5 abc	78,5 a	180,0 c	24,0 ab	2,3 a	2,2 a	0,4 a
Testigo	47,5 bs	97,0 a	148,5 bc	10,0 b	2,4 a	2,2 a	1,4 a

* Promedio de cinco repeticiones. Promedios en una misma columna, seguidos por una misma letra, no difieren significativamente entre sí, de acuerdo con los resultados de la prueba de amplitud múltiple de Duncan ($P = 0,05$).

comparación con el ethoprop y el fensulfotion, y una situación inversa se presentó en el caso de lechugas de segunda.

El número promedio de larvas de *M. hapla* y especímenes de *Helicotylenchus* sp. en cada muestreo, y de nódulos radicales causados por *M. hapla* al momento de la cosecha, para cada tratamiento, se presentan en el Cuadro 2. En el primer muestreo se observó que el número de larvas de *M. hapla* en parcelas tratadas con ethoprop fue significativamente mayor que en las parcelas testigo y en las tratadas con aldicarb. En el segundo y tercer muestreo no se encontraron diferencias significativas entre nematicidas en el número de larvas, pero todos los productos redujeron significativamente el número de nódulos/sistema radical; sin embargo, esta reducción fue de poca cuantía. No hubo diferencias significativas entre los dos métodos de aplicación en el número de larvas en los tres muestreos, o en el número de nódulos/sistema radical.

El número de *Helicotylenchus* sp. en el primer muestreo fue significativamente mayor en parcelas tratadas con ethoprop que en las tratadas con carbofuran C, aldicarb o las testigo; en el segundo muestreo no hubo diferencias significativas entre nematicidas, mientras que en el tercero se encontró que el fensulfotion causó un incremento significativo en comparación con los demás nematicidas. Los métodos de aplicación no tuvieron efecto alguno sobre las poblaciones de este nematodo, en ninguno de los tres muestreos.

Discusión

El análisis de los resultados indicó que las densidades iniciales de las dos especies de nematodos no causaron alteraciones apreciables en el desarrollo de los testigos, lo cual podrían explicar el que no hubo diferencias apreciables en rendimiento entre las parcelas tratadas y las no tratadas, o entre los dos métodos de aplicación de los nematicidas. Se sabe que *Helicotylenchus* spp., aún en poblaciones muy altas, se comporta generalmente como un patógeno débil (6), mientras que se requiere una población de 200 larvas de *M. hapla*/kg de suelo para que la lechuga se vea afectada (7); estas observaciones parecen confirmarse en el presente estudio.

En apariencia, la textura y humedad del suelo eran favorables para el ataque de *M. hapla* (8, 10), mientras que la temperatura no lo era, ya que ésta fue de 19,8 C como promedio, y algunas observaciones previas (12, 13, 14) han indicado que la temperatura óptima para esta especie es 24 C, y que temperaturas inferiores tienden a disminuir el daño causado en lechuga, así como el desarrollo y reproducción de *M. hapla*.

Las poblaciones de larvas de *M. hapla* en el suelo se redujeron tanto en las parcelas tratadas como en las no tratadas, lo que podría atribuirse a que éstas invadieron las raíces; estos resultados concuerdan con

los obtenidos por otros autores (5). Por otra parte, la reducción en las parcelas tratadas también pudo haber sido causada por los nematocidas, ya que aún cuando las poblaciones iniciales eran mayores que en los testigos el número de nódulos/sistemas radical fue menor.

El comportamiento de las poblaciones de *Helicotylenchus* sp fue inverso al de las poblaciones de *M. hapla*, toda vez que su densidad aumentó tanto en las parcelas tratadas como en las testigo; algo similar (3) se ha observado en suelos tratados con fumigantes, y ha sido atribuido a una menor competencia con otros organismos, un mejor desarrollo de las plantas, lo cual aumenta la disponibilidad de alimento, y a una reducción de los enemigos naturales. Otras observaciones (1, 4, 9) han demostrado que las poblaciones de *Helicotylenchus* spp. no responden en forma predecible a la aplicación de nematocidas; en este estudio el incremento de las poblaciones iniciales pudo ser causado por un lavado rápido de los nematocidas lo que les permitió reestablecerse y aumentar posteriormente sus densidades; también podría ser que las dosis utilizadas no los afectaron.

Finalmente, es interesante hacer notar que, pese a la mayor concentración de los productos en la rizosfera de lechuga cuando fueron aplicados en bandas que cuando lo fueron al voleo, no se observó síntoma alguno de toxicidad, lo que parece indicar que el uso de uno u otro método dependería, en gran parte, de las ventajas prácticas que presente cada uno de ellos para los agricultores.

Resumen

En un suelo de textura franco-arcilloso-arenoso, infestado con 14 y 58 especímenes de *Meloidogyne hapla* y *Helicotylenchus* sp/100 ml, respectivamente, se evaluó el efecto de los nematocidas fenamifos (5 kg ia/ha), fensulfothion (5 kg ia/ha), ethoprop (10 kg ia/ha), aldicarb (10 kg ia/ha) y carbofuran en dos formulaciones comerciales (6 kg ia/ha), aplicados en bandas o sobre toda el área, sobre el rendimiento y calidad de la lechuga, cv 'White Boston'. No hubo diferencias significativas entre los nematocidas y el testigo, o entre los dos métodos de aplicación, en el peso y diámetro de las cabezas. Una de las formulaciones de carbofuran (Furadan) incrementó significativamente el porcentaje de cabezas de primera, en comparación con el ethoprop y el fensulfothion; una situación inversa se presentó con las cabezas de segunda. Todos los productos redujeron significativamente el número de nódulos/sistema radical causados por *M. hapla*. Las poblaciones de esta especie en el suelo no fueron afectadas significativamente por los diversos tratamientos, mientras que con las poblaciones de *Helicotylenchus* sp se observaron algunas diferencias significativas entre nematocidas, 43 días después del trasplante.

Literatura citada

- 1 BIRCHFIELD, W y MARTIN, W J. Sweet potato (*Ipomoea batatas* 'Centenial') Spiral nematode; *Helicotylenchus* sp. Efficacy of several nematocides in controlling parasitic nematodes on sweet potato. Fungicide and Nematocide Tests, Results of 1976 32: 223 1977
- 2 CAVENESS, F.E y JENSEN, H.J. Modifications of the centrifugal flotation technique for the isolation and concentration of nematodes and their eggs from soil and plant tissue. Proceedings of the Helminthological Society of Washington 22 (1): 87-89 1955
- 3 HARRISON, M.B. Influence of nematocidal treatments on nematode population. Phytopathology 57: 650-652 1967.
- 4 MARTIN, W J y BIRCHFIELD, W. Sweet potato (*Ipomoea batatas* Centenial) Reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis*. Spiral nematode; *Helicotylenchus dibyteri*. Control of reniform and spiral nematodes on sweet potatoes. Fungicide and Nematocide Tests, Results of 1976. 32:221. 1977
- 5 OLTHOF, I.H.A. y POTTER, J.W. Relationship between population densities of *Meloidogyne hapla* and crop losses in summer maturing vegetables in Ontario. Phytopathology 62:981-986 1972.
- 6 PINOCHET, J., RASKI, D.J. y JONES, N.O. Effects of *Helicotylenchus pseudorobustus* on Thompson seedless grape. Plant Disease Reporter 60: 528-529. 1976.
- 7 POTTER, J.W y OLTHOF, I.H.A. Yield losses in fall maturing vegetables relative to population densities of *Pratylenchus penetrans* and *Meloidogyne hapla*. Phytopathology 64: 1072-1077 1974.
- 8 SLEETH, B y REYNOLDS, H.W. Root-knot nematodes infestation as influenced by soil texture. Soil Science 80: 459-461 1955
- 9 STURGEON, R.V., Jr y PRATT, P.W. Bentgrass (*Agrostis* sp.) Spiral nematode (*Helicotylenchus* sp.). Fungicide and Nematocide Tests, Results of 1972 28: 161. 1973.
- 10 VAN GUNDY, S.D. Ecology of root knot nematodes. In Proceedings of the Research Planning Conference on root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp. International Meloidogyne Project. Raleigh, North Carolina State University. 1976 pp. 64-74
- 11 WONG, T.K., HARPER, F.C y MAI, W.F. Soil fumigation for controlling root-knot of lettuce on organic soil. Plant Disease Reporter 54: 368-370. 1970
- 12 ————— y MAI, W.F. Effect of temperature on growth, development and reproduction of *Meloidogyne hapla* in lettuce. Journal of Nematology 5: 139-142 1973
- 13 ————— y MAI, W.F. *Meloidogyne hapla* in organic soil: effects of environment on hatch, movement and root invasion. Journal of Nematology 5: 130-138 1973
- 14 ————— y MAI, W.F. Pathogenicity of *Meloidogyne hapla* to lettuce as affected by inoculum level, plant age at inoculation and temperature. Journal of Nematology 5: 126-129 1973

Associated cropping of beans and maize. I. Effects of bean cultivars with different growth habits*

FERNANDO C. SANTA-CECÍLIA**, CLIBAS VIEIRA***

RESUMO

Três experimentos de cultivo associado de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho foram conduzidos em duas localidades da Zona da Mata, Minas Gerais. Empregaram-se cultivares de feijão de diferentes hábitos de crescimento e populações de plantas de milho que variavam de 20 até 60 mil/ba.

No primeiro experimento foram utilizadas 60 mil sementes de feijão por hectare, que foram plantadas simultaneamente com o milho e nas mesmas fileiras dele. Nos outros dois experimentos empregaram-se 250 mil sementes de feijão por hectare, as quais foram semeadas entre as fileiras de milho quando este começava a secar.

Observou-se, nos dois tipos de consorciação, que a produtividade do milho não foi influenciada pelo feijão. Este, entretanto, sofreu forte concorrência da outra cultura, mormente quando plantado simultaneamente com as maiores populações de milho. O feijão trepador foi o menos produtivo no plantio simultâneo com o milho, por falta de suporte adequado, porém foi o mais produtivo no outro sistema de consorciação. Apesar das menores produções de feijão, o cultivo associado permitiu uso mais eficiente da terra e maior lucro por unidade de área.

Introduction

ASSOCIATED cropping of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and maize is a common practice among small farmers in Brazil. Medina (7) estimated that around 70 per cent of bean crops in that country are associated with other cultures, principally maize, but also with coffee, cassava, cotton, sugarcane, and sometimes other crops.

The systems of association of maize and beans are by no means uniform. Some farmers plant them together in the beginning of the rainy season (October), mixed in the same row or separated in different rows (intercropping). The majority prefer to sow beans when the maize plants start to dry, *i.e.*, in February ("dry" season). Sometimes the maize crop receives beans twice: in October and again in February. In the latter month beans are always scattered by hand among the maize plants or maize rows.

The plant populations used in this association are also variable. Vieira *et al.* (10), in a survey made at Zona da Mata area, State of Minas Gerais, found that most commercial fields had a population of 20 to 47 thousand maize plants per hectare associated with 12 to 75 thousand bean plants in the first bean planting and 120 to 400 thousand bean plants in the second bean planting.

Many bean cultivars of different growth habits are used, but the indeterminate with short guide, the so-called type II, is the most common. Many times the bean "cultivar" is really a genotype mixture, including different growth habit types.

Despite its importance, the associated cropping has not been sufficiently studied by the Brazilian researchers, who have concentrated their attention to the maize and bean monocrops.

For this reason the Federal University of Viçosa, located at Zona da Mata area, State of Minas Gerais, decided to start a research program for the purpose of getting information on different aspects of the associated cropping of beans and maize. The program started

* Received for publication March 29th, 1978.

** Escola Superior de Agricultura de Lavras, 37.200 Lavras, MG, Brasil.

*** Universidade Federal de Viçosa, 36.570 Viçosa, MG, Brasil.

with the study of bean cultivars associated with different maize plant densities, and will be described in this paper.

Materials and methods

The first experiment was carried out at Paula Cândido, State of Minas Gerais, in a clayey soil of medium fertility. A split-plot design with four replications was used. The main plots were maize plant populations (20, 40, and 60 thousand/ha), and the sub-plots were the following treatments:

Maize alone.

Maize + bean cv 'Manteigão Fosco 11',

Maize + bean cv 'Rico 23'

Maize + bean cv 'Ricopardo 896'

Maize + bean cv 'Preto 1379'

These bean cultivars represent, respectively, the following growth habits: determinate, indeterminate with short guide, indeterminate with long guide, and climbing. According to CIAT's (1) classification, they belong to the growth types I, II, III and IV, respectively.

Each sub-plot consisted of 7 maize rows, one meter apart and each row 6 meters long. The two lateral rows on each side and the first and last meter of each central row were considered as border. Maize and beans were planted simultaneously in the same row, the latter at a density of 60 thousand seeds/ha. Before planting all plots received a basal application of 450 kg/ha of ordinary superphosphate, 120 kg/ha of potassium chloride, and 150 kg/ha of ammonium nitrate. Forty-five days after planting 300 kg/ha of the nitrogenous fertilizer was applied as side-dressing.

The maize, a hybrid from Cargill, was planted with excess of seeds, in order to give the desirable plant populations after thinning. Maize and beans were sowed on October 15-16, 1975. Beans were harvested from January 1 to January 26, 1976, and maize on March 20-21, 1976.

The second experiment was carried out at Viçosa, State of Minas Gerais. The soil type, the experimental design, the treatments, the plots, and the basic fertilization were identical to those used in the first experiment. The major difference was relay cropping used in this experiment; maize was planted on November 17, 1975 and the bean cultivars on February 23-24, 1976, when the maize plants had begun to dry. Beans were planted, at a density of 250 thousand seeds/ha, in two rows between each two rows of maize, in such a way that the bean rows were always 50 cm apart. Beans were harvested in June and July and maize thereafter.

The third experiment was also carried out at Viçosa, and was nearly identical to the second one. The changes were as follows: maize plant populations of 20, 30, and 40 thousand/ha; and bean cvs. 'Ricobaio 1014' (growth type II) and 'Preto 1641' (type IV)

Table 1—Results of maize and beans planted simultaneously in the same row (first experiment) (*)

Treatment	Maize density (1,000/ha)	Yield (kg/ha) (**)		LER (***)
		Bean	Maize	
Maize + Rico 23	20	141 a	6,362 a	1.11
	40	189 b	7,651 a	1.11
	60	119 b	6,976 a	0.97
Maize + Ricopardo 896	20	693 a	5,086 b	1.11
	40	288 b	7,204 a	1.12
	60	223 b	8,058 a	1.18
Maize + M Fosco 11	20	410 a	5,858 b	1.03
	40	412 a	6,942 ab	1.17
	60	335 a	7,908 a	1.24
Maize + Preto 1379	20	379 a	5,634 b	—
	40	167 ab	7,436 a	—
	60	91 b	8,121 a	—
Maize (Monoculture)	20	—	5,102 b	—
	40	—	7,778 a	—
	60	—	7,542 a	—

(*) Bean density = 60 000 seeds/ha.

(**) Means followed by different letters within the same series of data are significantly different at P 0.05.

(***) LER = land equivalent ratio.

LER = (maize yield in association/monocrop maize yield) + (bean yield in association/monocrop bean yield)

For monocrop, bean yield was estimated at 1,500 kg/ha, based on the data of several cultivar yield trials. For maize monocrop, 7,778 kg/ha was used as the yield.

were substituted for 'Rico 23' and 'Preto 1379', respectively. The fertilization was also modified, being one-half of the amount applied for the other experiments, because the soil was somewhat more fertile. Maize was planted on October, 26-28, 1976 and the bean cultivars were sowed on March 8-9, 1977. The last were harvested from June 13 to 28 and maize immediately afterwards.

Results and discussion

Results of the first experiment are presented in Table 1. The bean yields were very low for a land that produced almost 8,000 kg/ha of maize. No doubt, the maize competition had an effect on this yield, but

Table 2—Gross returns in cruzeiros from the associated cropping of bean cv 'Ricapardo 896' and maize (first experiment). (*)

Maize population (1,000/ha)	Maize alone	Ratio of the bean price to the maize price			
		1:1	3:1	6:1	9:1
20	11,224	12,610	15,382	19,540	23,698
40	14,804	15,380	16,532	18,260	19,988
60	15,442	15,888	16,780	18,118	19,456

(*) Maize price Cr \$ 2.00. For maize, yields were 5,612 kg/ha, 7,402 kg/ha and 7,721 kg/ha, respectively. Bean yields are shown in Table 1

there were two other contributory factors: the low bean population and the drought that occurred during the pod filling stage

Three bean cultivars produced significantly ($P < 0.01$) more at the lowest maize population. However, 'Manteigão Fosco 11', a bush type cultivar, was not affected significantly by the maize densities, which seems to indicate that this cultivar is somewhat more tolerant to the maize competition. The lowest yielding cultivar was the climbing 'Preto 1379'. Planted simultaneously with maize, this cultivar had no appropriate support to climb during the phase of its rapid vegetative growth, hence the very poor yield. Other investigators (2, 3, 5, 8), however, got good results with the association of maize and climbing beans planted simultaneously, showing that this subject deserves further studies, including the testing of other cultivars.

The treatments had no effect on maize yield, showing that the beans did not compete with that crop. On the average, the lowest maize population yielded significantly ($P < 0.01$) less than the other populations (5,612 kg/ha as compared to 7,402 and 7,721 kg/ha).

Because of the low bean yields, the land equivalent ratios (LER) reached values little above 1.00. Other authors (3, 4, 9) have attained LER values from 1.40 to 1.90 with the associated cropping of maize and beans. The LER for 'Preto 1379' was not calculated, because climbing beans are never planted as a monocrop.

Since beans do not affect maize yield, any bean production is a gain in total productivity. Presently, farmers are receiving Cr\$ 2.00 (approximately US\$ 0.125) per kilogram for maize. The price of beans is quite variable, but normally it is higher than that of maize. The latter crop is always planted, even when the price is low, because it is one of the basic foods for the farmer and his livestock. As shown in Table 2, the low bean production may represent a substantial part of the farmer's profit, depending on its price. According to the

data in Table 2, the value (price/kg) of 'Ricapardo 896' were 6 times that of maize, it would be profitable for the farmer to decrease the maize population in order to benefit the legume yield.

The results of the second and third experiments are given in Tables 3 and 4, respectively. In both there were no significant differences in yield of any bean cultivar attributable to the maize population. The climbing cultivars outyielded significantly ($P < 0.01$) the other bean types. 'Rico 23' yield was very poor, showing that this cultivar cannot be recommended for association with maize. Bean yield was relatively low for lands that produced 5,000 kg/ha of maize or more. It appears that the shade of the maize plants decreased the bean production.

The treatments had no significant effect on maize yield in both experiments; that is, the bean cultivars did not compete with the other crop. Only in the second experiment did maize populations affect significantly ($P < 0.01$) the maize yield, the lowest density giving the lowest mean result (5,456 kg/ha as compared to 7,043 and 7,327 kg/ha).

Table 3—Results of relay cropping of maize and beans (second experiment). (*)

Treatment	Maize population (1,000/ha)	Yield (kg/ha) (**)		LER (***)
		Bean	Maize	
Maize + Rico 23	20	228 a	5,607 b	1.00
	40	104 a	7,352 a	1.11
	60	111 a	7,879 a	1.19
Maize + Ricapardo 896	20	734 a	5,592 b	1.50
	40	528 a	7,037 a	1.49
	60	614 a	7,270 a	1.61
Maize + M. Fosco 11	20	631 a	5,548 b	1.39
	40	469 a	7,116 a	1.45
	60	333 a	6,805 ab	1.27
Maize + Preto 1379	20	1,055 a	5,094 b	—
	40	772 a	6,886 a	—
	60	814 a	7,403 a	—
Maize (Monoculture)	20	—	5,437 b	—
	40	—	6,822 ab	—
	60	—	7,279 a	—

(*) Bean density = 250,000 seeds/ha

(**) Means followed by different letters within the same series of data are significantly different at $P < 0.05$.

(***) For monocrop, bean yield was estimated at 1,000 kg/ha, based on the data of several cultivar yield trials. For maize monocrop 7,279 kg/ha was used as the yield.

Table 4.—Results of relay cropping of maize and beans (third experiment) (*)

Treatment	Maize population (1 000/ha)	Yield (kg/ha)		Protein production (kg/ha)	Energy production (kilocalories/ha)	LER (**)
		Bean	Maize			
Maize + Ricobaio 1014	20	619	4,777	581	19,332	1.55
	30	454	5,308	602	20,691	1.51
	40	468	5,854	657	22,710	1.61
Maize + Ricopardo 896	20	729	4,858	628	19,993	1.67
	30	544	5,154	610	20,140	1.56
	40	674	5,319	646	21,171	1.72
Maize + M. Fosco 11	20	622	5,042	620	20,297	1.61
	30	543	5,267	628	20,842	1.59
	40	616	5,300	640	21,208	1.66
Maize + Preto 1641	20	1,043	4,856	675	21,047	—
	30	1,108	5,288	713	22,821	—
	40	721	4,638	572	19,171	—
Maize (Monoculture)	20	—	4,619	453	16,673	—
	30	—	4,819	475	17,395	—
	40	—	4,492	441	16,215	—

(*) Bean density = 250,000 seeds/ha

(**) For monocrop, bean yield was estimated at 1 100 kg/ha based on the data of several cultivar yield trials. For maize monocrop 4,819 kg/ha was used as the yield.

Maize alone produced significantly ($P < 0.01$) less protein and calories than any association of maize and beans (Table 4). The mean land equivalent ratio for the relay cropping was approximately 1.5, indicating that a hectare of associated crops was able to produce the same amount of beans and corn as 1.5 hectares of monocrops.

The three experiments showed that, because beans do not affect maize yield, any bean production is a gain in food and money for the small farmers. Other authors, working in different countries, have also reached the same conclusions; *i.e.*, the multiple cropping of maize and beans permits more efficient use of the land and better economic returns (2, 3, 4, 6, 8, 9, 11).

Summary

Three experiments of associated cropping of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and maize were carried out at two localities in the Zona da Mata area, State of

Minas Gerais, Brazil. Bean cultivars of different growth habits and maize plant populations that varied from 20 to 60 thousand/ha were used.

In the first experiment 60 thousand bean seeds were planted per hectare, sowed simultaneously with the maize in the same rows. In the other experiments 250 thousand bean seeds were planted per hectare, between the maize rows, when this crop had begun to dry.

In both types of associated cropping it was observed that the maize yield was not affected by the beans. Beans, however, suffered strong competition from the maize, principally when planted simultaneously with the higher maize populations. The climbing bean gave the poorest yields when planted simultaneously with maize because an appropriate support was lacking, but gave the best yields in the other system of crop association. Despite the low bean yields, the associated cropping permitted a more efficient use of the land and a higher profit per hectare.

Literature cited

1. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL.—Bean production systems program. Cali, Colombia, 1975. 38 p.

2. DESIR, S. and PINCHINAT, A.M. Producción agronómica y económica de maíz y frijol común asociados, según tipo y población de plantas. Turrialba 26(3): 237-240 1976
3. FRANCIS, C.A., FLOR, C.A., and PRAGER, M. Potenciales de la asociación frijol-maíz en el trópico. Cali, Colombia, CIAT, 1976 22 p (mimeo).
4. ———, FLOR, C.A., and PRAGER, M. Contrastes agroeconómicos entre el monocultivo de maíz y la asociación maíz-frijol Cali, Colombia, CIAT, 1976. 23 p (mimeo)
5. ———, PRAGER, M., FLOR, C., and HUDGENS, R. Experimental associated cropping of beans and maize in Colombia Annual Report of the Bean Improvement Cooperative 20: 17-18 1977.
6. LEPIZ I, R. Asociación de cultivos maíz-frijol. Agricultura Técnica en México 3(3): 98-101 1971.
7. MEDINA, J.C. Aspectos gerais. In Anais do I Simpósio Brasileiro de Feijão. Viçosa, Universidade Federal, 1972 1º vol pp 3-106
8. MORENO R, O., TURRENTI F., A., and NUÑEZ E., R. Las asociaciones de maíz-frijol, una alternativa en el uso de los recursos de los agricultores del Plan Puebla Agrociencia 14: 103-117 1975.
9. NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY. Agronomic-economic research on tropical soils Annual Report for 1974 Raleigh, N.C. Soil Science Department 230 p.
10. VIEIRA, C., AIDAR, H., and VIEIRA, R.F. Populações de plantas de milho e de feijão, no sistema de cultura consorciada, utilizadas na Zona da Mata de Minas Gerais Revista Ceres 22 (122): 286-290 1975.
11. WILLEY, R. W. and OSIRU, D.S.O. Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris* L.) with particular reference to plant population Journal of Agricultural Science 79 (3): 517-529 1972

Notas y Comentarios

Publicaciones

Toxicology Letters Una nueva revista internacional, que aspira a servir de foro para contribuciones originales de investigación en toxicología, apareció en julio de 1977. Su título es *Toxicology Letters* y aparecerá cada dos meses, es decir, 6 números por volumen. El segundo número tiene 10 artículos. El editor es A.N. Worden, de Inglaterra. Publicará trabajos sobre productos agrícolas, peligros ambientales a los animales domésticos y a la vida silvestre, toxicología veterinaria y temas similares. Es publicada por la firma Elsevier/North Holland P.O. Box 211, Amsterdam, Holanda.

Publicaciones

Agricultura En 1977 ha aparecido *Agricultura*, revista oficial del Ministerio de Agricultura del Perú, dedicada a dar cuenta de las actividades de esa repartición. El segundo número, que tiene fecha diciembre 1977, contiene información sobre la agricultura de la Selva Central; sobre el Plan MERIS (Mejoramiento del Riego de la Sierra); sobre el Plan Tupac Amaru y la Reforma Agraria; y sobre el Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones.

Publicaciones

El Cacotero Colombiano. Una nueva revista trimestral. *El Cacotero Colombiano*, apareció con fecha junio de 1977. De periodicidad trimestral, es publicada por la Compañía Nacional de Chocolates, de Colombia. Está dividida en cuatro secciones, Producción y consumo; Agronomía del cultivo; Extensión y fomento; y Sección Técnica. El director es el Ingeniero Agrónomo Luis Julián Moreno. La dirección es: Apartado Aéreo 717, Medellín, Colombia.

Publicaciones

CENIAP al Día. El Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela ha comenzado a publicar una carta informativa que, con el título de *CENIAP al Día*, busca divulgar sus actividades a un público amplio y variado. El número 2 del año 1, que es el que tenemos a la vista, está dedicado principalmente a la Oficina de Comunicaciones Agrícolas. Tiene también un homenaje al Dr. Luis María de Eleizalde, ilustre especialista en suelos y propulsor de la investigación agrícola en Venezuela, fallecido hace dos años. La dirección es: CENIAP, Apartado 4653, El Limón, Maracay, Aragua, Venezuela.

Reseña de Libros

BOZA, MARIO Los parques nacionales de Costa Rica Madrid, Instituto de Caza Fotográfica y Ciencias de la Naturaleza y Centro Iberoamericano de Cooperación, Madrid, 1978. 224 p. (Colección La Naturaleza en Iberoamérica).

GONDELLES, RICARDO; GARCIA, JOSE RAFAEL y STEYERMARK, JULIAN. Los parques nacionales de Venezuela. Colección La Naturaleza en Iberoamérica. Madrid, Instituto de Caza Fotográfica y Ciencias de la Naturaleza y Centro Iberoamericano de Cooperación, 1977. 224 p. (Colección La Naturaleza en Iberoamérica).

Una idea nacida en gran parte de los dirigentes del Instituto de Caza Fotográfica de Madrid ha permitido desarrollar esta magnífica colección. En ella se combina el mejor talento local de Iberoamérica con fotógrafos y editores experimentados, lográndose un alto grado de perfeccionamiento en la preparación de un edición de lujo que nada tiene que envidiar a libros similares emanados de Europa, Estados Unidos y Japón. El libro en el cual Gondelles figura como autor principal apareció en 1977; el de Mario Boza, con la cooperación de Alexander Bonilla, a inicios de 1978. Ambos incluyen sendas introducciones de los Presidentes de la República de ambos países (Carlos Andrés Pérez y Daniel Oduber respectivamente) expresando así en forma elocuente su entusiasmo y el apoyo institucional. En ambos libros también se encuentra un mapa con las delimitaciones de las áreas descritas. Después de unos comentarios sobre el concepto y la definición de parques nacionales y reservas afines, el texto y las fotografías en color describen las características naturales con particular énfasis en la geología, las aguas, la flora y la fauna. Según los casos se destacan igualmente aspectos notables históricos o arqueológicos. También se incluyen parques marinos.

Un rasgo notable es la excelencia de las fotografías en color, de gran tamaño, la mayoría tomadas *in situ*, otras como en el caso de animales por ejemplo, seleccionados cuidadosamente de archivos y en algunos casos ya publicados previamente. El estilo es ameno, sobrio y honesto, sin pretender ensalzar la labor cumplida cuando, como se destaca claramente en ambos libros, todavía queda tanto por hacer y algunos parques necesitan una administración mucho más eficiente. Los libros terminados con una reseña de la literatura consultada que no pretende ser completa y una lista de equivalencias científicas de todos los nombres vulgares de plantas y animales, citados en el texto.

En ambos países los movimientos a favor de los parques nacionales son relativamente recientes y a través

de los relatos sobre el historial de la creación de parques, se nota hasta qué punto se han tenido tropiezos. Pero ambos países también tienen cosas magníficas que mostrar.

Venezuela puede jactarse de tener 5,1 por ciento de su territorio bajo parque nacional y reservas equivalentes; Costa Rica, un 2,5 por ciento. En la gran mayoría de las áreas decretadas hay muy poco o ningún conflicto con usos agrícolas o pecuarios y aún con la explotación forestal, siempre que sea sobre la base del rendimiento continuo. Manejar la tierra para parques nacionales constituye pues un legítimo uso de la tierra capaz de contribuir al desarrollo económico, cultural, científico y educativo del país. Y lo que ha sido incluido para demostrar esa tesis es magnífico y muy convincente. Canaima en el Sur de Venezuela, es actualmente el parque nacional más grande de América Latina con unos 3 millones de hectáreas, en sí, más que todos los demás parques juntos de ese país; una vez acondicionado y adecuadamente manejado, ha de ser uno de los más grandiosos del mundo. Además de Canaima, se describen otros 16 parques y una serie de áreas naturales protegidas incluyendo el punto más alto del país (Pico Bolívar en la Sierra Nevada) con más de 5000 m y varios parques marinos.

Costa Rica también incluye su punto más alto (Chirripó) y en total hay 9 parques nacionales incluyendo uno marino, una serie de reservas biológicas, una reserva absoluta y un monumento natural (Guayabo) de gran interés arqueológico. Cada una de las áreas descritas tiene sus rasgos excepcionales, no sólo científicos sino estéticos y educativos.

Al leer los textos y admirar las magníficas fotografías va uno tomando poco a poco conciencia de este maravilloso patrimonio que nos ha sido legado. Como lo dice Mario Boza en su introducción "la era del analfabetismo ecológico está desapareciendo y en su lugar, una verdadera revolución ambiental se está gestando". Cierto, pero todavía queda mucho por hacer y frente al candente dilema de desarrollar sin destruir, tocará tomar pasos drásticos en los años venideros para consolidar las conquistas y ojalá ensanchar la red a fin de aspirar a lo que Gondelles *et al.* califican "un desarrollo territorial armónico y ordenado".

En todo caso, Venezuela y Costa Rica, con la magnífica cooperación de calificadas entidades españolas, han dado un paso gigantesco para alcanzar estas metas. Los dos primeros volúmenes de esta colección constituyen una contribución notable, una obra de referencia indispensable y una inspiración para trabajos futuros. Esperamos con impaciencia los volúmenes siguientes: los parques nacionales del Perú y las bellezas naturales de México.

GERARDO BUDOWSKI
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE
INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (CATIE)
TURRIALBA, COSTA RICA

Valor nutritivo del ryegrass (*Lolium* sp.) y trébol blanco (*Trifolium repens*) cv. 'Ladino', en diferentes estados de crecimiento^{*1/}

DANILO PEZO**, WILLIAM L. JOHNSON***, JOSE VIGO, ROSA HIGAONA****

ABSTRACT

Total yield, chemical composition and in vitro dry matter digestibility were determined in samples of ryegrass and white clover, cut at 7 day intervals from 14 to 105 days of age, in two seasons (rainy and dry), from associated pastures, under irrigation, in the highland tropics

Yield was defined by the following equations: $Y_1 = 181.4 + 16.7 X - 0.08 X^2$ ($r^2 = 0.95$) and $Y_2 = -120.5 + 14.3 X - 0.06 X^2$ ($r^2 = 0.91$); where Y_1 and Y_2 = yield (g DM/m²), for rainy and dry season, respectively; X = days of growth. There were no significant differences due to seasons. The average proportions in the mixture were 62.2 and 32.5%, for ryegrass and clover, respectively.

In both species, crude protein content and DM digestibility decreased with age, while the fibrous fractions were increased. The diminishing quality rate due to age was higher in the dry season, being higher in ryegrass than in clover.

From the equations used to predict digestibility based on chemical parameters, that considering cell wall constituents had the highest reliability ($r^2 = 0.81$, for both species at the same time).

Based on these results, it can be concluded: 1) Grazing frequency for ryegrass-white clover pastures, under irrigation, in the highland tropics should range from 35 to 42 days. 2) The diminishing quality rate of these pastures in the highland tropics seems to be smaller than in the temperate zone. 3) Cell wall constituents can be considered as a valuable criteria for evaluating the nutritive value of these two species.

Introducción

LA GANADERIA en el trópico de altura está basada fundamentalmente en el uso de forrajes propios de la zona templada. Entre la zona templada y el trópico de altura hay diferencias acentuadas en intensidad de radiación, cambios diurnos y estacionales de temperatura, largo del día, etc. (19); las que generan

diferencias importantes en la fenología, rendimiento y calidad nutritiva de las especies forrajeras.

Entre las especies más comunes en el trópico de altura están el ryegrass (*Lolium* sp.) y el trébol blanco (*Trifolium repens*), probablemente debido a la gran difusión de estas especies en la zona templada, además de que en dicha zona existe mucha información con relación al rendimiento y calidad de estas especies (4, 12, 14, 15, 17, 20). Sin embargo, bajo condiciones de trópico de altura es prácticamente inexistente la información con relación a factores tan importantes como el estado de madurez y la época del año y su efecto sobre el rendimiento y valor nutritivo de estas especies, cuando se manejan en asociación. Por este motivo, el presente trabajo considera estos aspectos, como base para el desarrollo de sistemas de utilización de estas pasturas.

* Recibido para publicación el 17 de enero de 1978.

^{1/} Trabajo basado en parte de la tesis de J. Vigo para optar el título de Ingeniero Zootecnista en la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

** Dirección Actual: CATIE, Turrialba, Costa Rica.

*** Department of Animal Science, NCSU Raleigh, N. C. 27607, U.S.A.

**** Ministerio de Alimentación, Zona II, Cajamarca, Perú.

Materiales y métodos

Las muestras de ryegrass y trébol blanco fueron obtenidas de un potrero con 23 años de establecido en el valle de Cajamarca (Perú), situado a 7°09' lat. Sur y 80°49' long. Oeste, a una altitud de 2700 m.s.n.m. La zona tiene una temperatura media anual de 14,1°C, con fuertes variaciones entre el día y la noche. La precipitación media anual es de 759 mm, siendo mayor entre octubre y abril. Los detalles de variación mensual de precipitación y temperatura se presentan en la Figura 1.

El suelo donde se encontraba la pastura en estudio es de textura arcillosa, con pH 7,4, con altos contenidos de materia orgánica (8,9%) y nitrógeno total (0,36%) y con bajos contenidos de fósforo y potasio. No habían registros de fertilización, pero las pasturas recibían abonamiento anual con guano de corral y aplicaciones esporádicas de superfosfato simple, en pequeñas dosis. El terreno estaba bajo riego, aplicándose cuando era necesario.

Se considera que la gramínea muestreada es ryegrass común, pues en el campo se encontró ryegrass italiano (*L. multiflorum*) en mayor proporción, además de plantas de ryegrass inglés (*L. perenne*), e incluso híbridos de ambas especies.

Evaluación Agronómica

La fase agronómica del experimento fue conducida usando un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones, con un arreglo factorial de 14 edades de corte x 2 épocas. Las edades consideradas fueron: 14, 21, hasta 105 días, y las épocas: lluviosa (enero - mayo) y seca (junio - octubre).

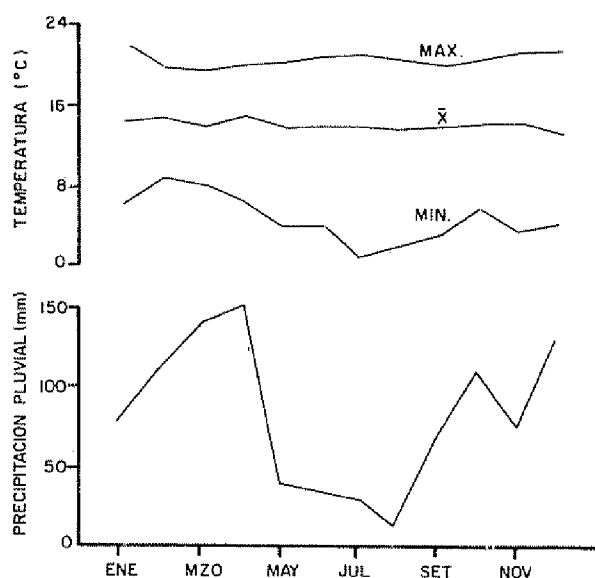


Fig. 1 —Promedios mensuales de temperatura y precipitación en el Valle de Cajamarca, Perú

En ambos muestreos, en cada parcela (edad) dentro de cada bloque se procedió de la siguiente manera:

1. Determinación del estado vegetativo del ryegrass y trébol, usando la Nomenclatura Internacional de Alimentos (11)
2. Determinación del rendimiento de forraje verde, cosechando una muestra de 1 m², a una altura de 5 cm
3. En las muestras colectadas se separó el ryegrass, trébol y otros, pesándose independientemente para estimar el porcentaje de las diferentes especies en cada parcela.
4. Del total de forraje cosechado en los cuatro bloques para cada edad, se tomó una muestra compuesta para la determinación de materia seca en la mezcla ryegrass-trébol.
5. Asimismo, se tomaron muestras independientes de ryegrass y trébol para la evaluación nutritiva. Todas las muestras fueron transportadas al laboratorio, a 800 km de distancia, en tanque de nitrógeno líquido (a -196°C).

Evaluación nutritiva

Las determinaciones de materia seca fueron hechas por el método de destilación con tolueno. Por otro lado, las muestras individualizadas de ryegrass y trébol fueron secadas a 60°C por 48 horas y luego de molidas se procedió a hacer la determinación de proteína por el método microkjeldahl. Se hicieron los análisis de los cons-

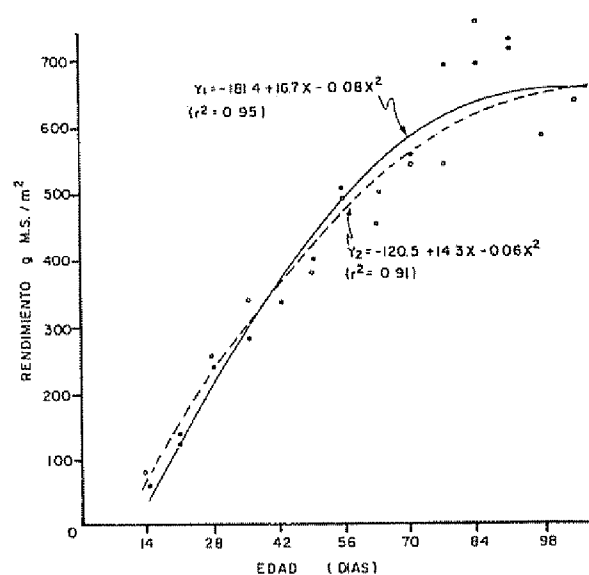


Fig. 2 —Rendimiento (g M.S./m²) de la mezcla ryegrass-trébol blanco, cosechada a diferentes edades, para la época lluviosa (Y1) y seca (Y2), en el Valle Cajamarca, Perú

tituyentes de pared celular (agrupados e individualizados) por el sistema de fibra detergente (6) y la determinación de digestibilidad *in vitro* de la materia seca por el método de dos fases (18)

Análisis estadístico

Se hicieron análisis de variancia de los rendimientos, de regresión del rendimiento en función de la edad del pasto y análisis de correlación y de regresión entre los diferentes parámetros de calidad nutritiva. Asimismo se probaron varios modelos de regresión múltiple para predecir la digestibilidad con base en las fracciones químicas.

Resultados y discusión

Evaluación Agronómica

En la Figura 2, se presenta la variación en el rendimiento de materia seca en función de la edad, para las dos épocas, lluviosa (enero - mayo) y seca (junio - octubre). No se encontraron diferencias en los rendimientos entre ambos muestreos, lo que era de esperarse pues las diferencias en precipitación fueron compensadas por el riego.

En cuanto a la temperatura, otro factor climático que puede influir sobre el rendimiento, ésta fue en promedio bastante constante ($14,2 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$), lo que explicaría también el que no se observaran diferencias entre

Cuadro 2 — Composición química y digestibilidad *in vitro* en muestras de trébol blanco cosechadas con intervalos de 7 días en dos períodos del año. Cajamarca, Perú. (Base 100% MS)

Edad (días)	Estado de Crecimiento	Proteína cruda	CPC	FDA	Hemicelulosa	Celulosa	Lignina	DAMS
Lluvioso								
14	Inmaduro	—	26,1	—	—	—	—	86,9
21	Crecimiento avanzado	16,0	35,5	22,3	13,2	14,1	7,8	83,2
28	Crecimiento avanzado	17,7	30,6	20,7	9,8	14,1	6,3	84,1
35	Inicio de floración	14,1	31,4	22,0	9,4	14,5	7,3	84,3
42	Mitad de floración	13,3	35,4	22,9	12,5	15,6	7,1	85,0
49	Mitad de floración	9,6	27,8	22,8	5,0	15,0	7,7	82,9
56	Floración completa	11,2	30,8	23,7	7,1	16,7	7,0	82,4
63	Floración completa	13,7	31,5	24,6	7,0	17,7	6,8	82,4
70	Floración completa	13,6	29,9	26,6	2,7	18,0	7,6	84,6
77	Pasada floración	13,4	33,1	25,0	10,0	16,9	6,2	81,3
84	Estado de leche	7,2	33,0	25,0	8,0	18,3	6,7	83,0
91	Estado de leche	8,6	30,7	20,5	10,2	17,2	6,9	84,0
Seco								
14	Crecimiento avanzado	21,0	32,6	21,3	11,3	14,1	6,6	85,5
21	Inicio de floración	15,5	34,5	21,4	13,1	13,1	7,8	82,5
28	Mitad de floración	20,6	33,6	23,3	10,4	15,8	7,0	81,5
35	Mitad de floración	15,0	34,9	23,5	11,5	15,0	7,9	82,0
42	Mitad de floración	18,5	33,7	26,1	5,8	17,0	8,2	81,5
49	Mitad de floración	15,2	33,7	26,9	6,7	19,0	7,7	80,5
56	Floración completa	15,4	32,4	26,5	6,0	18,2	7,5	81,0
63	Floración completa	12,7	33,9	26,3	7,6	18,3	7,1	79,0
70	Floración completa	16,6	35,7	26,9	8,7	18,3	7,1	79,0
77	Floración completa	15,5	34,4	27,4	8,0	19,2	7,3	77,5
84	Floración completa	17,4	33,0	25,2	7,8	16,4	8,4	79,0
91	Pasada floración	17,1	32,4	26,3	6,7	17,7	8,3	80,0
98	Estado de leche	17,0	35,2	27,6	7,5	17,8	9,1	81,0
105	Estado de masa	7,3	35,6	27,9	7,7	18,4	9,1	79,0

épocas. Cabe anotar, sin embargo, que en varios períodos entre junio y octubre la temperatura estuvo por debajo de 4,4°C, la cual es la mínima para que haya crecimiento en gramíneas y leguminosas de zona templada (5). Aparentemente, estas bajas temperaturas nocturnas no afectan la producción total de forraje (2), sino por el contrario favorecen el macollamiento (21)

A los datos de producción de materia seca se ajustaron funciones cuadráticas ($r^2 = 0,95$ y $0,91$, para los crecimientos de época lluviosa y seca, respectivamente). Los máximos rendimientos corresponderían según las funciones de la Figura 2, a los 104 y 199 días de crecimiento, para los muestreos de las épocas lluviosa y seca, respectivamente.

Sin embargo, las tasas más altas de producción de materia seca ($\text{g/m}^2/\text{día}$) se alcanzaron entre los 35 y

56 días, lo cual coincidía con el inicio de floración. Además de la natural reducción en la tasa de crecimiento, como consecuencia del inicio de la fase de reproducción de la planta, aparentemente en el período comprendido entre los 35 y 56 días se produjo una disminución en la eficiencia fotosintética total como consecuencia de la sombra de hojas viejas, fotosintéticamente menos eficientes, sobre las hojas jóvenes (10). Este es un aspecto de importancia, puesto que con la utilización tardía, cada 90 días, que se hace de la mezcla ryegrass-visión de nitrógeno a la gramínea, como por el que a tencial de la misma.

La asociación presentó una composición promedio de $62,2 \pm 10,9\%$ de ryegrass, $32,4 \pm 12,2\%$ de trébol blanco y $5,5 \pm 6,8\%$ de otras especies. El por ciento

Cuadro 1 — Composición Química y Digestibilidad *in vitro* en muestras de ryegrass cosechadas con intervalos de 7 días en dos períodos del año. Cajamarca, Perú (Base 100% M S)

Edad (días)	Estado de Crecimiento	Proteína cruda	CPC ^a	FDA ^b	Hemicelulosa	Celulosa	Lignina	Sílice	DAMS ^c
Lluvioso									
28	Crecimiento avanzado	10,3	41,4	25,8	15,6	20,4	2,5	3,1	80,3
35	Inicio de floración	8,5	42,4	25,1	17,3	20,3	2,9	1,5	77,7
42	Mitad de floración	1,5	43,1	26,3	16,8	21,2	3,2	2,0	76,7
49	Floración completa	6,5	49,7	31,3	18,4	24,1	4,7	2,8	73,7
56	Floración completa	6,7	48,4	31,7	16,8	24,5	4,3	2,9	78,2
63	Floración completa	6,4	47,5	32,1	15,1	24,3	4,3	3,2	72,6
70	Floración completa	6,4	49,5	32,8	16,8	25,3	4,9	2,9	77,6
77	Pasada floración	5,9	49,5	31,8	17,7	24,1	4,3	3,2	72,3
84	Estado de leche	5,8	51,0	32,3	18,7	24,3	5,8	2,8	72,7
91	Estado de leche	6,4	48,3	30,9	17,6	23,8	4,4	2,9	73,9
Seco									
14	Inmaduro	—	48,7	29,3	19,4	22,1	3,8	3,2	68,1
21	Crecimiento avanzado	13,0	47,6	27,9	19,7	21,1	2,9	3,8	76,3
28	Inicio de floración	9,6	49,5	28,7	20,8	21,1	4,3	3,1	76,2
35	Floración completa	10,6	47,6	28,1	19,5	21,9	3,6	2,8	75,8
42	Estado de leche	8,2	44,8	29,0	15,8	21,8	4,4	3,1	74,0
49	Estado de leche	5,3	47,7	29,2	18,5	21,6	4,5	2,9	75,1
56	Estado de masa	9,1	51,5	29,9	21,5	22,2	4,3	2,7	73,5
63	Estado de masa	8,4	48,1	29,3	18,8	21,1	5,1	3,0	70,8
70	Estado de masa	4,0	51,4	30,8	20,6	23,2	4,4	2,8	72,6
77	Semilla madura	3,0	54,6	33,1	21,5	24,8	4,4	3,7	71,8
84	Semilla madura	6,9	51,8	30,8	21,1	22,6	5,0	2,9	73,9
91	Semilla madura	7,4	54,3	32,5	22,0	25,6	4,1	2,8	71,9
98	Semilla madura	7,5	52,7	33,2	22,5	26,1	4,8	3,2	67,0
105	Semilla madura	7,7	53,7	34,4	19,3	26,0	4,8	3,6	72,2

^a Constituyentes de pared celular

^b Fibra detergente ácido (ligno-celulosa)

Digestibilidad aparente *in vitro* de la materia seca

de leguminosas encontrado en la mezcla puede considerarse adecuado, tanto desde el punto de vista de provisión de nitrógeno a la gramínea, como por el que a estas proporciones gramínea: leguminosa no deben presentarse problemas de timpanismo.

Evaluación Nutritiva

En los Cuadros 1 y 2 se presenta la variación con la edad en las diferentes fracciones químicas y en la digestibilidad *in vitro*, para ryegrass y trébol blanco, respectivamente. Asimismo, se incluye información referente al estado fisiológico de las especies al momento del muestreo.

En cuanto al ryegrass (Cuadro 1), la proteína y la digestibilidad de la materia seca tendieron a disminuir con la edad, mientras que las fracciones fibrosas (constituyentes de pared celular, fibra detergente ácido, hemicelulosa, celulosa y lignina) tendieron a incrementar. La sílice no manifestó una tendencia de variación definida. Estas observaciones son coincidentes con las de otros investigadores de zona templada (15, 20, 22).

En el presente trabajo no se han estimado las tasas de variación de las diferentes fracciones, puesto que la pérdida de calidad nutritiva no fue lineal. Aparentemente la mayor disminución en valor nutritivo se presentó después de los 35 días de la época lluviosa y de los 42 días en la seca. Estas edades coinciden con el inicio de la floración, en que la disminución de la calidad nutritiva de las gramíneas de zona templada es más notoria (12). Sin embargo, la magnitud de variación de la composición química y digestibilidad del ryegrass observada en el presente estudio no es tan clara como la de otros trabajos realizados en la zona templada (4, 15), probablemente debido a que en el trópico de altura se presentan constantemente nuevos brotes.

En el caso del trébol blanco (Cuadro 2), la pérdida de calidad nutritiva con la edad fue menos marcada que la observada en ryegrass, lo que probablemente sea debido a que en el trébol se observaron hasta tres crecimientos en el período de muestreo.

Al comparar los datos presentados en los Cuadros 1 y 2 puede notarse un mayor contenido de proteína y de lignina, así como una mayor digestibilidad en trébol blanco que en ryegrass. Por otro lado, la relación hemicelulosa/celulosa es cercana a la unidad en ryegrass y menor de 1,0 en el trébol. Todo esto es coincidente con lo señalado como características diferenciales de gramíneas y leguminosas (14).

En cuanto a las probables diferencias entre épocas de muestreo, se puede observar en los Cuadros 1 y 2 que el efecto de la edad sobre la digestibilidad fue mayor en el período seco que en el de lluvias. Esta diferencia no puede atribuirse a la precipitación, en cuanto las parcelas estuvieron bajo riego, sino que pueden ser debidas a las más bajas temperaturas nocturnas del período seco (junio - octubre), las que probablemente hayan favorecido el macollamiento, antes que la formación de hojas (2, 21), y es sabido que es el tallo la porción de la planta que presenta una mayor tasa de disminución de la digestibilidad con la edad (9, 17).

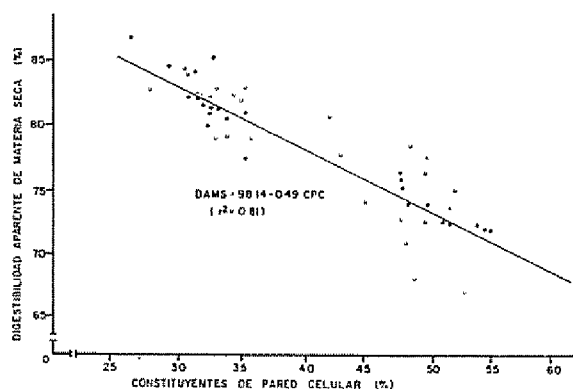


Fig. 3.—Relación entre constituyentes de pared celular y la digestibilidad aparente de materia seca para ryegrass (○) y trébol blanco (△).

Relaciones entre Composición Química y Digestibilidad

En la Figura 3 se presenta la relación existente entre los constituyentes de pared celular y la digestibilidad aparente de la materia seca. Se han calculado regresiones para las especies individualmente y combinadas. Las predicciones hechas para especies individuales son de baja confiabilidad ($r^2 = 0,32$ y $0,36$, para ryegrass y trébol, respectivamente). Paradójicamente, cuando se trabajó con los datos de ambas especies al mismo tiempo, la predicción resultó de alta confiabilidad ($r^2 = 0,81$).

El que se haya obtenido un valor de r^2 para la predicción tan alto como 0,81 confirma el que la fracción constituyentes de pared celular se considere un parámetro de importancia en la evaluación de la calidad nutritiva de los forrajes, a nivel de laboratorio (13). Un aspecto adicional por resaltar es que el valor de b_0 (98,14%), de la ecuación presentada en la Figura 3, representaría la digestibilidad del contenido celular, y éste es coincidente al presentado en la ecuación sumativa desarrollada por Van Soest con varios forrajes de zona templada (6).

En cuanto a la relación entre la lignina y la digestibilidad (Figura 4), los valores de correlación observados al nivel de especies individuales ($r = -0,49$ y $-0,41$, para ryegrass y trébol, respectivamente) son muy bajos, lo que haría poco confiable cualquier predicción de la digestibilidad basada en la lignina ácido detergente. Incluso si se pretendiera relacionar ambas fracciones al nivel de especies combinadas, el valor de correlación habría resultado positivo, lo cual sería ilógico. Estos resultados confirman el hecho de que existen diferencias cualitativas en los complejos de lignina-celulosa-hemicelulosa, tanto entre, como dentro, de especies (1), por lo que no resultan confiables las predicciones de digestibilidad hechas con base en el contenido total de lignina ácido detergente.

Las matrices de correlación entre varios criterios de calidad nutritiva se presentan en los Cuadros 3 y 4 para ryegrass y trébol, respectivamente. Debe anotarse

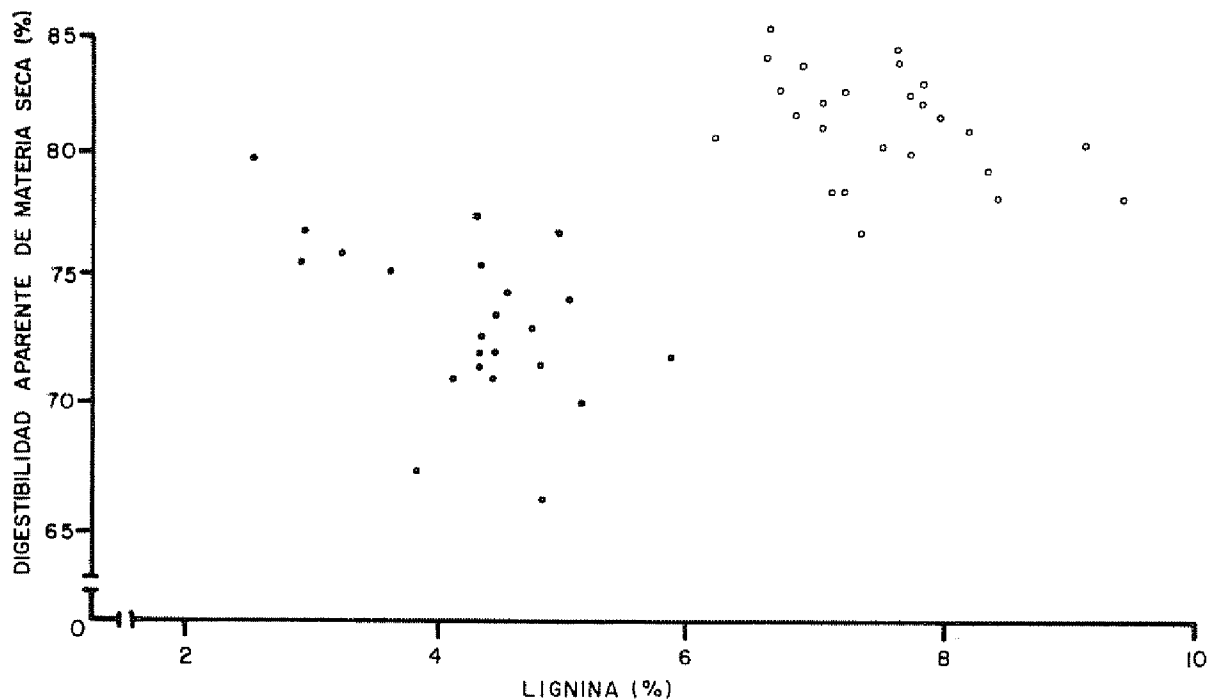


Fig. 4.—Relación entre lignina ácido detergente y la digestibilidad aparente de materia seca, para ryegrass (•) y trébol blanco (o)

que para las correlaciones ha sido considerado el valor de digestibilidad verdadera de materia seca (DVMS), el cual fue estimado a partir de la digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS) con base en la ecuación: $DVMS = 1,134 DAMS - 4,2$, la que fue desarrollada con 9 muestras de ryegrass del mismo estudio. La

razón que se haya usado este procedimiento y no la determinación directa de la DVMS, fue que, particularmente en trébol blanco, hubo muchas dificultades en el filtrado luego de la digestión con detergente neutro, como segunda fase de la determinación de la DVMS (6)

Cuadro 3.—Matriz de correlación entre varios criterios de calidad nutritiva en Ryegrass común

Criterio	CPC	FDA	Hemicelulosa	Celulosa	Lignina	DVMS ^a
Proteína	r -0,55** n 25	-0,13 35	-0,38 25	-0,38 34	-0,20 34	0,56** 35
Constituyentes de pared celular (CPC)		0,85** 26	0,82** 26	0,76** 26	0,59** 26	-0,64** 26
Fibra detergente ácido (FDA)			0,48* 26	0,81** 35	0,73** 35	-0,17 36
Hemicelulosa				0,37 26	0,24 26	-0,39* 26
Celulosa					0,63** 35	-0,10 35
Lignina						-0,20 35

* Valor de "r" significativamente diferente de cero ($P < 0,05$)

** Valor de "r" significativamente diferente de cero ($P < 0,01$)

a Digestibilidad verdadera de materia seca

r = Coeficiente de correlación

n = Número de observaciones

Cuadro 4—Matriz de correlación entre varios criterios de calidad nutritiva en Trébol blanco var, Ladino^a

Criterio	CPC	FDA	Hemicelulosa	Celulosa	Lignina	DVMS ^b
Proteína	0,19	-0,01	0,20	-0,29	-0,02	0,02
Constituyentes de pared celular (CPC)		0,55	0,51**	0,11	0,30	-0,52**
Fibra detergente ácido (FDA)			-0,64**	0,85**	0,54**	-0,74**
Hemicelulosa				-0,64**	-0,24	0,22
Celulosa					0,16	-0,62**
Lignina						-0,41*

^a n= 25 observaciones

^b digestibilidad verdadera de materia seca

* Valor de "r" significativamente diferente de cero (P<0.05)

** Valor de "r" significativamente diferente de cero (P<0.01)

Para la estimación de la correlación existente entre los diferentes criterios de calidad nutritiva en ryegrass (Cuadro 3), se han incluido datos de análisis realizados en otras muestras colectadas en diferentes fincas de Cajamarca (datos inéditos), además de las del presente ensayo.

El valor más alto de correlación con la digestibilidad correspondió a la fracción constituyentes de pared celular ($r = -0,64$). Esta estuvo, a su vez, altamente correlacionada con las fracciones que la componen: hemicelulosa (0,82), celulosa (0,76) y lignina (0,59). Cabe anotar que el valor de correlación entre digestibilidad y constituyentes de pared celular ($r = -0,64$) es menor que el encontrado cuando se consideraron sólo las muestras del presente estudio ($r = -0,90$), lo que indicaría que el valor de estas relaciones es limitado, ya que la magnitud de r disminuyó cuando se incluyeron muestras provenientes de potreros con diferente manejo.

Considerando la facilidad y rapidez de determinación de los constituyentes de pared celular (fibra detergente neutro), y el grado de asociación con la digestibilidad observado en éste y en otros trabajos (8, 13), puede señalarse que para el análisis rutinario de gramíneas, la fracción constituyente de pared celular es un parámetro útil, no habiendo necesidad de llegar a individualizar sus fracciones componentes.

En cuanto a la relación entre el contenido de proteína y la DVMS, puede notarse que en trébol blanco se obtuvo un valor muy bajo ($r = 0,02$), mientras en ryegrass r fue 0,56. Estos valores son explicables en función de los datos de composición química presentados en los Cuadros 1 y 2, pues sólo en ryegrass la mayoría de las muestras contenían menos de 8 por ciento de proteína, nivel que ha sido considerado limitante de la actividad microbiana y por consiguiente de la digestibilidad y consumo (3).

En el caso del trébol (Cuadro 4), la digestibilidad estuvo más altamente correlacionada con la fibra detergente ácido ($r = -0,74$) que con los constituyentes de pared celular ($r = -0,57$). Analíticamente, la única diferencia entre los constituyentes de pared celular y la

fibra detergente ácido está en que la primera incluye a la hemicelulosa, y ésta, paradójicamente, mostró correlación positiva con la digestibilidad. Esto probablemente sea debido a diferencias importantes en la naturaleza química de la hemicelulosa y de sus complejos con lignina entre ryegrass y trébol, las que requieren de mayor estudio.

Ha habido intentos de predecir la digestibilidad con base en las fracciones químicas (7, 16). En ellos, los mejores resultados han sido conseguidos al nivel de especies individuales. Por esta razón, se probaron separadamente para ryegrass y trébol blanco varios modelos de regresión múltiple, en los que se incluyeron las diferentes fracciones químicas analizadas.

Cuando se usaron las fracciones componentes de los constituyentes de pared celular: celulosa, hemicelulosa y lignina, al mismo tiempo, se alcanzaron los valores más altos de confiabilidad en la predicción de la digestibilidad ($R^2 = 0,67$ y $0,65$, para ryegrass y trébol, respectivamente). Coincidentemente, la predicción hecha con las mismas variables fue la mejor en otro trabajo en el que se incluyeron 213 muestras de forrajes, tanto de zona tropical como templada (8).

Sin embargo, cuando se piensa en usar cualquiera de las ecuaciones desarrolladas para predecir digestibilidad con base en las fracciones químicas, no pueden considerarse estas confiables. Esto puede ser debido a que en los sistemas de análisis de forrajes usados corrientemente, se determina sólo la concentración total de las fracciones y no aspectos cualitativos de las mismas, las que aparentemente son determinantes de la digestibilidad (1).

Resumen

Se determinó el rendimiento, composición química y digestibilidad *in vitro* de materia seca en muestras de ryegrass y trébol blanco, cosechadas cada 7 días desde los 14 hasta 105 días de edad, en dos épocas del año (lluviosa y seca), en pasturas asociadas, bajo riego, en condiciones de trópico de altura.

El rendimiento quedó definido por las funciones: $Y_1 = -181,4 + 16,7 X - 0,08 X^2$ ($r^2 = 0,95$) y $Y_2 = -120,5 + 14,3 X - 0,06 X^2$ ($r^2 = 0,91$), donde: Y_1 y Y_2 = rendimiento (g MS/m²) para las épocas lluviosas y seca, respectivamente; X = días de crecimiento. No hubieron diferencias debidas a épocas. La proporción promedio en la mezcla fue de 62,2% de ryegrass y 32,5% de trébol.

En ambas especies, el contenido de proteína y la digestibilidad tendieron a disminuir con la edad, mientras que las fracciones fibrosas se incrementaron. La tasa de disminución de la calidad nutritiva con la edad fue mayor en el período seco, siendo mayor para ryegrass que para trébol.

De las ecuaciones probadas para predecir digestibilidad con base en parámetros químicos, se obtuvo mayor confiabilidad ($r^2 = 0,81$, para ambas especies al mismo tiempo) cuando se consideró la fracción constituyentes de pared celular,

De los resultados del presente trabajo se puede concluir: 1) La frecuencia de uno de estas pasturas en el trópico de altura, bajo riego, debería ser cada 35 a 42 días. 2) La tasa de disminución de la calidad nutritiva de estas especies parece ser menos marcada en el trópico de altura que en zonas templadas. 3) La fibra detergente neutro (constituyentes de pared celular) puede considerarse un parámetro valioso como criterio para evaluar nutritivamente estas especies.

Literatura citada

- 1 ALLISON, D. W. y OSBOURN, D. F. The cellulose-lignin complex in forages and its relationship to forage nutritive value. *Journal of Agricultural Science* 74: 23-36. 1970.
- 2 BEEVERS, I. y COOPER, J. P. Influence of temperature on growth and metabolism of ryegrass seedlings. 1. Seedling growth and yield components. *Crop Science* 4: 139-143. 1964.
- 3 CAMPLING, R. C. Factors affecting the voluntary intake of grass. *Journal of the British Grassland Society* 19: 110-118. 1964.
- 4 CUBILLOS, G. F.; BARNES, R. F.; NOLLER, C. H.; CERVIÑO, D. y ORTIZ, F. Efecto de la edad de la planta sobre la composición química y digestibilidad *in vitro* de ballica perenne. *Agricultura Técnica (Chile)* 30: 1-6. 1970.
- 5 FITZPATRICK, E. A. y NIX, H. A. The climatic factor in Australian grassland ecology. In Moore, R. M., ed. *Australian Grasslands*. Canberra: Australian National University Press, 1970. pp. 3-26.
- 6 GOERING, H. K. y VAN SOEST, P. J. Análisis de fibra de forraje. Lima, Universidad Nacional Agraria. Programa de Forrajes. Bol. N° 10. 1972. 41 p.
- 7 JOHNSON, R. R. y DEHORITY, B. A. A comparison of several laboratory techniques to predict digestibility and intake of forages. *Journal of Animal Science* 27: 1738-1742. 1968.
- 8 JOHNSON, W. I. y PEZO, D. Cell-wall fractions and *in vitro* digestibility of Peruvian feedstuffs. *Journal of Animal Science* 41: 185-197. 1975.
- 9 JOHNSTON, M. J. y WAITE, R. Studies in the lignification of grasses. 1. Perennial ryegrass (S 24) and cocksfoot (S 37). *Journal of Agricultural Science* 61: 211-219. 1965.
- 10 LEAFE, E. I.; STILES, W. y DICKINSON, S. E. Physiological processes influencing the pattern of productivity of the intensively managed grass sward. In *International Grassland Congress, 12th, Moscow, USSR, 1974. Proceedings*. Moscow 1974. pp. 191-205.
- 11 McDOWELL, I. R.; CONRAD, J. H.; THOMAS, J. E. y HARRIS, I. E. Latin American Tables of feed composition. Gainesville: University of Florida, 1974. 528 p.
- 12 MINSON, D. J.; HARRIS, C. E.; RAYMOND, W. F. y MILFORD, R. The digestibility and voluntary intake of S 22 and H 1 ryegrass, S 170 tall fescue, S 148 timothy, S 215 meadow fescue and germinal cocksfoot. *Journal of the British Grassland Society* 19: 298-305. 1964.
- 13 OSBOURN, D. F.; TERRY, R. A.; OUIEN, G. E. y CAMMELL, S. B. The significance of a determination of cell walls as the rational basis for the nutritive evaluation of forages. In *International Grassland Congress, 12th, Moscow, USSR, 1974. Proceedings*. Moscow, 1974. pp. 514-519.
- 14 RIEWE, M. E. y LIPPKE, H. Considerations in determining the digestibility of harvested forages. In *National Conference on Forage Quality Evaluation and Utilization, Nebraska, 1969. Proceedings*. Nebraska, Nebraska Center for Continuing Education, 1970. pp. F 1-17.
- 15 SHEEHAN, W. Yield, chemical composition, *in vitro* digestibility and voluntary intake of Irish perennial and H 1 ryegrass and of S 143 cocksfoot at progressive stages of maturity. *Irish Journal of Agricultural Research* 8: 337-342. 1969.
- 16 SOEST, P. J. van. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *Journal of Animal Science* 24: 834-843. 1965.
- 17 TERRY, R. A. y TILLEY, J. M. A. The digestibility of the leaves and stems of perennial ryegrass, cocksfoot, timothy, tall fescue, lucerne and sainfoin as measured by an *in vitro* procedure. *Journal of the British Grassland Society* 19: 363-372. 1964.
- 18 TILLEY, J. M. A. y TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18: 104-111. 1963.
- 19 TREWARIHA, G. I. An introduction to climate. New York, MacGraw Hill, 1954. 402 p.
- 20 WAITE, R.; JOHNSTON, M. J. y ARMSTRONG, P. The evaluation of artificially dried grass as a source of energy for sheep. 1. The effect of stage of maturity on the apparent digestibility of ryegrass, cocksfoot and timothy. *Journal of Agricultural Science* 62: 391-398. 1964.
- 21 WILLIAMS, R. D. Tilling in grasses cut for conservation, with special reference to perennial ryegrass. *Herbage Abstracts* 40: 383-388. 1970.
- 22 WILSON, R. K. y McCARRICK, R. B. A nutritional study of grass swards at progressive stages of maturity. 1. The digestibility, intake, yield and chemical composition of dried grass harvested from swards of Irish perennial ryegrass, timothy and a mixed sward at nine progressive stages of growth. *Irish Journal of Agricultural Research* 6: 267-279. 1967.

Distribution of vegetation on Maya ruins and its relationship to ancient land-use at Lamanai, Belize*

JOHN, D.H. LAMBERT**, THOR ARNASON**

COMPENDIO

Se realizó un análisis cuantitativo de la vegetación forestal en el asentamiento antiguo maya de Lamanai (circa 300AC- 1640 AD) para determinar la relación entre la vegetación existente y las ruinas mayores y menores. Se determinaron cinco asociaciones: Shore Line, Cobune Ridge, High Bush, Bajo, y Ruin. La asociación Ruin, dominada por Brosimum alicastrum, Protium copal, Talicia oliviformis y Pimenta dioica, era única. Los actuales descendientes de los mayas consideran la presencia de Cobune como un indicador de buena tierra para sus milpas. Los análisis de suelos indican que las asociaciones Cobune Ridge y Bajo podrían ser apropiadas para la agricultura. Una muestra de taladro del sedimento de un lago cercano reveló que las quemaduras eran comunes en tiempos lejanos. Dos capas (95 y 280 cm) contenían grandes cantidades de fragmentos vegetales carbonizados.

Introduction

IN 1974 the Royal Ontario Museum commenced excavation at Lamanai, a Maya settlement considered to have been in use for 1900 years or more (circa 300 BC - AD 1640) and up to the present day on a limited scale. As a background environmental report to complement the archaeological mapping, a vegetation study was initiated in 1976. In addition it was seen as a means of identifying areas of probable domestic occupancy not revealed by surface features. The aim of the vegetation analysis was to identify the dominant communities, and to determine what relationship, if any, there was between the extant vegetation and the major and minor ruins being excavated.

Several recent papers (8, 13) on Maya sites in Central America have suggested that an efficient land-use program would have been necessary to support the large settlement population. Regardless of whether sites were established on natural waterways or not, water would have been a necessity of life. The pattern of mean annual rainfall for the Maya area of Belize results

in a fairly well-marked dry season of 3-4 months. Because food storage would have been difficult, it is no impossible, food production would have had to be continuous. In both upland and lowland regions abandoned terraces and irrigation canals have been identified in northern Belize, Dept. of Peten, Guatemala, Campeche and Quintana Roo States, México.

Ower (14) holds that the extent of Maya settlement in Belize coincided strictly with the extent of calcareous soils. He further suggests that the lands surrounding known centres of occupancy have at some remote time been under cultivation and that they are now being occupied by secondary and not primary forest. Lundell (10) and Bartlett (2) have observed a number of the same tree species present on every Maya ruin of the southern culture they had visited. They further suggest such trees were cultivated for shade and food.

The fact that this region of lowland Central America supported a large population in the past means that any information concerning ancient land-use is of practical importance. The existence today of a closed forest system would imply the region is not unproductive and therefore capable of producing agricultural crops again if present day environmental conditions are understood and wise agricultural methods followed.

* Received for publication September 23rd, 1977.

** Department of Biology, Carleton University, Ottawa, Ontario, Canada.

Study area

The northern part of Belize is physiographically a part of the Yucatan Peninsula and is a heavily karsted limestone plateau of Cretaceous age. Lamanai is located in the north east sector of this plateau on the west shore of the New River Lagoon at its entry into the New River (Figure 1). Both the river and the lagoon are controlled at this point by a small fault scarp with Lamanai being on the dip slope. The lagoon is maintained largely by groundwater flow and has a relatively high sediment and mineral load. Erosion of the limestone scarp results in a high CaCO_3 deposition.

The site is underlain by a creamy pink, moderately hard, amorphous limestone. Soils in the area are those of the Yaxa group (20) being grey-brown clays. Yaxa shows the development of: a normal soil type on nearly level topography, a shallow gravelly soil on undulating land, a deep melanized soil under Cohune forest, and a mottled clay in bajos (areas of impeded drainage).

The vegetation is classified according to Wright (20) as, broadleaf deciduous forest and is included in the lowland, dry tropical zone. According to Beard's (3) classification of tropical forest, Lamanai falls within the zone of semi-evergreen seasonal forest. The forests have been almost completely exploited for their mahogany and even to the present day the area supports shifting agriculture.

The area receives approximately 1480 mm of rainfall annually, based on the ten year average for Orange Walk twenty miles to the northeast. A distinct dry season occurs from January to May. Temperatures in Belize range from 18 - 35°C with a mean annual temperature of 27°C. One Fuess hygromograph was maintained at the site from late May to mid July, during the latter part of the dry season and beginning of the wet season. Mean temperature for the period was 28°C. Relative humidity was high, with 100% recorded every day but two. Precipitation was measured using a standard rain gauge. Total received was 580 mm. During the 56 day period there were 24 days without rain resulting in an average of 180 mm/day for the 32 days with rain.

Methods

Four community types were initially identified from air photographs of the site and surrounding forest, and verified in the field. A fifth type, Pine Ridge, to the north east of the site was also included in the analysis.

For archeological purposes the site was divided into 500 m² quadrats covering an area of 6 km². Lines were cleared by hand, surveyed and staked. Survey lines were used as starting points for all transects except those on the ruins and Pine Ridge. Line transects of contiguous 10 × 10 m² quadrats were placed in representative examples of identifiable community types. Vegetation on the ruins (tops and sides) was sampled in a similar manner.

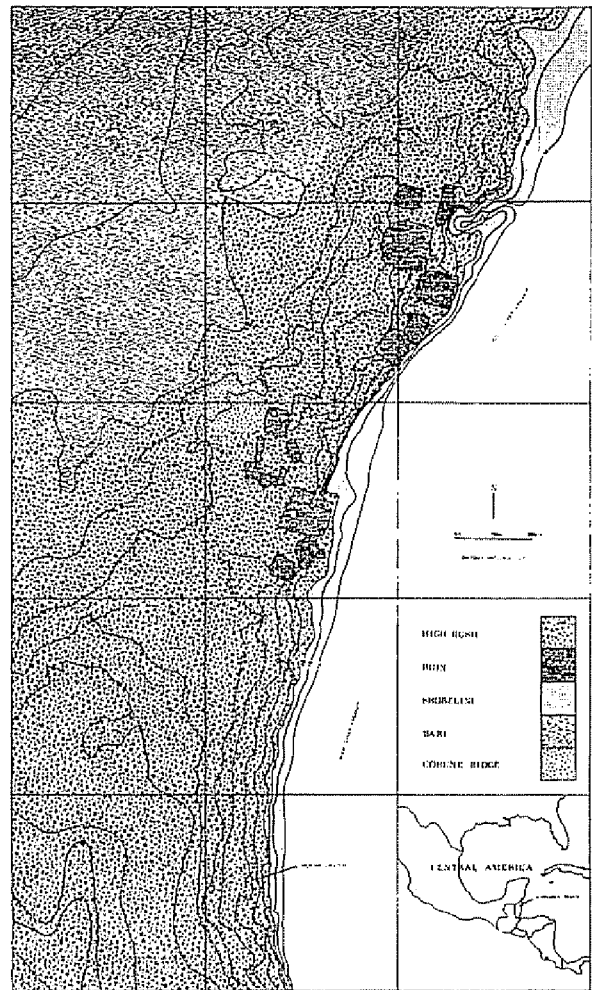


Fig. 1—Vegetation of the Maya ruins at Lamanai, Belize

Within each quadrat the presence of all tree species and their basal area at breast height and all sapling (dbh < 12sq in) were recorded. Ground vegetation was sampled using five 1 m² quadrats that were placed at the same points in each 10 × 10 m² quadrat. Representative samples of all species were collected for later positive identification.

Quantitative data on tree composition were summarized for each transect. Relative frequency, relative density and relative dominance were determined and their values for each species were summed to provide importance values, which for all trees in the transect totalled 300. Relative frequency and relative density were determined and summed for all sapling and seedlings. True density of trees, basal area and saplings per hectare were also calculated.

Transect data analyses have been accomplished using the calculation of a correlation coefficient to determine the relationship between transects (communities). All species, including those occurring in only one transect, were used. Such rare species can contribute information

about overall variation if the vegetation is markedly heterogeneous (1).

Transect data were ordinated by principal component analysis (Statistical Package for Social Sciences (SPSS), Carleton University). Variables were transformed into a new set of component variables that were orthogonal (uncorrelated) to each other. The first axis lies through the spatial cluster of points (transects) in such a direction that it covers the maximum amount of variation within a cluster. Subsequent axes are similarly oriented with respect to decreasing residual variation.

Five soil samples were taken for chemical and physical analysis. Soil moisture content was determined from samples of known weight that were oven dried (60°C for 24 hr) and reweighed. Percent coarse material was calculated from the weight of soil from a known quantity that would not pass through a 2 mm sieve. Textural analysis was completed using the hydrometer technique (4). Total N was determined by micro-Kjeldahl technique; available phosphorus colourmetrically and exchangeable cations (Ca, Mg, K, Na) by atomic absorption spectrophotometer. Cation exchange capacity (CEC) was determined using techniques described by Jackson (9).

Plant identifications were verified by the Missouri Botanical Garden, St. Louis, Missouri and a representative of every species deposited in their Herbarium.

Results and Discussion

Presented in Table 1 are the importance values for the 100 trees present in one or more of the transects sampled. The high diversity and low species predominance for the Lamanai area is typical for the tropics (16). In spite of the general low representation of species within any one quadrat, due to species richness, local concentrations of species do occur.

Only five species were present in more than fifty percent of the transects sampled while approximately forty percent were present in only one quadrat. Except for the Pine Ridge transects, 21 and 22, the importance values of the dominant never exceeded 155 and were as low as 38.

The ordination of the 22 transects (Figure 2) reveals six associations, Shore Line, Cohune Ridge, Bajo, High Bush, Ruin and Pine Ridge, with a directional change in the vegetational composition from natural forest to ruin forest. The natural forest shows a strong progression toward the origins of axis 1 while the ruin vegetation shows a divergent trend along axis 2. The occurrence of the Pine Ridge with the Shoreline, Cohune Ridge and Bajo associations is recognized as an anomaly. With additional stands sampled and by a three dimensional ordination model it is expected that the four associations will be more clearly identified.

Shoreline

The Shoreline association which is subjected to seasonal flooding is dominated by *Bucida buceras*. Actual

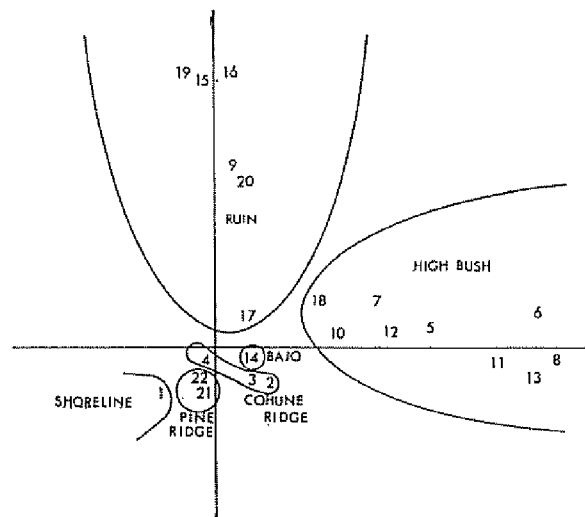


Fig. 2.—Ordination of the 22 transects showing the six plant associations.

width of the association would appear to be related to the level of high water at the end of the rainy season. Individuals of *B. buceras* often project over the water even at the lowest level. Fallen trees give rise to many new shoots which can reach tree size. *Ficus* spp are not common; however, when present they are generally large. Epiphytes and vines cover the trees so that from the water the shoreline appears to be an impenetrable mass of vegetation. However, within the community the ground is relatively clean due to the annual flooding and deposition of sediments.

Another common shoreline tree is *Pachira aquatica*. The large fruits contain seeds which can germinate when floating and quickly establish in the shoreline mud.

Adjacent to the Shoreline association are pure stands of *Bactris major*, near the limit of high water. In the analysis *Bactris which* did not reach tree size was included in the shrub layer of the shoreline association.

Cohune Ridge

The Cohune Ridge association is not as extensive in areal coverage toward the north end of the New River Lagoon as it is at the south end. A number of stands of pure *Orbignya cohune* are present in the Lamanai area. In such cases the trees are tall with wide spreading crowns. Canopy is almost completely closed resulting in a very sparse ground flora with *Orbignya* seedlings and saplings as virtually the only ones able to establish and survive. Within such stands the understory is open and has a cathedral-like quality. While the two stands sampled were dominated by *O. cohune* there were several other species that attained canopy height. They include: *Swietenia macrophylla*, *Spondias mombin*, *Guazuma ulmifolia* and *Enterolobium cyclocarpum*.

Table 1.—(continuation).

Species	Stands																				Stand of Occurrence	Stand Dominants	
	1	2	3	4	7	5	6	13	8	10	18	11	12	14	9	17	15	16	19	20			22
<i>Trichilia hirta</i>					29	10	22	32	14	2		5	10										8
<i>Guarea</i> sp.					3		2				24					53							4
<i>Sapindus saponaria</i>					13			3	4			8	7			14							5
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>					4	11		7	16	8	4	8	9	8		4	4						9
<i>Chlorophora tinctoria</i>					5		7	4								3	2	3					6
<i>Trichilia havanensis</i>					5	14	3	15	5	8	5		3			5	2		8	5			12
<i>Pithecolobium</i> sp.					4		4	7						8				6					5
<i>Dalechampia scandens</i>					4																		1
<i>Alseis yucatanensis</i>					10																		1
<i>Cassia grandis</i>					12																		1
<i>Ceiba pentandra</i>					5			4			13	3											4
<i>Lonchocarpus castilloi</i>					7							12	12	4									4
<i>Vitex gaumeri</i>					4	4						3	10										4
<i>Sebastiania pavoniana</i>					6	9		5					6	9			3						6
<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>					37	21		6	28	53	36				39	55	3		25				10
<i>Cedrela mexicana</i>					13		8	22							4	7	3	5					7
<i>Guarea glabra</i>					12					12				5	10	6	4	6					7
<i>Castilla elastica</i>					20	12			11	2	15		35	8	25	41	26						10
<i>Dendropanax arboreus</i>					15		4			4	3				2								5
<i>Dipholis durifolia</i>					7											6							2
<i>Talisia oliviformis</i>					10			4	6	2		60	2	16	15	31							9
<i>Heisteria</i> sp.						3							37		31	19			6	115			5
<i>Citrus</i> sp.										2													1
<i>Pouteria mammosa</i>										12													1
<i>Pouteria campechiana</i>										3	4				4	9			7				5
<i>Ficus</i> aff. <i>lappathifolia</i>											9				3	3	12	17	11				6
<i>Callicarpa acuminata</i>												5											1
<i>Croton schiedeana</i>															5								1
<i>Sweetia panamensis</i>																11							1
<i>Gymanthes lucida</i>															31		3	10					3
<i>Cracca</i> sp.																4							1
<i>Achras zapota</i>																		6					1
Sapindaceae																		6					1
<i>Cecropia</i> sp.																			3	13			2
<i>Morus</i> sp.																				14	5		2
<i>Allophylus campotostachys</i>																				11	84		2
<i>Curtella americana</i>																						45	1
<i>Acoelorrhapha wrightii</i>																						255	1
<i>Pinus caribaea</i>																							300
Total Species	10	30	12	14	20	23	29	17	18	26	28	16	29	17	21	32	29	25	19	10	2	1	
N ^o trees/hectare	700	780	570	420	620	600	590	750	400	975	600	9	60	900	560	750	610	755	790	640	970	140	20
Unknown species leaves and/or flowers unobtainable (species N ^o /Stand N ^o /IV)																							
501	2(2)	503	3(13)	505	4(12)	515	4(12)	410	7(8)		507	8(5)	509	12(3)	511	15(2)	513	19(8)	089	14(6)			
502	3(19)	504	3(7)	515	4(12)	411	7(7)	506	7(8)		508	8(5)	510	14(10)	512	15(2)	084	14(6)					

Wherever cohune dominates, a large amount of litter is produced, especially around the bases of individual trunks. During the rainy season snakes are abundant in the raised, drier mounds of litter. Drainage within such stands is moderate to good, however the fertility reserve and moisture retaining capacity give this soil great value (20)

Local farmers view the occurrence of the Cohune as an indication of good land for their milpa operations. To the ancient Maya it was probably a similar indicator as well as source of oil for cooking and lighting

Ruin

Lamanai is dominated by seven major structures or pyramids, the tallest being 26 meters. A large number of lesser, but nevertheless substantial structures are also present and together occupy an area of approximately 500 m² and constitute the center of the site. Within the surrounding forest (3 km²) are many small structures, no more than several meters high.

Architectural preservation is generally poor and the pyramids and lesser structures are covered with limestone rubble. At the base of each pyramid is a large amount of unconsolidated rubble.

The vegetation on the ruins major forms a characteristic association that is readily distinguished from the surrounding forest. *Brosimum alicastrum*, *Protium copal*, *Talisia oliviformis* and *Pimenta dioica* are common trees and *Diopholis salicifolia* and *Gnatteria amplifolia* common saplings. Their occurrence in the surrounding forest is also an indicator of small structures many of which are covered with a thick layer of litter. Epiphytic aroids, bromeliads and cacti are common on the ruins, but there are considerably fewer lianas than in the surrounding forest.

Bartlett (2) recognized a separate ruin association, *Higueral de las Ruinas*, in British Honduras and the Peten. However, other than a number of epiphytes, no trees present at Lamanai were included in Bartlett's species list. The occurrence of *Brosimum alicastrum* on every ruin Maya was noted by Lundell (11) and was thought to have been cultivated for fruit and shade.

As expected soil development on the ruins is minimal and surface roots are everywhere evident. The litter and humus horizons combined rarely exceed 15 cm in thickness and overlie a limestone rock base (pyramid). Roots have penetrated into the structures resulting in their external destruction. During the rainy season the soils tend to dry very rapidly between downpours. The ruin association is particularly attractive because it is open (sparse underbush), dry and cool since it is raised above the surrounding jungle.

Several very large dead *Achras zapota* were present on the summits of two pyramids. Evidence of chicle harvesting was observed.

High Bush

High Bush encompasses all forest that is not Shoreline, Cohune Ridge, Ruin, or Bajo association. The association is very diverse, with no one species attaining an importance value greater than 110. A number of

species occur frequently. They include; *Guazuma ulmifolia*, *Spondias mombin*, *Stemmadenia donnell-smithii*, *Nectandra* sp, *Coccoloba belizensis* and *Ficus* spp

The upper canopy is not always closed or even, and it is rarely higher than 25 m. However, occasional trees are higher such as *Enterolobium cyclocarpum*, one which was estimated to be 36 m high with a circumference of 6.1 m. The ground cover is abundant, well shaded but not impenetrable and includes many *Cryosophila argentea*, *Piper amalago* and *Oribignya cohune* saplings. Lianas are also abundant.

With further study the High Bush could be divided into a number of discrete associations. Almost pure stands of tree (*Guazuma ulmifolia*) were observed in some areas.

The influence of topography should be noted. Near the lagoon the land is sloping and rocky and relatively dry, but level further inland and more moist. *Cedrela mexicana* is more common in the former area, *Swietenia macrophylla* in the latter. Another factor that must be taken into account is the effect of disturbance. Much of the area around the church and abandoned sugar mill (Figure 1) was pasture fifty years ago while other areas to the west of the lagoon may have remained relatively intact since the collapse of the Maya civilization. Recent logging operations by the Belize Estate and Produce Company and Loskot Brothers have culled the best of the mahogany, Santa Maria and Cedar in the area. The association does not resemble any of the assemblages considered by Wright (20) to occur in the area. Centuries of selective cutting may have favoured *Spondias mombin*, *Guazuma ulmifolia* and *Stemmadenia donnell-smithii* which are not cut for lumber.

Bajo

To the northwest of the site is a large bajo or wooded swamp which is covered by water during the rainy season but dries out during the dry season. Bajo vegetation is distinct and can best be described as an impenetrable thicket where a machete is more important than a note book. The canopy is low rarely higher than 15 m although the occasional large tree (*Spondias mombin*, *Swietenia macrophylla* and *Sweetia panamensis*) does emerge over the general canopy level.

The thick underbush is characterized by spine or thorn covered species such as; *Bactris major*, *Cryosophila argentea* and *Pisonia aculeata* and *Aechmea magdalenae*. The latter species is a good indicator of bajo.

A greater number of saplings and vines are present in the Bajo than any other association. The low number of species, 18, that attain tree size can probably be attributed to the dense underbush. The ground is in continuous shade, and competition for light and nutrients must be considerable. Trees would have to be shade tolerant for a number of years before they were able to emerge from the dense underbush.

Soil in the bajo sampled was classified as Yaxa mottled clay. A thin organic litter layer overlies a black clay, highly organic layer to a depth of 20 cm. The clay is plastic and slightly mottled. The limestone base of the area is reflected in the near neutral condition of

the humus layer - pH 6.8. The highest percent moisture content of all the sites sampled was in the bajo - 31.6 and reflects the high water-retaining capabilities of the soil.

A great deal of controversy on the ancient use of the bajos by the Maya is to be found in the anthropological literature (6, 7, 8, 17). At present the bajos are used only for limited rice production by the local Maya farmers because of their flooded conditions during most of the year and their hard baked surface in the dry season. Infra-red air photography will be used in 1977 during the rainy season to determine the presence or absence of an irrigation system at Lamanai. Recent studies by Matheny (13) in Campeche, Mexico, have shown that such structures are detectable by such photography, and have placed a new emphasis on Maya agricultural practices.

Pine Ridge

The sparse vegetation of the savanna or pine ridge is in sharp contrast to the lush growth of the other associations. The transition from bajo or high bush to pine ridge can be quite abrupt and stems from a change in soils founded on a limestone base to ones formed on siliceous material (5). Consequently pine ridge soils are sandy, slightly acidic and depauperate (Table 2). Water drains quickly from them and only

xerophytic species survive. For the most part, the pine ridge is an open grass land, where sedges, members of the Cyperaceae, and many species of wild flowers form the ground cover. Pine is the dominant tree, but occurs at very low frequency (two trees per 1000 m² is typical). *Crescentia cujete*, *Crotalaria americana* and *Brysonima crassifolia* are common species that reach tree size. These and several other species form a sparse shrub layer. In low areas or depressions, where water tends to collect in the wet season, the small pimenta palm, *Acoelombapha wrightii*, forms pure stands. As in other areas of Belize (18, 19) the grasslands of the pine ridge at Lamanai are encouraged by the local people who annually burn the area, killing many of the smaller shrubs and tree seedlings. This practice is undertaken at the end of the dry season (May). It is thought to provide better grazing land for deer and brocket, which are hunted, as well as domestic cattle which are allowed to range freely in this area.

Soils

Chemical analyses of five soils (humus layer only) presented in Table 2 clearly indicate the intensity of biological circulation in the different associations. Percent organic matter is low, less than 18, in all samples. Plant debris is rapidly reduced and elements are taken

Table 2—Summary of soil chemical and physical analyses for the A horizon at Lamanai, Belize.

	Cohune Ridge	Bajo	High Bush	Ruins	Pine Ridge
Soil moisture content % water of total wt	22.7	31.5	16.8	24.2	25.0
pH	7.2	6.8	6.9	6.6	6.05
Exchangeable Cations ppm (1 g./100 ml)					
Ca	145.0	90.0	215.0	240.0	55.0
Mg	6.0	8.0	4.0	6.5	10.0
Na	2.0	0.5	0.3	0.1	0.5
K	9.0	2.5	1.7	1.8	0.8
Mn	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2
P (available)	1.25	0.14	1.25	0.26	0.08
Cation Exchange Capacity	125.0	90.0	210.0	210.0	7.0
% Nitrogen	0.23	0.28	0.115	0.275	0.086
% Organic Matter	15.05	17.4	9.46	13.79	3.56
Sand %	43	33	28	34	45
Silt %	15	11	30	34	18
Clay %	42	56	42	32	37

up again or lost to leaching. Ca and K predominate among the macronutrients. The neutral conditions of the soil is indicative of the limestone base that underlies the region.

From an agricultural standpoint the Cohune Ridge and High Bush are the most favourable. The finer textures of these moderately drained soils carry more clay and therefore the cation exchange capacities are higher. The higher organic matter in the Bajo and lower cation values indicate the impeded drainage conditions and therefore a slower rate of decomposition. The almost continuous and therefore a slower rate of decomposition. The almost continuous breakdown of organic matter and movement through the soil results in a high base saturation as indicated by the high pH values.

The Pine Ridge soils, being loamy sand, are low in colloidal clays and deficient in humus. Agriculturally such soils have both low fertility and certain physical drawbacks.

Conclusions

The plant associations studied at Lamanai, while reflecting the drastic activities of the lumber companies, do not differ to any great extent from those that not have been exploited farther to the west. The Ruin association can be considered unique; however, natural limestone outcrops need to be studied to determine if they support a similar or different plant association.

There are a large number of economically important species in the area, although no groves or orchards were found. Such important species could have been cultivated by the ancient Maya. Our modern ethnobotanical study has identified thirty species that are used today and probably were used in the past.

Lundell (12) suggested that the Maya cleared and cultivated an ever increasing amount of land in the vicinity of their settlement. The effect that such practices had on changing the species composition, fertility and topography of the area is controversial (6).

Archeological evidence suggests that 6800 people could have been resident at Lamanai at any one time (Pendergast, personal communication). Recent excavations west of Orange Walk (20 miles NE of Lamanai) have exposed a ridged-field system of cultivation which may have been used by the people of Lamanai as well.

In recent years the Maya have been returning to the area with the result that milpas, in various stages of succession, are increasing in number. The success of the milperos is in part due to the general fertility of the land, which might be one reason why the ancient Maya originally established the site.

A three metre core taken from an almost closed lake system southwest of the site was taken for analysis and ^{14}C dating in 1976. Initial analysis of the cores shows that between 95-100 and 260-300 cm a high percentage of carbonized plant fragments were deposited. The occurrence of such material indicates that burning was a common practice in ancient times. Corn pollen occurs throughout the core but not in any appreciable amount. Positive pollen determination has been difficult due to

the lack of a good pollen reference collection of forest, wetland and agricultural species. In 1977 a reference collection will be made and more cores taken. A more detailed pollen study and possible identification of an irrigation system should give information regarding ancient land-use practices that can be correlated with the distribution of extant vegetation both on the ruins and surrounding area of occupation.

The data presented above and those from future pollen and irrigation studies can be of value relative to an understanding of present day conditions and aspirations viz agricultural production. Palacio (15) concluded in his review of anthropology in Belize: "He (the researcher) should plan his study, not in the abstract atmosphere of university departments, but in terms of the needs of the people of the location". If we can meld the knowledge of ancient land-use with that of present day needs wealthy countries will go a long way to making a positive contribution to the needs of the people in the Third World. It is hoped that the information presented and to be presented will be of value to the Ministry of Agriculture and Lands in Belize in light of their decision to open the area to organized settlement; and their desire to pursue a sedentary agricultural policy as opposed to the present slash and burn operation.

Summary

A quantitative analysis of forest vegetation at the ancient Maya settlement of Lamanai (ca 300BC - AD 1640) was undertaken to determine the relationship between extant vegetation and the major and minor ruins. Five associations were distinguished: Shore Line, Cohune Ridge, High Bush, Bajo and Ruin. The Ruin association, dominated by *Byrosimum alicastrum*, *Protium copal*, *Talisia oliviformis* and *Pimenta dioica*, was unique. Present day Maya residents view the occurrence of Cohune as an indicator of good land for their milpa operations. Soil analyses indicate that the Cohune Ridge and Bajo associations would be suitable for agriculture. A sediment core taken from a nearby lake revealed that burning was common in ancient times. Two layers (95 and 280 cm) contained large amounts of carbonized plant fragments.

Acknowledgements

We gratefully acknowledge the co-operation and assistance of Dr. David Pendergast, Director, Lamanai Project and Dr. Stan Loten. Without the assistance of Feliz Uk and Alejandro Torres tree identifications would have been a very difficult task. Thanks are due to Cathy Chan for assistance with the statistical analysis. The study was supported by grants from the President's Research Committee, Carleton University and the Canada Council (Loten, 2050-37).

Literature cited

- 1 AUSTIN, M. P. and GREIG-SMITH, P. The application of quantitative methods to vegetation survey II. Some methodological problems of data from rain forest. *Journal of Ecology* 56: 827-844. 1968.
2. BARTLETT, H. H. A method of procedure for field work in tropical American phytogeography based upon a botanical reconnaissance in parts of British Honduras forests of Guatemala. Publications of the Carnegie Institution N° 461. 1935. 25 p.
- 3 BEARD, J. S. The classification of tropical American vegetation types. *Ecology* 36 (1): 89-100, 1955.
- 4 BLACK, C. A. (Editor). *Methods on Soil Analysis Part 1. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling*. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. 1965.
- 5 CHARRIER, C. F. *The Soils of British Honduras*. Port of Spain, Government Printer, 1941.
- 6 COWGILL, U. M. An agricultural study of the southern Maya lowlands. *American Anthropologist* 64: 273-286. 1962.
- 7 DUMOND, D. E. Swidden agriculture and the rise of Maya civilization. *Southwestern Journal of Anthropology* 17 (4): 301-316. 1961.
- 8 HARRISON, P. D. Prehispanic Maya agriculture. XIII Americanists Symposium, 1976 (unpublished).
- 9 JACKSON, M. L. *Soil chemical analysis*. New Jersey, Prentice Hall, 1958.
- 10 LUNDELL, C. L. The agriculture of the Maya. *Southwest Review* 19: 65-77. 1933.
- 11 ————. *Vegetation of the Peten*. Washington, Carnegie Institution. Publication N° 478. 1937.
- 12 ————. *The flora of Tikal Expedition* (Philadelphia) 3 (2): 38-43. 1961.
- 13 MATHENY, R. T. Maya lowland hydraulic systems. *Science* 193 (4254): 639-646. 1976.
- 14 OWER, I. H. Geology of British Honduras. *Journal of Geology* 36: 494-509. 1928.
- 15 PALACIO, J. O. Anthropology in Belize. *Current Anthropology* 17 (3): 485-489. 1976.
- 16 RICHARD, P. W. *The tropical rain forest*. Cambridge University Press, 1952.
- 17 SABLOFF, J. A. and WILLEY, G. R. The collapse of the Maya civilization in the southern lowlands: A consideration of history and process. *Southwestern Journal of Anthropology* 23 (4): 311-336. 1967.
- 18 STANDLEY, P. C. and RECORD, S. J. *The forests and flora of British Honduras*. Field Museum of Natural History, Botany N° 12, 1936. 452 p.
- 19 STEVENSON, D. Types of forest growth in British Honduras. *Tropical Woods* 14: 20-25. 1928.
- 20 WRIGHT, A. C. S., ROMNEY, D. H., ARBUCKLE, R. H., VIAL, V. E. *Land in British Honduras*. Colonial Research Publications, 24. London, 1959.

Reseña de Libros

JEFFREY, CHARLES. *Biological nomenclature*. 2nd ed. London, Edward Arnold for The Systematic Association, 1977. 72 p. £ 1,95 net.

La primera edición de este libro contribuyó a destruir el mito de que la nomenclatura biológica, con todos sus intrincamientos, era del dominio privado de unos pocos especialistas iluminados. Mediante su enfoque directo y su estilo lúcido, el autor presentó las complejidades legalísticas de los varios Códigos de nomenclatura en una manera tal que los hizo fácilmente comprensibles y aplicables por biólogos de todos los niveles de experiencia, desde el estudiante al taxónomo profesional. Los códigos oficiales son documentos imponentes y difíciles de usar sin adiestramiento o guía especiales. Principalmente por estas razones, la Systematics Association auspició la producción de una guía sencilla de los principios de la nomenclatura y de las disposiciones de los varios códigos.

El primer capítulo que resume el contexto general de la sistemática, sigue siendo una de las exposiciones más claras del tema. El glosario-índice es también excelente. Entre estas dos partes están los demás capítulos, en los

que se explica la nomenclatura, tratando simultáneamente todos los códigos en cada paso de la descripción de los principios y operación de la nomenclatura. Entre los códigos, hay que distinguir al botánico y el zoológico que se pueden considerar como que han alcanzado cierta estabilidad, sin que se esperen muchos cambios en el futuro. En cambio, el código bacteriológico ha tenido en 1975 una nueva edición radicalmente revisada y el código virológico tendrá que esperar bastante para su edición definitiva, ya que la naturaleza de los virus como seres independientes no encaja en las normas vigentes para definir un ente viviente, planta, bacteria o animal.

En esta edición, se han hecho las correcciones para incluir los cambios hechos en los códigos desde la publicación de la primera edición en 1973. Esto incluye, aparte de los importantes cambios para bacterias, los pequeños cambios en el código botánico en el Congreso Internacional de Leningrado, en 1975; algunos cambios en el código zoológico; y las nuevas guías para los nombres de cultivares publicados en 1974 (*Plant Varieties and Seeds Gazette* 109:1-3). Por último, se incluyen las reglas revisadas aceptadas de nomenclatura viral, publicadas en 1976.

WISNIAK, JAIME. Jojoba oil and derivatives Oxford, Pergamon, 1977. 52 p (Reprinted from *Progress in the Chemistry of Fats and other Lipids* 15 (3): 167-218. 1977).

Esta es una revisión amplia del estado actual de los conocimientos sobre el aceite y derivados de la semilla de la jojoba (*Simmondsia chinensis*). Y es natural que el autor sea de Israel, pues este país es el que con mayor empeño está tratando de convertir a esta planta de los desiertos de México y Estados en un cultivo industrial (Cf. *Turrialba* 24:340; 25:219).

Además de su interés como uso productivo de las tierras semiáridas, la jojoba ha despertado la atención de los conservacionistas por su potencialidad de reemplazar al cachalote y otros cetáceos en peligro de extinción como fuentes de esperma. La jojoba es una planta única porque sus nueces contienen un 50 por ciento de un aceite sin olor, prácticamente incoloro, compuesto principalmente de monoésteres de cadena recta de los alcoholes y ácidos C 20 y C 22, con dos ligazones dobles. La casi completa ausencia de glicerina indica que el aceite de la jojoba difiere radicalmente de todos los aceites procedentes de semilla; no es una grasa sino una cera líquida.

Antes de la llegada de los españoles, el aceite de jojoba era usado por los indios como fijador del cabello, uso principal que tiene todavía en México, único lugar en el que funciona una fábrica de cosméticos a base de jojoba en Guadalajara.

Aunque las primeras páginas están dedicadas a la planta, su habitat, morfología, anatomía (con excelentes micrografías electrónicas de barradura), el principal énfasis es en el aceite, su composición, sus propiedades, su extracción. La torta que queda después de la extracción se ha estudiado como alimento animal y se ha comprobado que su contenido de proteína varía entre 26 y 33 por ciento. Su contenido de lisina es bueno, pero el de metionina es pobre.

La parte más extensa es la correspondiente a la modificación química del aceite para obtener nuevos productos industriales. Aunque el problema del cultivo comercial de la jojoba está en sus primeras etapas, ya se ve que se está aclarando el camino para el futuro, para cuando el aceite de jojoba se utilice como materia prima industrial. Los estudios de modificación química del aceite incluyen a) polimerización *cis-trans* para solidificar el aceite o producir cremas; b) hidrogenación, que eleva el punto de fusión del producto y su estabilidad; c) sulfurización y sulfurclorinación para mejorar su empleo en las mezclas lubricantes, especialmente para máquinas que funcionan a altas temperaturas o presiones; d) epoxidación para obtener productos plastificadores y estabilizadores de plásticos a base de cloruro de vinil; e) maleinización, también para obtener plastificadores y suavizadores de caucho de nitrilo (Buna-N); y f) reducción de ésteres, para la producción de alcoholes no saturados de cadenas largas.

Aunque no se puede decir que todas estas modificaciones químicas sean viables, uno debe expresar su deseo de que sólo tengan éxito aquellos usos en que el aceite de jojoba reemplace en la industria al aceite de cachalote; así contribuiría este producto a demorar la desaparición de un cetáceo valioso de este planeta.

ADALBERTO GORBITZ
INSTITUTO INTERAMERICANO
DE CIENCIAS AGRICOLAS
SAN JOSE, COSTA RICA

GREENLAND, D. J. y LAL, R., eds. Soil conservation and management in the humid tropics London, Wiley 1977. 283 p.

Este volumen contiene los trabajos presentados en la Conferencia Internacional sobre Manejo y Conservación de Suelos en los Trópicos Húmedos realizada en Ibadán, Nigeria en junio de 1975.

El texto está dividido en ocho secciones de las cuales, las primeras cuatro tratan sobre aspectos básicos en conservación de suelos y agua, caracterización de suelos y climas en relación al riesgo de erosión y manejo para controlar la erosión. Las siguientes secciones cubren los sistemas de manejo y el riesgo de erosión en las regiones tropicales de África, Asia y América Latina, terminando con un capítulo sobre necesidades de investigación en control de erosión en zonas tropicales. Se incluye un apéndice con las recomendaciones de la conferencia.

Los editores hicieron un magnífico trabajo organizando el material del libro; la presentación es excelente y la acertada inclusión de capítulos teóricos al inicio permite comprender con facilidad el contenido de los últimos trabajos incluidos.

Los 28 trabajos presentados cubren en detalle los fenómenos edáficos, climáticos y de manejo que afectan la conservación de suelos en los trópicos. Se incluyen datos que complementan la información teórica presentada en textos de conservación de suelos y que por lo reciente, permiten al lector conscientizar la situación actual del problema. No se incluye información sobre manejo de productos agroquímicos en suelos.

El libro es recomendable para edafólogos, agrónomos y estudiantes de ciencias agrícolas como obra de consulta de alto valor. Los profesores universitarios pueden hallar en él un magnífico libro de consulta, si no de texto, en cursos de manejo y conservación de suelos en los trópicos.

ALFREDO ALVARADO
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
CIUDAD UNIVERSITARIA
SAN JOSE, COSTA RICA

Insectos y ácaros que atacan al cultivo de la yuca en Colombia* — RAFAEL O. DIAZ**, ANTONY C. BELLOTI***, AART van SCHOONHOVEN***

ABSTRACT

Approximately 20 insects and mites were found attacking cassava in several regions of Colombia. Their attack corresponds to different growth stages and different seasons of the year. Thrips, gallmidges and whiteflies were present in more than 50% of the plantations visited. Pests found at all stages of plant growth are *Anastrepha* sp. (the cassava fruitfly), *Empoasca* sp., *Vatiga manihotae* (the cassava lacebug) and mites (*Oligoncyclus peruvianus*). High parasitism of cassava hornworm eggs (*Erinnyis ello*) was observed. Pests are also found limited to different regions, cutworms (*Agrotis ipsilon* and *Spodoptera frugiperda*) were found in the Department of Valle and Quindío, and stemborers (*Acanthoderes nigricans*) in the Department of Cauca. Yield losses due to thrips were estimated.

Introducción

EXISTEN una gran diversidad de insectos que atacan al cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), muchos de los cuales pueden ocasionar daños severos a las plantas y, por consiguiente, pérdidas en el rendimiento del cultivo. Sin embargo, se dispone de poca información acerca de la frecuencia del ataque de las especies de insectos encontradas en las diferentes regiones ecológicas, de su severidad y su efecto sobre el rendimiento.

En consecuencia, es importante que los investigadores tengan un conocimiento claro sobre los insectos que atacan al cultivo de la yuca, el tipo de daño que ocasionan y el período de crecimiento de la planta durante el cual ocurre con mayor frecuencia su ataque. Esto permitirá determinar la necesidad en un momento dado, de implementar un programa adecuado de control de insectos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, desde el punto de vista económico, para la mayoría de los cultivadores de yuca, y especialmente en las áreas donde el margen de ingresos es bajo, es imposible implementar un programa de control químico.

Además de tener un conocimiento sobre los insectos que se deben estudiar, y sobre los métodos de control que se deben recomendar, es necesario considerar el tipo de planta que se debe utilizar en diferentes regiones.

Esta información es útil en la selección de prioridades en la investigación.

El propósito básico de éste informe es el de describir los insectos que se han presentado en diferentes regiones ecológicas y estados de crecimiento de la yuca, con base en observaciones directas en el campo, y estimar las posibles pérdidas en el rendimiento de la yuca causadas por la presencia de los trips.

Metodología

En Colombia no existe un marco de referencia que permita acceso, en el sentido probabilístico, a todos los miembros de la población de productores de yuca. En consecuencia, los métodos de muestreo utilizados en este estudio se tuvieron que ajustar por conveniencia, en lo que respecta a las operaciones del levantamiento de los datos †.

Se escogieron cinco regiones representativas en las cuales se cultiva yuca bajo diferentes condiciones ecológicas (Cuadro 1). La información básica fue colectada por un equipo de Agrónomos y Economistas Agrícolas previamente adiestrados, el cual realizó tres visitas a cada uno de los 283 cultivadores en tres épocas del ciclo de cultivo: primera visita, menos de cuatro meses de edad; segunda visita, entre los cuatro y ocho meses; tercera visita, entre los ocho y doce meses.

* Recibido para la publicación el 22 de noviembre de 1977.

** Economista Agrícola, Programa de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Apartado Aéreo 6715, Cali, Colombia.

*** Entomólogos, Programa de Yuca y Frijol, respectivamente, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia.

† Un informe más detallado sobre los métodos estadísticos de muestreo se presenta en el capítulo sobre "Metodología y Descripción de la muestra" en: Díaz, R. O. y P. Pinstrup-Andersen. Descripción agro-económica del proceso de producción de yuca en Colombia. CIAT, Edición Preliminar, Junio, 1977. pp. B1-B6.

Cuadro 1.—Tamaño de la muestra de cultivadores de yuca, altitud y temperatura promedio de las regiones estudiadas.

Región	Departamento	Área (Has)	Nº de cultivadores por región	Altitud promedio (m)	Temperatura promedio (°C)
I	Cauca	6 534	61	1230	22
II	Valle, Quindío	6 529	64	1200	22
III	Tolima	8 182	59	815	26
IV	Meta	11 167	55	370	27
V	Atlántico, Magdalena	9 110	44	30	30
TOTAL		41 522	283		

Cuadro 2.—Proporción de cultivos (en %) en cada región y por visita, en los que se observaron los diez insectos más frecuentes.

Insectos 1/	Región I			Región II			Región III			Región IV			Región V			Total		
	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
Trips (<i>Frankliniella williamsi</i>)	69	59	39	80	88	35	88	100	48	86	95	24	82	86	48	81	85	44
Agallas (<i>Fam Cecidomyidae</i>)	33	25	7	31	44	6	59	69	24	67	66	9	66	84	41	50	56	15
Mosca Blanca (<i>Bemisia</i> sp. y <i>Trialeurodes</i> sp.)	62	70	36	41	14	2	35	37	14	31	24	13	55	70	23	45	42	17
Mosca de la Fruta (<i>Anastrepha</i> sp.)	2	7	0	34	75	22	0	14	2	15	5	2	5	9	5	12	24	6
Acaros (<i>Oligonychus peruvianus</i>)	0	7	13	2	9	5	7	41	32	0	9	9	2	43	61	2	20	22
Palomilla (<i>Aleurotrachelus</i> sp.)	15	48	41	0	5	3	2	12	5	5	0	0	2	5	23	5	14	14
Mosca del Cogollo (<i>Silba péndula</i>)	15	8	2	18	30	0	3	3	0	44	24	0	5	0	0	17	14	0
Hormiga Arriera (<i>Atta</i> spp.) 2/	49	18	25	22	5	5	22	24	3	25	13	0	7	2	5	26	15	8
Chinche de Encaje (<i>Vatiga manibotae</i>)	7	16	8	0	3	0	2	7	3	9	7	2	2	0	0	4	7	3
Gusano Cachón (<i>Erinnyis ello</i>)	2	0	5	19	2	0	2	0	0	5	0	0	7	11	0	7	2	1

1/ Orden basado en la segunda visita para el total de cultivadores (1 a 8 meses de edad después de siembra)

2/ Tres especies diferentes

Con base en las observaciones directas, se identificaron las especies de insectos, tipo de daño y porcentaje del área afectada

Evaluación de pérdidas

Los impactos sobre el rendimiento de la yuca, ocasionado: por el gusano cachón (*Erinnyis ello*), trips (*Frankliniella williamsi*) y los ácaros (*Oligonychus peruvianus*) se han evaluado bajo condiciones experimentales controladas. Después de conocer el índice de pérdida ocasionado por un insecto específico, las posibles pérdidas se pueden estimar en función del área y de la variedad de yuca sembrada, mediante la siguiente función:

$$P_i = (R_i) (A_i) (I_{ij}), \text{ donde}$$

P_i = pérdida en rendimiento (ton/ha) causada por la presencia del insecto en la región (i)

R_i = rendimiento promedio de la región (i)

A_{ij} = área donde se siembra la variedad (j) en la región (i)

I_{ij} = índice de pérdida causado por la presencia del insecto, al sembrar la variedad (j) en la región (i)

Resultados y discusión

En todas las regiones estudiadas se encontraron diversas especies de insectos, los cuales incluyen trips (*Frankliniella williamsi*), palomilla (*Aleurotrachelus* sp), mosca blanca (*Bemisia* sp. y *Trialeurodes* sp.), mosca del cogollo (*Silba pëndula*), mosca de la fruta (*Anastrepha* sp.) gusano cachón (*Erinnyis ello*), crisomélidos (*Diabrotica* sp), lorito verde (*Empoasca* sp.), chinche de encaje (*Vatiga manihotae*) y hormiga (*Atta* spp.). En regiones determinadas se detectaron especies localizadas, como el barrenador del tallo (*Acanthoderes*

Cuadro 3.—Porcentaje promedio del área sembrada afectada por insectos en cada una de las regiones y por visita.

Insectos 1/	Región I			Región II			Región III			Región IV			Región V			Total		
	1*	2*	3*	1*	2*	3*	1*	2*	3*	1*	2*	3*	1*	2*	3*	1*	2*	3*
Trips (<i>Frankliniella williamsi</i>)	20	14	14	36	36	22	52	69	28	35	62	16	18	29	8	33	43	18
Mosca Blanca (<i>Bemisia</i> sp. y <i>Trialeurodes</i> sp.)	22	34	19	7	2	0	14	7	6	6	13	3	8	15	6	9	12	5
Mosca de la Fruta (<i>Anastrepha</i> sp.)	0	2	0	9	26	8	0	6	0	2	1	2	1	10	2	4	11	4
Agallas (<i>Fam. Cecidomyidae</i>)	5	3	1	4	8	2	9	9	3	2	9	1	14	20	9	11	9	3
Acaros (<i>Oligonychus peruvianus</i>)	0	2	3	0	1	1	3	11	5	0	3	0	0	34	29	0	7	6
Mosca del Cogollo (<i>Silba pëndula</i>)	3	1	0	3	8	0	1	1	0	11	7	0	0	0	0	5	6	0
Palomilla (<i>Aleurotrachelus</i> sp.)	2	14	1	0	0	0	1	4	1	1	0	0	1	1	5	1	2	3
Hormiga arriera (<i>Atta</i> spp.) 2/	10	2	7	3	0	1	3	3	2	8	3	0	2	3	1	5	2	1
Chinche de Encaje (<i>Vatiga manihotae</i>)	1	3	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	9
Gusano Cachón (<i>Erinnyis ello</i>)	0	0	1	2	0	0	1	0	0	2	0	0	1	2	0	2	0	0

1/ Orden basado en la segunda visita para el total de cultivadores (1 a 8 meses de edad después de siembra)

2/ Tres especies diferentes

Cuadro 4—Medida de intensidad del daño por planta, ocasionado por cada uno de los insectos en las diferentes regiones durante las tres visitas^{1/}

Insectos 2/	Región I			Región II			Región III			Región IV			Región V			Total		
	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
Trips (<i>Frankliniella williamsi</i>)	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2
Mosca Blanca (<i>Bemisia</i> sp y <i>Trialeurodes</i> sp)	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2
Hormiga arriera (<i>Atta</i> spp) 3/	2	2	2	2	2	2	2	1	2	3	2	0	2	2	2	2	2	2
Mosca de la Fruta (<i>Anastrepha</i> sp)	2	2	0	2	2	2	0	2	2	2	1	2	2	3	2	2	2	2
Mosca del Cogollo (<i>Silba péndula</i>)	2	2	1	2	2	0	2	2	0	3	2	0	2	0	0	2	2	1
Gusano Cachón (<i>Erinnyis ello</i>)	1	0	1	2	1	0	1	0	0	3	0	0	1	2	0	2	2	1
Acaros (<i>Oligonychus peruvianus</i>)	0	2	2	1	2	1	1	2	2	0	3	3	2	3	3	1	2	2
Agallas (Fam. <i>Cecidomyidae</i>)	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1
Palomilla (<i>Aleurotrachelus</i> sp)	2	2	2	0	1	1	2	1	2	2	0	0	1	1	2	2	1	2
Chinche de Encaje (<i>Vatiga manibotae</i>)	2	1	1	0	1	0	1	1	2	2	2	1	1	0	0	2	1	1

1/ Medida de la presencia o del daño del insecto por planta: 1= Muy poco, promedio inferior al 10%; 2= Poco, promedio de 10-40%; 3= Regular, promedio de 40-70%; 4= Excesivo, promedio 70%

2/ Orden basado en la segunda visita para el total de cultivadores (1 a 8 meses de edad después de siembra).

3/ Tres especies diferentes

nigricans) en las Regiones I y II, el comején (*Coptotermes* spp) en las Regiones III, IV, V y los tierraños (*Agrotis ipsilon* y *Spodoptera frugiperda*) en la Región II.

Trips

En la mayoría de los cultivos visitados se encontraron daños causados por *F. williamsi*, especialmente en los cogollos terminales de las plantas, en los cuales se observó un desarrollo anormal, estrangulamiento y manchas amarillentas irregulares. Esto indica que los trips son una de las plagas más frecuentes de la yuca (Cuadro 2). Su presencia y severidad fue mayor en las Regiones III, IV y V, especialmente en plantaciones de cuatro a ocho meses de edad (Cuadro 3). Los síntomas del ataque cubrieron en promedio un 30 por ciento de la planta, especialmente en las épocas de verano (Cuadro 4).

Las evaluaciones de las pérdidas ocasionadas por los trips en yuca indican que, en los cultivares de resistencia intermedia y en los susceptibles, las pérdidas son del 11 y 15,4 por ciento, respectivamente (1).

Agallas

Las agallas (ocasionadas por especies de la familia *Cecidomyidae*), unas protuberancias de color amarillo verdoso a rojo y las cuales se localizan sobre la superficie foliar, fueron de mayor importancia relativa en el reconocimiento en comparación con otros insectos, probablemente debido a que se identifican fácilmente en el campo. Las agallas se presentaron en proporciones similares en las plantaciones de menos de cuatro y de cuatro a ocho meses de edad, pero el área afectada fue relativamente baja (Cuadros 2 y 3).

Palomilla y moscas blancas

La palomilla (*Aleurotrachelus* sp.) y las moscas blancas (*Bemisia* sp y *Trialeurodes* sp.) se presentaron asociadas con la fumagina, especialmente en la Región III. La palomilla se identificó mediante la detección de las pupas de coloración negra en las hojas amarillentas. Los adultos y las ninfas de la mosca blanca se observaron aproximadamente en un 40 por ciento de los cultivos visitados, lo cual indica que puede ser una plaga importante y que la yuca es un hospedero primario de este insecto (Cuadro 2).

El área afectada por *Bemisia* sp y *Trialeurodes* sp. corresponde aproximadamente a la cuarta parte del área afectada por *F. williamsi* (Cuadro 3); en la Región II, cafetera, con una altura promedio de 200 m s.n.m., se observó la mayor proporción. Las poblaciones de la mosca blanca se detectan al sacudir los cogollos de las plantas, Las pupas y las ninfas de este insecto se encuentran en el envés de las hojas bajas

Mosca del cogollo

Las larvas de la mosca del cogollo (*Silba péndula*) de color blancuzco, se observaron en las partes terminales de las plantas, donde generalmente aparece un exudado amarillento o marrón. Su ataque causa la muerte del cogollo, retarda el crecimiento normal de las plantas jóvenes e induce la emisión de retoños, los cuales también pueden ser atacados. Las plantas jóvenes son muy susceptibles, y las infestaciones más severas ocurren al comienzo de las lluvias, especialmente en las regiones de mayor altitud. Bajo condiciones experimentales se determinó que pueden reducir el rendimiento de la yuca (2).

Tierreiros

Los tierreiros (*Agrotis ipsilon* y *Spodoptera frugiperda*) se observaron en la parte basal del tallo hacia la superficie del suelo. Las larvas trozan el tallo en círculo y, por lo tanto, causan el marchitamiento y muerte de la parte superior de la plántula. Los tierreiros sólo se detectaron en el 2 por ciento de las plantaciones jóvenes en la Región II, y su presencia se favoreció debido a que anteriormente los suelos se habían cultivado con maíz.

Barrenador del tallo

Se observó la larva del barrenador del tallo (*Acanthoderes nigricans*) haciendo túneles en la parte aérea de la planta. El ataque se detectó por la presencia del aserrín, el cual salía de las galerías hechas por el insecto en las ramas infestadas. Los insectos se observaron en el sitio de infestación o distribuidos en el suelo debajo de la planta. Sólo se observó en el 2 por ciento de los cultivos visitados en la Región I, en plantaciones de ocho a doce meses de edad.

Cuadro 5 —Otras especies de insectos observadas por lo menos en una o más regiones

Especie	Región
<i>Empoasca</i> sp	I, II, III, IV, V
<i>Diabrotica</i> sp	I, II, III, IV, V
<i>Heterodermes</i> sp	III, IV, V
<i>Pblictænodes bifilialis</i>	I, II, III
<i>Agrotis ipsilon</i>	II
<i>Spodoptera frugiperda</i>	II
<i>Corynobyrops stenopterus</i>	II
<i>Saissetia miranda</i>	I
<i>Acanthoderes nigricans</i>	I

Comején

Las ninfas de comején (*Coptotermes* spp.) atacaron estacas de yuca en las Regiones de menor altitud, III, IV y V, pero en baja proporción (Cuadro 5). A pesar de que se alimentan principalmente del material de propagación almacenado, en la Región V, donde se presentan períodos de sequía más prolongados, se observó en plantas adultas cerca del corte superior de la estaca.

Acaros

Existen muchas especies de ácaros en el campo difíciles de identificar. La especie *Oligonychus peruvianus* reportada en este informe, coincide con la descripción que presenta el Informe Anual del CIAT de 1975 (3), en el cual se indica que la hembra teje una cubierta blanca sobre el envés de la hoja, generalmente a lo largo de la vena central y de las nervaduras laterales, y especialmente en las hojas inferiores. Los ácaros se presentaron con mayor intensidad en las Regiones III y V, especialmente en cultivos de cuatro a ocho meses de edad (Cuadro 2). Sin embargo, el área afectada fue muy baja, y sólo cubrió un 10 a 40 por ciento de la planta (Cuadros 3 y 4).

Las estimaciones experimentales indican que la presencia de ácaros en cultivos de yuca de cuatro a seis meses y de ocho a diez meses de edad, pueden reducir el rendimiento en un 25 por ciento. Cuando se presentan en plantaciones más jóvenes, las pérdidas pueden ser hasta de un 53 por ciento (3).

Gusano cachón

La plaga más conocida por los cultivadores de yuca es la larva del gusano cachón (*Erinnyis ello*), debido a su coloración, la cual puede ser amarilla, verde, roja o negra, a su tamaño que puede ser hasta de 10-12 centímetros antes de emigrar al suelo y a su voracidad

para destruir plantaciones grandes. Este insecto se presentó en bajas proporciones en todas las regiones. La mayoría de los huevos ovipositados sobre las hojas se observaron parasitados. Es probable que la poca utilización de insumos químicos, como insecticidas y fungici-

das, lo cual favorece el control biológico, fuera la causa de las bajas poblaciones de este insecto y de la baja proporción de área afectada en la muestra (Cuadros 2 y 3)

Cuadro 6—Producción de yuca y posibles pérdidas (tons) debidas a la presencia de los trips en las diferentes regiones estudiadas en Colombia.

Código	Nombre común de variedad	Área sembrada (%)	Área (ha)	Producción total por zonas (toneladas)	Clase de resistencia ^{6/}	Posibles Pérdidas (toneladas)
Zona I ^{1/}						
MCOL 265	Colorada, Vajuna	28,9	1888,33	8352,08	R	0
MCOL 211	Antonia, La Común	25,7	1679,24	7427,28	S	1143,80
MCOL 113	Valluna, Americana	21,6	1411,34	6242,36	R	0
MCOL 83	Aigodona	18,2	1189,19	5259,79	I	578,58
MCOL 237	Barranqueña	2,9	189,49	838,11	S	129,07
MCOL 7	Llanera, Ch Enana	2,7	176,42	780,31	S	120,17
	TOTAL	100,0	6534,00	28899,88		1971,62
Zona II ^{2/}						
MCOL 653	Ch, Ch-gallinaza, Ch-negra	97,9	6391,89	80748,75	S	12435,31
MCOL 7	Llanera, Ch-Enana	1,1	71,82	907,50	R	0
	Sin identificar	1,0	65,29	824,81	I	90,73
	TOTAL	100,0	6529,00	82480,86		12526,04
Zona III ^{3/}						
MCOL 466	Lengua de pisco	87,3	7142,89	21764,39	I	2394,08
MCOL 485	Negrita	0,5	40,91	124,65	R	0
	Sin identificar	12,2	998,20	3041,52	I	334,57
	TOTAL	100,0	8182,00	24930,55		2728,65
Zona IV ^{4/}						
MCOL 640	Ch-fina, Ch-colorada Ch-bolívar	40,4	4511,47	28106,46	I	3091,71
MCOL 653	Ch, Ch-gallinaza, Ch-negra	23,9	2668,91	16627,31	S	2560,61
MCOL 645	Ch-mona, Ch blanca	20,3	2266,00	14122,79	R	0
MCOL 705	Guajiba	12,7	1418,21	8835,45	S	1360,66
MCOL 660	Cadena	1,1	122,84	765,29	I	84,18
	Sin identificar	1,6	178,67	1113,14	I	122,44
	TOTAL	100,0	11167,00	69570,41		7219,60
Zona V ^{5/}						
MCOL 1418	Manteca, Secundina	52,0	4737,20	17158,44	R	0
MCOL 1869	Montero	16,8	1530,48	5543,40	R	0
MCOL 1820	Botoncito	6,2	564,82	2045,78	I	225,04
MCOL 1791	Blanquita	3,8	346,18	1253,86	R	0
	Sin identificar	21,2	1931,32	6995,24	I	769,48
	TOTAL	100,0	9110,00	32996,42		994,52

1/ Rendimiento promedio 4423 kg/ha

2/ Rendimiento promedio 12653 kg/ha.

3/ Rendimiento promedio 3047 kg/ha

4/ Rendimiento promedio 6230 kg/ha

5/ Rendimiento promedio 3622 kg/ha

6/ R = resistente; S = susceptible; I = intermedia.

Bajo condiciones experimentales se simuló el daño causado por el gusano cachón, mediante la defoliación parcial o total de las plantas en diversas épocas. Se encontró que el rendimiento no disminuye significativamente debido a una defoliación severa durante el último período de crecimiento de la yuca. Sin embargo, la defoliación reduce el rendimiento cuando ocurre en plantas jóvenes (1).

Hormigas

Los cultivadores conocen y controlan efectivamente las hormigas (*Atta* sp). Estas se presentaron con mayor intensidad y voracidad en los primeros estados de las plantaciones (Cuadro 2). Su daño se caracteriza por el corte de trozos de hojas en forma semicircular o por la defoliación total de la planta, incluyendo las yemas. La mayor proporción de área afectada se localizó en la Región I, y la menor en la Región V (Cuadro 3).

Otros insectos

Se identificaron otros insectos, los cuales hasta el momento no han causado daños severos al cultivo de la yuca. Estos incluyen el lorito verde (*Empoasca* sp.), los crisomélidos (*Diabrotica* sp.) y la cochinilla negra (*Saissetia miranda*). En algunas regiones localizadas se detectó el ataque de barrenadores del tallo de yuca, como el lepidóptero (*Phlictaenodes bifilialis*) en las Regiones I, II, III y los insectos (*Corynothrips stenopterus* y *Acanthoderes nigricans*) en las Regiones I y II, respectivamente (Cuadro 5).

Pérdidas ocasionadas por los trips

Debido a que los trips fueron la plaga que se presentó con mayor frecuencia en los cultivos visitados, se estimaron las posibles pérdidas causadas por su presencia en las regiones estudiadas, con base en los índices de evaluación elaborados por la Sección de Entomología del Programa de Yuca del CIAT, y la función matemática que aparece en la sección Metodología de este artículo.

En el Cuadro 6 se presentan los nombres comunes de los cultivares de yuca sembrados en el campo, su correspondiente código de identificación en el banco de germoplasma del CIAT, su nivel de resistencia o susceptibilidad a los trips y estimativos de las pérdidas ocasionadas por esta plaga en las diferentes regiones.

La mayor proporción del área sembrada con variedades susceptibles a los trips se presentó en la Región II. En esta región se observó el rendimiento más alto de la muestra. Bajo el supuesto de que las condiciones tecnológicas actuales no varíen y se continúen sembrando las mismas variedades de yuca, se esperaría una pérdida en rendimiento del 15 por ciento, lo cual equivale a 12 500 toneladas de yuca. La Región V fue la menos afectada por los trips.

Es importante tener en cuenta que los resultados obtenidos sólo son aproximados a lo que podría suceder bajo condiciones de campo, puesto que los índices se calcularon bajo condiciones experimentales, donde las condiciones son diferentes.

Conclusiones

Dado de que los insectos reportados se encontraron en todas las regiones visitadas, se considera que las condiciones ambientales juegan un papel secundario en la presencia de algunas especies bajo diversas condiciones ecológicas. Actualmente, la yuca es el hospedante principal del chinche de encaje y del gusano cachón, pero puede ser un hospedante secundario para muchos insectos, como el lorito verde, los crisomélidos y las hormigas. A pesar de que las condiciones ambientales juegan un papel secundario con relación a la presencia del insecto, pueden tener importancia en cuanto a su población. En términos generales, se observó que a medida que se descendió en altura y aumentó la temperatura promedio, aumentó la proporción de cultivos atacados y el área promedio afectada por algunos insectos, especialmente por los trips, las agallas, la mosca blanca y el comején. Por otra parte, la palomilla y el chinche de encaje tienden a ser más frecuentes a medida que se asciende sobre el nivel del mar.

Se concluyó que en el cultivo de yuca se presentan plagas de importancia económica, es decir, que pueden reducir los rendimientos. Además se presentan plagas ocasionales que no causan ningún impacto desfavorable sobre el rendimiento. Las condiciones climáticas juegan un papel importante en la población de los insectos, y por consiguiente, en la severidad del ataque.

Resumen

Se identificaron aproximadamente 20 especies de insectos que atacan la yuca en diferentes estados del crecimiento del cultivo y en diferentes épocas del año, en diversas regiones de Colombia. Los trips (*Frankliniella williamsi*), las moscas que producen las agallas (especies de Cecidomyiidae) y las moscas blancas (*Bemisa* sp. y *Triaenodes* sp.) se presentaron en más del 50 por ciento de los cultivos visitados. Las especies *Anastrepha* sp., *Empoasca* sp., *Vatiga manibotae* y ácaros de la especie *Oligonychus peruvianus* se presentaron en todos los estados de crecimiento del cultivo. Se observó un alto grado de parasitismo de huevos de *Erimyia ello*. Existen plagas localizadas en ciertas regiones, como los tierreros (*Agrotis ipsilon* y *Spodoptera frugiperda*) al norte del Departamento del Valle y del Quindío, y los barrenadores del tallo (*Acanthoderes nigricans*) en el Departamento del Cauca. Se estimaron las posibles pérdidas en rendimiento causadas por los trips.

Literatura citada

- 1 CENTRO INTERNACIONAL de Agricultura Tropical (CIAT) Informe Anual, 1974. Sistemas de producción de yuca. CIAT, Cali, Colombia, 1975 p. 77-78.
- 2 ————— Informe Anual, 1974. Sistemas de producción de yuca. CIAT, Cali, Colombia, 1975 p. 76.
- 3 ————— Informe Anual, 1975. Sistemas de producción de yuca. CIAT, Cali, Colombia, 1976 P. B-30.

Reseña de Libros

PRANCE, GILLEAN T. y ELIAS, THOMAS S. (editores). Extinción is forever: threatened and endangered species of plants in the Americas and their significance in ecosystems today and in the future. Proceedings of a symposium held at the New York Botanical Garden, May 11-13, 1976. New York, The New York Botanical Garden, 1977. 437 p.

Una de las numerosas conmemoraciones del Bicentenario de los Estados Unidos de América permitió la realización de este excelente y original simposio que reunió a más de 150 participantes incluyendo unos 20 científicos de América Latina. Las actas constituyen los trabajos presentados así como las discusiones que se suscitaron. Entre los apéndices figuran una bibliografía sobre especies vegetales amenazadas de extinción, la convención de la OEA (antes Unión Panamericana) de 1940; la convención sobre comercio internacional de especies amenazadas de extinción y la Ley 93-205 de los Estados Unidos sobre especies amenazadas de extinción.

Para América Latina las contribuciones más importantes fueron de A.P. Vovides y A. Gómez Pompa para México; un estudio de W.G. D'Arcy para Centro América; Richard A. Howard para las islas del Caribe; Alvaro Fernández-Pérez para Colombia; Julián A. Steyermark para Venezuela, Alwyn Gentry para Ecuador y la Amazonia peruana; Ramón Ferreyra para los Andes y la costa del Perú; João Murca Pires para la Amazonia brasilera; G. Prance sobre la selección de reservas biológicas en Amazonia; A.J. Goadland y H.S. Irwin sobre aspectos de conservación del bosque amazónico y el cerrado; Dárdamo de Andrade Lima sobre el Noreste brasilero; Elías R. de la Sota para Argentina y Angel L. Cabrera sobre especies críticamente amenazadas en Argentina.

Asimismo, hubo trabajos sobre grupos en especial como las Iridaceae y Amarylidaceae de Pierfelice Ravenna (Chile); Palmas de Harold E. Moore; Cac-

taceae de Lyman Benson; Orquídeas de Carl Withner; Pteridofitas de John T. Mickel

La última parte del simposio incluyó tópicos especiales sobre problemas de "rareza" de K. Kubitzki; el balance entre conservación y uso en los trópicos húmedos de Paulo de T. Alvim, con ejemplos de Brasil; cooperación internacional de Grenville Lucas (UICN); estrategias para salvar especies de la extinción, con América Central como marco, de Gerardo Budowski

Un panel que incluyó R. Goadland (presidente), G. Budowski, Paul Richard y T. Whitmore permitió ventilar una serie de preguntas del público. Allí se hizo patente la considerable diferencia de criterios que existe en cuanto a la justificación de plantaciones de pinos y eucaliptos, aún en terrenos degradados, para aliviar la presión sobre bosques naturales.

En resumen, se trata de una utilísima referencia sobre un tópico muy actual y de gran utilidad no solo para los botánicos sino también para los organismos encargados de velar sobre el patrimonio científico y desde luego los que planifican y manejan parques y reservas.

Un incidente triste marcó este simposio. En el momento de presentar su trabajo el Profesor Carlos Muñoz Pizarro de Chile, falleció de un infarto. Botánico eminente, recibió entre muchos otros honores la Medalla Agrícola Interamericana (1973) y fue autor de la única lista de especies amenazadas de extinción que se había publicado entonces para algún país (Chile).

Los miembros del simposio decidieron dedicar unánimemente las Actas en su memoria e incluyeron su valiosa lista en la publicación. Ningún homenaje pudo haber sido más justo y significativo.

GERARDO BUDOWSKI
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE
INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CAIIE)
TURRIALBA, COSTA RICA

Effect of staking on yield and quality of indeterminate beans*

O. T. EDJE**, I. K. MUGHOGHO**

COMPENDIO

Frijoles trepadores (Phaseolus vulgaris L.) se sembraron en lomos de surco de 91 cm. en tres campañas para comparar los efectos de estacado vertical y horizontal, y no estacado, sobre el rendimiento en semilla y la calidad de la semilla de los frijoles. Los rendimientos en grano, reunidos todas las campañas, para los métodos de no estacado, y estacado vertical y horizontal fueron 1178, 2069 y 2061 kg/ha, respectivamente, lo que indica que los métodos de estacado vertical y horizontal tuvieron resultados comparables. Fue más fácil que los tallos treparan en estacas rugosas que en lisas. El estacado también produjo granos de mejor calidad debido a que las vainas estuvieron más alejadas del suelo, lo que dio lugar a que menos vainas estuvieran en contacto con la tierra.

Introduction

THE common bean, *Phaseolus vulgaris* L., is an important food crop in Malawi where the types grown are mostly the indeterminate (climbing) ones and are used as dry beans although the leaves are sometimes plucked before pod set and used as green vegetable. The indeterminate types are generally grown as intercrop with maize where the maize provides support for the bean. Bean yields from such a mixed cropping system are usually low presumably because of low plant population of the bean crop, 24,000-36,000 plants/ha, in the mixture (4), poor planting pattern (3), shading of the beans by the associated crop (2), and competition for factors of production (1). The low bean yields in the mixed cropping system would suggest that the genetic potential of the existing cultivars is not exploited maximally. One method of exploiting these cultivars fully could be by planting them as a pure crop while substituting stakes for the maize crop.

The objective of this trial, was therefore, to compare the effects of staking methods on the seed yield and seed quality of indeterminate beans

Materials and methods

1971/72 experiments

Two indeterminate bean cultivars, one dry bean (cv. 336) and one canning bean (cv. 1200), were planted on 20th December, 1971, at Bunda College Farm (altitude 1,118 m, 33° 46' S and 14° 11' E) on sandy clay loam soil. The soil analysis data were: pH 6.5; total nitrogen 0.16; available phosphorus 5.8 µg; exchangeable potassium 0.70 meq/100 g soil; exchangeable calcium 6.6 meq/100 g soil; exchangeable magnesium 2.34 meq/100 g soil; C/N ratio, 10.7; and CEC, 11.3. Three staking methods were compared. These were 1) no staking where bean plants were left prostrate on the ridge but with vines trained within plants on each other on the ridge 2) vertical staking, by using reeds 1.7 m tall which were spaced 30.0 cm apart with each reed (stake) providing support for 2 plants and 3) horizontal staking, these were reeds 1-m tall spaced 1 m apart and 4-m reeds were tied to the vertical stakes at 0.5 m apart to form four tiers. Compound B fertilizer (4-7.8-12.5; N-P-K) which also contains 9.0% S and 0.1% B was applied to all plots before planting. The design was a split plot with cultivars as the main plot and staking method as the subplots. Each treatment which was replicated 10 times consisted of 3 ridges 91 cm apart and 4 m long. The

* Received for publication July 14th, 1977

** Crop Production Department, Bunda College of Agriculture, P. O. Box 219, Lilongwe, Malawi. Present address of Dr. Edje is CIAT, Cali, Colombia

distance between plants within ridges was 15 cm. Pests were controlled by spraying with rogor (dimethoate). Yield and other agronomic parameters were determined from 4 m of the middle ridge. Seed yield was the weight of all seeds obtained on 3.9 mm circular screen. All seeds retained on 3.9 mm circular screen were divided into two groups namely: saleable and unsaleable. The unsaleable seeds were beans which were shrivelled and/or discoloured as a result of infection by fungal and bacterial pathogens in or on the seed coat as well as by contact with water or the soil. Pods/m² was calculated using seeded pods. Pod length was the average length of ten pods per treatment and the number of seeds per pod was determined from the ten pods.

1972/73 experiment

During the 1972/73 growing season, cultivars 336 and 1200 were also grown at Bunda College Farm on 1st December, 1972, on a sandy clay soil. The soil analysis results were pH, 6.0; total nitrogen 0.9%; available phosphorus, 4.0 µg; exchangeable potassium 1.16 meq/100 g soil; exchangeable calcium 8.80 meq/100 g soil; exchangeable magnesium 2.70 meq/100 g soil; C/N ratio, 10.4; and CEC, 15.24. The staking methods were essentially the same as the 1971/72 experiment except that sticks, with fairly rough surface, were used for staking instead of reeds. This was because reeds were too smooth for easy training of bean vines. The sticks used for the vertical and those vertical sticks used for the horizontal support were 2.0 and 1.2 m long, respectively, instead of 1.7 and 1.2 m long as in the previous year. The design was a split plot with cultivars as the main plot and staking methods as the sub-plot. Compound L (8.0-6.5-8.3; N-P-K) fertilizer which also contains 9.0% S and 0.1% B was applied at the rate of 400 kg/ha. Each treatment, which was replicated 8 times, consisted of 4 ridges 91 cm apart and 4 m long and the distance between plants within ridges was 15.0 cm which gave a plant population of 73,260 plants/ha. Yield and other agronomic characteristics were determined as for the 1971/72 experiment. However, pods were divided into seeded and non-seeded (empty).

1973/74 experiment

Cultivar 1200 was planted at Bunda College on 5th January, 1973, on a sandy clay loam soil. The soil analysis data were: pH, 6.3; total nitrogen, 0.15%; available phosphorus, 13.2 µg; exchangeable potassium 0.70 meq/100 g soil; exchangeable calcium, 6.8 meq/100 g soil; exchangeable magnesium, 0.71 meq/100 g soil; C/N ratio, 14.0; and CEC, 10.3.

Four staking methods were compared. The first one was no staking in which plants were left prostrate on the ground and the vines were not trained within the ridge. The last three of these were essentially the same as for the 1971/72 and 1972/73 experiments. The design was a randomized block and each treatment, which

was replicated five times, consisted of three ridges each 10 m long. Ridges were 91 cm apart and the distance between plants on the ridge was 15 cm producing a plant population of 73,260 plants/ha. Each treatment received 400 kg/ha of compound L (8.0-6.5-8.3; N-P-K) fertilizer before planting. Yield and yield components were determined from 10 m of the middle ridge and only yield of saleable seeds was determined. Pods were separated into pod frequency from 0 (empty), to 9-seeded pods/m². Seed/pod ratio was the weight of saleable seed expressed as a percentage of saleable seeds plus shell weight.

Results

1971/72 Season

Yield and yield components

Staking increased seed (saleable) yield significantly at $P = 0.05$ (Table 1). For instance, the vertical and horizontal methods of staking yielded 46.1 and 38.2%, respectively, over the control (no staking). However, there was no significant difference between the vertical and the horizontal methods of staking. Cultivar 336 yielded consistently higher (6.4%) than 1200; but the difference was not significant. The yield of cv. 1200 was lower than expected. This might have been due to an attack of bean fly, *Agomyza (Melanogromyza) phaseoli* Cop which caused the stem of such tender plants to break during training.

Staking improved seed quality significantly ($P=0.05$) with vertical and horizontal staking methods producing 65.4 and 68.9%, respectively, higher quality seed than the control. Staking also increased the number of pods/m² with the vertical and the horizontal staking methods producing 22.3 and 19.3% more pods/m², respectively, than the unstaked treatment. Neither seeds/pod nor pod length was significantly affected by staking method.

1972/73 Season

Yield and yield components

As in the 1971/72 season, staking increased seed (saleable) yield significantly ($P = 0.05$) with control, vertical and horizontal staking methods (pooled over cultivars) producing 1,296, 1,784 and 1,968 kg/ha, respectively (Table 2). The yield difference between vertical and unstaked; and horizontal and unstaked plants were 37.7 and 51.8%, respectively. However, the weights of unsaleable seeds, pooled over cultivars, were 139, 18 and 34 kg/ha, respectively, indicating that vertical and horizontal staking methods produced 86.8 and 75.6% higher quality seed than the unstaked plants. Vertical and horizontal staking methods produced 6.9 and 10.0% more seeded pods/m² than the plants that were left prostrate on the ridge. The number of empty

Table 1—Yield and yield components of two bean cultivars at three staking methods (1971/72)

Cultivar	Staking Method	Yield (kg/ha)		Seeded pods/m ²	Seeds/pod	Pod length (cm)
		Sale-able	Unsale-able			
356	No staking	1,560	90	148.0	6.2	10.5
	Vertical staking	2,310	28	180.0	6.4	10.7
	Horizontal staking	2,090	19	157.0	6.4	10.8
	Mean	1,990	46	161.7	6.3	10.7
1200	No staking	1,150	85	234.0	5.5	8.0
	Vertical staking	2,090	32	312.0	5.6	8.3
	Horizontal staking	2,070	35	298.0	5.8	8.3
	Mean	1,870	50	281.5	5.6	8.2
	S E \pm	187	12	14.7	0.13	0.4
	Means: No staking	1,505	87	191.0	5.9	9.3
	Vertical staking	2,200	30	246.0	6.0	9.5
	Horizontal staking	2,080	27	228.0	6.1	9.6
	S E \pm	132	9	10.4	0.09	0.07

Table 2—Yield and yield components of two bean cultivars at three staking methods (1972/73)

Cultivar	Staking Method	Yield (kg/ha)		Pods/m ²		Seeds/pod	Pod length (cm)
		Sale-able	Unsale-able	Seeded	Empty		
356	No staking	1,239	201	161.3	6.7	6.0	10.2
	Vertical staking	1,952	23	180.1	11.1	5.9	10.4
	Horizontal staking	2,059	50	168.2	11.0	6.2	10.9
	Mean	1,763	91	169.9	9.6	6.0	10.5
1200	No staking	1,356	76	231.8	14.0	5.1	8.3
	Vertical staking	1,618	13	245.6	15.7	5.1	7.8
	Horizontal staking	1,857	18	267.7	15.1	5.6	8.3
	Mean	1,605	36	249.4	14.9	5.3	8.1
	S E \pm	205	47	10.4	1.4	0.14	0.20
	Means: No staking	1,296	139	198.1	10.4	5.6	9.3
	Vertical staking	1,785	18	213.0	13.4	5.5	9.1
	Horizontal staking	1,968	31	218.0	13.1	5.9	9.6
	S E \pm	145	33	7.4	1.0	0.08	0.14

Pods/m² also followed the same pattern of response as that of the seeded pods/m². As in the previous year, staking method had no significant effect on the number of seeds/pod and pod length

1973/74 Season

Seed Yield

Seed yield (kg/ha) increased significantly ($P=0.05$) with staking methods and vertical method of staking, which had the highest yield (2,223 kg/ha), produced 143% more than the control (no staking and no vine training). Yield (g/plant) also increased significantly ($P=0.05$) with staking method with the vertical and horizontal staking methods yielding 50.3 and 45.6% more g/plant, respectively, than the control (Table 3)

Components of yield

The effects of staking method on pod characteristics are presented in Table 4. Plants trained on stakes produced more pods/m² than unstaked plants with vertical and horizontal methods of support producing 58.7 and 34.0% more pods/m², respectively, than control. The number of pods/m² for no staking and no vine training and no staking but vine training more comparable. Pods with six seeds occurred more frequently with unstaked plants while seven-seeded pods occurred more frequently with staked plants. Staking increased pod length with vertical and horizontal staking methods producing 17.4 and 44.9% longer pods, respectively, than the control.

Generally, pods with six or seven seeds had a higher yield contribution to total yield than others. Six-seeded pods produced 26.5% of the total seed yield of unstaked plants while pods with seven seeds had 35.2% of the total yield of staked plants. The shelling percentage (seed/pod ratio $\times 100$) increased with additional seeds/pod with the one- and the nine-seeded pods having 49.9 and 79.4 shelling percentage, respectively

Discussion

Yield and yield components

The seed yields, pooled over three years for unstaked, vertical and horizontal staking were 1,178, 2,069 and 2,061 kg/ha, respectively, thereby indicating that staking, either vertical or horizontal methods increased, seed yield when compared with the control treatment. However, vertical and horizontal staking methods had comparable results. The increase in yield with staking could be attributed to, among other factors, better exposure of leaves to solar radiation, and of more vigorous growth and development of the staked than the unstaked plants. The staked plants which grew much taller might have had more area for pod set as compared to the unstaked plants which were much shorter and the concentration of pods on a relatively, smaller area might have increased competition for "sink" site

Consequently, there were fewer pods/plant and per m² for the unstaked than the staked plants. For instance, the number of seeded pods/m², pooled over the three years, were 169.2, 231.4 and 221.6 for unstaked, vertical and horizontal staking, respectively, and the correlation coefficient between seeded pods/m² and saleable yield was 0.673 ($r^2 \times 100 = 45.3$) indicating that 45.3% of the variation in seed yield could be accounted for by difference in pods/m²

It was easier to train vines on stakes with rough than on stakes with smooth surfaces and in vertical than in horizontal supports. In vertical method of staking, once the stakes were set in position and the vines trained early in the season before they coiled, vine training was not a problem and needed little or no attention thereafter because the vines were able to "train" themselves on the stakes. However, with the horizontal staking, much attention and care were needed to ensure that the vines were trained along the appropriate tier and with least damage. Delay in vine training meant unwinding the vines from the tier and training them on the upper one which resulted in stem breakage.

Despite these limitations, the results showed that with care, comparable results could be obtained from both methods. This would suggest that a smallholder who has no difficulty in obtaining stakes would use the vertical methods. However, in areas where stakes are scarce, the horizontal method would be preferred. Here the farmer could use a few strong vertical stakes with dried maize or sorghum stalks forming the horizontal tiers

Staked plants produced higher quality seeds than unstaked plants. The increase in seed quality with staking was mainly due to higher pod clearance above the ground and less denser canopy which made the microclimate around the staked plants less humid. Consequently, there were fewer pods resting on the damp soil thereby reducing the number of pods and seeds discoloured by microbial growth.

Table 3.—Yield of one bean cultivar at four staking methods (1973/74).

Staking Method	Yield			
	kg/ha	Increase (%) over control	g/plant	Increase (%) over control
No staking and no vine training (control)	916	—	21.1	—
No staking but vine training	993	8	22.8	8
Vertical staking	2,223	143	50.3	138
Horizontal staking	2,136	134	45.6	116
Mean	1,567	—	35.0	—
S.E. \pm	182	—	4.0	—

Table 4.—Number of pods/m², pod length, percentage yield contribution of seeded pods and shelling percentage of a bean cultivar at four staking methods.

Staking Method	Pod description (number of seeds/pod)											Total	Mean	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Pods/m ²														
No staking and no vine training	15.4	6.4	14.3	20.6	26.2	27.9	29.2	16.0	1.2	—	157.2	—		
No staking but vine training	15.5	7.1	11.6	22.4	26.9	25.5	28.5	19.6	1.1	—	161.3	—		
Vertical staking	14.2	5.9	10.1	34.6	24.0	35.2	50.5	60.0	15.1	0.1	249.5	—		
Horizontal staking	19.6	6.9	12.1	19.8	26.4	38.0	48.9	56.4	10.1	0.1	238.3	—		
Mean	16.2	6.6	12.8	24.4	25.9	31.7	39.2	38.0	6.9	0.1	—	—		
Pod length (cm)														
No staking and no vine training	6.6	6.6	6.3	6.9	7.6	7.8	8.1	8.7	9.1	—	—	7.5		
No staking but vine training	6.2	6.7	6.4	7.0	7.2	7.6	8.2	8.2	9.0	—	—	7.4		
Vertical training	6.3	7.0	7.2	7.6	8.0	8.1	8.6	9.0	9.3	10.0	—	8.1		
Horizontal training	6.9	7.3	7.7	8.3	8.2	8.5	8.8	9.7	9.7	9.9	—	8.5		
Mean	6.5	6.9	6.9	7.5	7.8	8.1	8.4	8.9	9.3	10.0	—	—		
Yield contribution (%) by each pod characteristic														
No staking and no vine training	—	0.9	3.8	9.0	15.9	22.6	26.8	19.4	1.6	—	—	—		
No staking but vine training	—	0.9	4.0	9.0	16.8	23.6	26.1	18.2	1.4	—	—	—		
Vertical training	—	0.4	1.6	4.0	7.8	14.6	25.6	35.9	10.0	0.1	—	—		
Horizontal training	—	0.5	1.9	4.8	8.4	16.2	26.7	34.4	7.0	0.1	—	—		
Mean	—	0.6	2.8	6.7	12.2	19.3	26.3	27.0	5.0	0.1	—	—		
Shelling percentage (Seed/pod) ratio X 100														
No staking and no vine training	—	48.9	61.8	61.9	71.2	75.9	77.0	78.2	79.3	—	—	69.7		
No staking but vine training	—	50.3	65.7	69.2	74.2	76.5	78.0	78.3	78.5	—	—	71.3		
Vertical training	—	49.7	62.3	69.0	72.1	74.3	73.9	76.7	77.4	81.0	—	70.7		
Horizontal training	—	50.8	64.9	68.9	72.5	75.0	76.6	77.8	77.8	77.7	—	71.3		
Mean	—	49.9	63.7	67.3	73.3	75.4	76.4	77.8	78.3	79.4	—	—		

Summary

Indeterminate beans (*Phaseolus vulgaris* L.) were grown on 91-cm ridges in three seasons to compare the effects of no staking, vertical and horizontal staking on the seed yield and seed quality of beans. The seed yields, pooled over years, for no staking, vertical and horizontal staking methods were 1,178, 2,069 and 2,061 kg/ha, respectively, indicating that both vertical and horizontal methods of staking had comparable results. It was easier to train vines on rougher than on smoother stakes and on vertical than on horizontal stakes.

Staking also produced higher quality seeds because of higher pod clearance above the ground which resulted in fewer pods resting on the ground with staked than with unstaked plants.

Literature cited

1. ENYI, B. A. C. Effects of intercropping maize or sorghum with cowpeas, pigeon peas or beans. *Experimental Agriculture* 9: 83-90 1973.
2. EVAN, A. C. Studies of intercropping. 1. Maize or sorghum with groundnuts or soya beans. *East African Agricultural and Forestry Journal* 28: 7-8 1960.
3. FREYTAG, G. F. Agronomic practices for food legume production in Latin America. Papers presented in Seminar on potentials of field beans and other food legumes in Latin America. Series Seminars N° 2E 199-217. 1973.
4. SPURLING, A. T. Field trials with Canadian wonder beans in Malawi. *Experimental Agriculture* 9: 97-105 1973.

Reseña de Libros

EHRlich, PAUL R., EHRlich, ANNE, H y HOLLDRÉN, JOHN P. *Ecoscience: population, resources, environment* San Francisco, W.H. Freeman, 1977. 1051 p

Esta edición considerablemente revisada de la obra del mismo título (pero sin la palabra *Ecoscience*), es posiblemente en la actualidad el mejor y más completo libro sobre la interrelación entre población, recursos, energía y el medio ambiente.

Aunque son bien conocidos los puntos de vista del autor principal sobre el impacto devastador del aumento acelerado de población sobre recursos y sobre la deterioración del ambiente, el libro está escrito en forma moderada, con un esfuerzo real de ofrecer un punto de vista tan objetivo como posible, presentando a veces los diferentes enfoques que existen sobre un mismo tema.

El libro se ha dividido en diferentes secciones, todas con un planteamiento eminentemente ecológico del sistema "planeta tierra" y sus numerosos subsistemas. Sobre todo se ofrecen datos, gráficos, y numerosas tablas; en fin, una amplia información de base, complementada por una admirable cantidad de referencias e índices de materias y de autores citados (varios miles).

En un libro de esta envergadura con un campo tan amplio de "interacciones" es difícil apuntar fallas sin caer en opiniones subjetivas. Una impresión general es que la base es demasiado norteamericana y que las inevitables generalizaciones para los trópicos en general no toman suficientemente en cuenta las regiones de mediana elevación donde en muchos países se encuentra concentrada la mayor parte de la población y donde se encuentran a menudo las zonas más productivas para agricultura. Hay una gran diferencia entre trópicos de altura y de bajura y éste no se destaca suficientemente.

Los capítulos sobre los futuros prospectos de la producción de alimentos, la discusión sobre revolución verde y sus limitaciones, el actual y futuro uso de energía, la disrupción de sistemas ecológicos (incluyendo las contaminaciones) son particularmente sobrios y deberán ser material de estudio para todos los que se interesan en estos temas. Es inescapable la conclusión de que el futuro de planeta tierra está en serio peligro.

Se trata pues de un libro que no sólo es excelente como referencia, sino también prácticamente una enciclopedia de la ecología moderna. Cómo es posible abarcar tanto y en forma relativamente tan concisa, no es fácilmente explicable y los autores merecen nuestra gratitud por acopiar, sintetizar, analizar y correlacionar la abundante y dispersa información disponible.

GERARDO BUDOWSKI
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE
INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (CAIIE)
TURRIALBA, COSTA RICA

BLASCO LAMENCA, MARIO y SALINAS BARRETO, LUIS, eds. *Reunión Técnica Regional sobre Transferencia de Tecnología Agrícola a los Productores*, Maracay, Venezuela, 26-30 mayo 1975. Lima, IICA Zona Andina, 1977, 231 p. (Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones N° 83).

Después de algún tiempo de haber prácticamente abandonado los programas de extensión agrícola, los gobiernos latinoamericanos han vuelto la mirada nuevamente a los agentes de cambio y han reanudado sus esfuerzos en la acción más cercana al agricultor, esta vez con el nombre de transferencia de tecnología agrícola.

Una de las reuniones más importantes sobre este tema se realizó en Maracay, Venezuela, en 1975. Los trabajos que allí se presentaron están contenidos en este volumen, publicado en Lima por la Zona Andina del IICA.

Lo que distingue este volumen de otros similares es la preponderancia de trabajos que examinan la realidad actual y estudian casos, frente a discusiones "conceptuales" que no miran al agro sino a las ideas de lo que Joan Robinson llama "ideólogos urbanos", que hasta hace poco eran muy visibles en este tipo de reuniones. Los trabajos se agrupan en dos tipos: a) informes sobre la transferencia de tecnología en países individuales; aquí hay información de valor sobre los éxitos y fracasos de las estrategias y tácticas empleadas en los planes de mejoramiento de la agricultura, los que deben ser estudiados para evaluar y aprovechar experiencias; y b) trabajos de especialistas en investigación, sistemas de producción, política económica, comunicación y educación, los que en gran parte exponen ideas, producto de observaciones en el mismo terreno, sobre la forma como funciona en los países andinos la transferencia de tecnología agrícola. Destaca en este grupo el trabajo de los organizadores del certamen, Mario Blasco y Guillermo Guerra, quienes en forma clara y ordenada presentan las relaciones de la investigación con la transferencia tecnológica, su situación en la región, los problemas de la transferencia, y las soluciones propuestas.

Contrastan con estos trabajos, aquellos pocos que se han limitado a especulaciones teóricas y no a los problemas del agro de América Latina. Un caso típico es el que trata de la educación y transferencia, (pp 197-225). Difunde las ideas contenidas en libros de gente como Max Weber (sobre la ética protestante), Marcuse (sobre el hombre unidimensional), Bloch (el principio de la esperanza), cuya pertinencia con los problemas de nuestros campesinos no es fácil discernir. Más que la relación entre la educación y el desarrollo rural, al autor aparentemente le interesa la formación de un nuevo hombre, que piense según modelos teóricos y que actúe condicionado a un marco ideal. Este es, aun en el mejor de los casos, un programa a muy largo plazo. Pero los problemas de nuestro agro son urgentes; no hay tiempo para esperar esta nueva creación.

Análise de compostos fenólicos em folhas de cafeeiros resistentes e susceptíveis a *Hemileia vastatrix*^{*/1}

H.V. AMORIM**, M.L.M. ALVARES**, C.R. LOPES***, A. CARVALHO***, I.C. MONACO***

ABSTRACT

The possible relationship between the phenolic compounds in healthy coffee leaves of resistant and susceptible varieties to leaf rust (*Hemileia vastatrix*) was investigated. Young and adult leaves were used for phenolic compounds extracted with 80 per cent methanol and the volume reduced under vacuum. Bidimensional paper chromatography was used for separation of the phenolic compounds, and ultra-violet light (short and long) and different reagents were used for tentative identification. Qualitative differences were found between young and adult leaves (These, differences were not associated with the coffee genotype for resistance to the agent of disease). Resistance to *Hemileia vastatrix* conditioned by SH₂ gene is not associated with phenolic compounds found in the leaves before spore infection. The mechanism of resistance probably is triggered after or during spore germination. The possibility that non phenolic compounds are associated with resistance cannot be excluded.

Introdução

DENTRE os vários compostos relacionados aos mecanismos de resistência a molestias nos vegetais, os fenóis ocupam lugar de destaque, por serem os mais amplamente distribuídos e por terem sido, até o momento, comprovadamente responsáveis pelo maior número de exemplos de resistência e recuperação ao ataque de vários patógenos (25, 7, 28, 14, 8)

Dos mecanismos de resistência conhecidos nenhum deles até o momento foi completamente esclarecido do ponto de vista bioquímico.

Resistência devido à presença de substâncias tóxicas aos patógenos, foi verificada em variedades de cebola resistentes a *Colletotrichum circinans* (26). Plantas resistentes apresentavam níveis mais altos de flavonas, antocianinas, ácido protocatéquico e catecol do que as plantas susceptíveis. Outros trabalhos como os de Martin *et al.* (17) e os de Lee e Le Tourneau (15) comprovaram o mesmo mecanismo de resistência

Apesar dessas provas, vários autores (9, 10, 27) têm apresentado resultados, em outros vegetais, que não confirmam o papel dos compostos fenólicos como determinantes de resistência a molestias

Quanto à formação de substâncias tóxicas aos patógenos após a infecção, diversos trabalhos provam que há um aumento rápido e considerável no teor de compostos fenólicos das plantas hospedeiras após a infecção (22, 23, 12). Kuc (14), enumera uma série de compostos fenólicos sintetizados pelas plantas em resposta a infecção e a injúrias mecânicas, como o ácido cafeico, ácido clorogênico, faseolina, pisatina, orcinol, floretina, hidroquinona e escopolitina. Quanto a essas substâncias, as fitoalexinas, é necessário lembrar que a síntese e seu acúmulo não são especificamente induzidos por patógenos. Estímulos químicos e mecânicos também induzem sua produção (24, 19, 6). Provavelmente as plantas em geral têm o poder de sintetizá-las e a infecção pelo patógeno poderia ser considerada apenas como um desencadeador dessa síntese pelo hospedeiro.

No que se refere ao cafeeiro, Echanti e Fernández (7) estudaram o mecanismo de resistência ao cancro do tronco causado por *Ceratocystis fimbriata*, tendo verificado ocorrência de um maior teor de ácidos fenólicos (clorogênico, férulico, caféico, p-cumárico) nas plantas resistentes e nos troncos jovens. Por sua vez, Zuluaga *et al.* (28) verificaram que a resistência do cafeeiro ao ataque de *C. fimbriata* esta diretamente relacionada com

* Recebido para publicação 12 maio 1978

1/ Com ajuda do Instituto Brasileiro do Café C. R. Lopes é atual Instituto Básico de Biologia Médica e Agrícola, UNESP - Botucatu, S. P., Caixa Postal 102-CEP18600, Brasil

** Departamento de Química, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP Piracicaba, S. P. Brasil 13400.

*** Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo - Campinas S. P. Brasil - Caixa Postal 28 - CEP 13100, Brasil.

o maior teor de ácidos fenólicos e inversmente com o maior teor de compostos flavonóides (flavonas, antocianinas, etc.).

Quanto às bases bioquímicas da resistência do cafeeiro a *Hemileia vastatrix*, poucos foram os trabalhos realizados. Bruger e Contreiras (2) conseguiram verificar a existência de maior atividade das polifenoloxidasas em folhas, inoculadas ou não de cafeeiro resistentes a *Hemileia*, em comparação com folhas de plantas susceptíveis.

A determinação de compostos fenólicos totais, reduzidos e oxidados, realizada por Bruger e Contreiras (2) não foi condizente com a teoria da reação de hipersensibilidade ou teoria redox proposta por Királr e Farkas (12), Johnson e Schaal (11), Byrde (3) e Oku (18), em diferentes vegetais.

Carvalho (4) e Carvalho *et al.* (5), trabalhando com cafeeiros resistentes e susceptíveis a duas raças de *Hemileia vastatrix*, encontraram diferenças entre as invertases depois da inoculação do patógeno, assim como no teor de carboidratos solúveis das folhas. Estes autores (4, 5) desenvolveram a hipótese de que a resistência está associada com uma diminuição de carboidratos disponíveis para o patógeno e ou uma mudança no catabolismo destes carboidratos com uma concomitante produção de compostos tóxicos.

A presente investigação foi realizada devido a inconsistência e variedade dos resultados encontrados na literatura e pela necessidade de se conhecer a composição química, quanto aos compostos fenólicos, das folhas dos cafeeiros resistentes, em comparação com as de plantas susceptíveis.

Material e Métodos

O material analisado incluiu variedades de *C. arabica* resistentes e susceptíveis (Quadro 1).

De cada cultivar foram colhidas tres amostras de aproximadamente 30 g de folhas as quais foram postas a secar até peso constante em estufa à $75^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Depois de moídas, 2,0 gramas de cada amostra foram extraídas cinco vezes com 100 ml de metanol a 80

Quadro 1 — Plantas de cultivar de *C. arabica*, utilizadas para a análise das folhas quanto à composição em compostos fenólicos

Amostra	Variedades	Genótipos
a	1132-6 (KP 423)	SH ₂ SH ₂ - resistente
b	1136-4 H 66	SH ₂ SH ₂ - resistente
c	1120-26 (X 321)	SH ₂ SH ₂ - resistente
d	LC 367-11-5 (Bourbon Vermelho)	sh ₂ sh ₂ - susceptível
e	CP 375-12-4 (Mundo Novo)	sh ₂ sh ₂ - susceptível

por cento em extrator com refluxo. Os extratos de cada amostra foram reunidos e o volume reduzido a vacuo, à temperatura de $40^{\circ}\text{C} \pm 5$, até uma concentração final de 2,5 ml/g de matéria seca e então conservados para uso em atmosfera de nitrogênio à -10°C .

Os compostos foram isolados por cromatografia bidimensional ascendente em papel Whatman N^o 1, tendo sido utilizados como solventes, para a primeira direção n-butanol; ácido acético: água, respectivamente nas proporções de 4:1:2,2 e para a segunda direção, ácido acético a 2 por cento.

Para detecção das manchas isoladas nos melhores cromatogramas foram feitas observações dos mesmos em luz ultravioleta (curta e longa) com e sem vapores de amônia. Foram também realizadas reações com $\text{FeCl}_3 + \text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ segundo Barton *et al.* (1), para detecção de fenóis em geral; com SbCl_3 seguida de observação sob luz U. V., segundo Krebs *et al.* (13) para detecção de flavonóides; com vanilina + HCl segundo Swain e Hills (21) e vanilina + ácido p-tolueno sulfônico, segundo Roux e Maihs (20), para determinação de flavonóides com núcleo floglucinol.

As análises foram repetidas em duas épocas diferentes, nas mesmas condições e com os mesmos materiais,

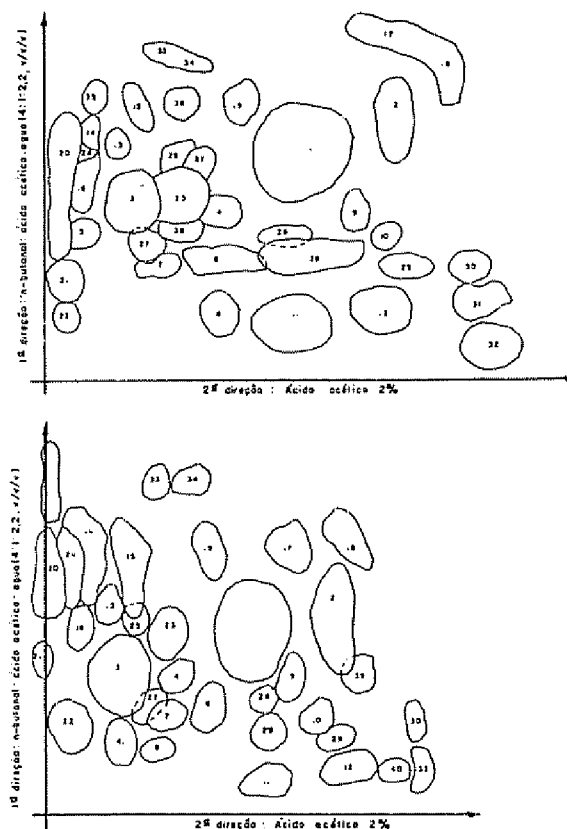


Fig. 1 e 2 — Cromatograma de folhas adultas, 3 e 4^o pares (superior) e de folhas jovens, 1^o e 2^o pares (inferior) de cafeeiros resistentes e susceptíveis a ferrugem

Quadro 2 — Compostos detectados nos cromatogramas de folhas jovens e adultas de cultivares de *C. arabica* susceptíveis e resistentes a *Hemileia vastatrix*

Número das manchas	Identificação Provável dos Compostos	Cultivares*	
		folhas jovens	folhas adultas
1	Acido clorogênico (cis)	abcde	abcde
2	Acido clorogênico (trans)	abcde	abcde
3	Flavonóide	abcde	abcde
4	Flavonóide	abcde	abcde
5	Flavonóide	—	abcde
6	Fenol	abcde	abcde
7	Flavonóide	abcde	abcde
8	?	abcde	abcde
9	Acido neoclorogênico (cis)	abcde	abcde
10	?	abcde	abcde
11	Flavonóide	abcde	abcde
12	Flavonóide	abcde	abcde
13	Flavonóide	abcde	abcde
14	Fenol	abcde	abcde
15	Flavonóide	abcde	abcde
16	Fenol	abcde	abcde
17	Fenol	abcde	abcde
18	Fenol	abcde	abcde
19	Flavonóide com núcleo floroglucinol	abcde	abcde
20	Flavonóide	abcde	abcde
21	Flavonóide	abcde	abcde
22	Flavonóide	abcde	abcde
23	Flavonóide com núcleo floroglucinol	abcde	abcde
24	Fenol	abcde	abcde
25	Flavonóide	c e	abcde
26	Flavonóides com núcleo Floroglucinol	abcde	abcde
27	Flavonóide com núcleo floroglucinol	abcde	abcde
28	Flavonóide	ab d	abcde
29	?	ab d	abcde
30	?	abcde	abcde
31	Flavonóide com núcleo floroglucinol	—	abcde
32	?	bcde	abcde
33	Acido isoclorogênico (cis)	a	abcde
34	Acido isoclorogênico (trans)	a cde	abcde
35	Fenol	—	a cde
36	Flavonóide	—	abcde
37	Flavonóide com núcleo floroglucinol	—	abcde
38	Flavonóide com OH substituído o glicocídio	—	abcde
39	Acido neoclorogênico (trans)	a c e	—
40	Fenol	b de	—
41	?	a d	—

* Cultivares: a= 1132-6(KP 425) - resistente; b= 1136-4 resistentes; c= 1120-26 (X 321) - resistente; d= Bourbon vermelha susceptível; e= mundo novo - susceptível

com a única diferença de que na primeira série de análises (experimento 1) utilizaram-se folhas adultas (3º e 4º pares a partir da ponta do ramo) e na segunda (experimento 2), folhas jovens (1º e 2º pares)

Resultados e Discussão

Cerca de 80 por cento das manchas puderam ser observadas com U.V. curta e longa e com maior clareza quando usaram-se vapores de amônia. Outras manchas só foram detectadas com o auxílio dos reagentes específicos

Nas Figuras 1 e 2 é apresentada a disposição geral nos cromatogramas das manchas detectadas, respectivamente nos experimentos 1 e 2.

O Quadro 2 apresenta a relação total das manchas isoladas, a sua provável identificação e os cultivares em que ocorreram, na análise de folhas jovens e na de folhas adultas

Nos dois experimentos foram isolados 41 compostos, dos quais 32 são comuns a folhas jovens e adultas, mas não de todos os cultivares estudados.

Uma explicação para a variabilidade observada é a de que existe, naturalmente, uma diferença qualitativa entre cultivares de uma mesma espécie, como já foi comprovado por Lopes e Mónaco (16) e também de que possa haver uma diferença quantitativa, ocorrendo manchas em quantidades não detectáveis

Os resultados obtidos por Moraes e colaboradores (comunicação pessoal) de que à atividade da polifenoloxidase aumenta mais rapidamente nas plantas resistentes depois da penetração do fungo, os de Carvalho (4) e Carvalho *et al.* (5) e os deste trabalho preliminar, parecem indicar que o mecanismo de resistência a *Hemileia vastatrix* nas plantas SH_2-SH_2 , inicia-se depois da infecção. Não sabemos se estudos sobre a composição de compostos fenólicos foram realizados em plantas resistentes submetidas à infecção.

No presente trabalho, quanto ao mecanismo de resistência a *Hemileia vastatrix* não foram comprovados mecanismos como aqueles verificados por Echandi e Fernández (7) com relação a infecção do caféiro por *Ceratocytis fimbriata*, nem mesmo como os determinados por Zuluaga *et al.* (28) quanto à resistência de plantas de café ao mesmo patógeno.

Com os resultados conhecidos até o momento não se pode excluir a hipótese de que outro composto não fenólico possa ser o factor de resistência dos cultivares portadores do fator SH_2-SH_2 a alguma reação fisiológica do patógeno

Conclusão

Não foi possível relacionar distribuição diferencial de substâncias fenólicas nos cromatogramas de folhas de caféiros resistentes ou susceptíveis a *Hemileia vastatrix*. Estes resultados indicam que o mecanismo de resistência condicionado pelo fator SH_2-SH_2 não se baseia em inibidores fenólicos préformados mas, provavelmente, em mecanismo que começa a atuar após a infecção na folha do caféiro.

Embora muitos trabalhos sobre resistência ao ataque

de bactérias e fungos em plantas indiquem a participação de compostos fenólicos como fator prévio de resistência, essa hipótese não se aplica ao cafeeiro. Outros compostos como aqueles determinados pelo metabolismo do nitrogênio (proteínas, amino ácidos, amidas), as toxinas, os hormônios reguladores do crescimento, ou ainda diferentes atividades enzimáticas, podem ser responsáveis pela resistência. Da mesma forma não se pode deixar de considerar a possibilidade de que o mecanismo no cafeeiro seja determinado por deficiências nas plantas resistentes, de substâncias essenciais ao patógeno.

Literatura Citada

- 1 BARTON, G.M., EVANS, R.S., e GARNER, J.A.F. Paper chromatography of phenolic substances. *Nature* (London) 170: 249-250 1952.
- 2 BRUGER, J. e CONTREIRAS, J. Aspectos bioquímicos de la resistencia del cafeeiro a *Hemileia vastatrix*. *Portugaliae Acta Biologica* 10: 75-83 1967.
- 3 BYRDE, R.J.W. The varietal resistance of fruits to brown rot: II. The nature of resistance in some varieties of cider apple. *Journal of Horticultural Science* 32: 227-238 1957.
- 4 CARVALHO, P.C.T. Estudos preliminares sobre as invertases de cafeeiros atacados por *Hemileia vastatrix*. *Anais da Escola Superior de Agricultura, "Luiz de Queiroz"*, USP 29: 211-222 1972.
- 5 ——— e ANIUNES RIBEIRO, I.J. Determinação de açúcares totais, sacarose e reductores em cafeeiros inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br. *Summa Phytopatológica* 1(3): 169-176 1975.
- 6 CONDON, P., KUC, J. e DRAUDT, H.N. Production of 3-methoxy-8-hydroxy-3, 4-dihydroisocoumarin by carrot tissue. *Phytopathology* 53: 1244-1250 1963.
- 7 ECHANDI, E. e FERNANDEZ, C.E. Relación entre el contenido de ácido clorogênico y la resistencia a la llaga macana, o cáncer de los cafetos causado por *Ceratocystis fimbriata*. *Turrialba* 12(2): 87-90 1962.
- 8 GOODMAN, R.N., KIRALY, Z., e ZAITLIN, M. Phenol Metabolism. In: *The biochemistry and physiology of infections plant disease*. Princeton, Van Nostrand Co., 1967 pp 187-231.
- 9 HULME, A.C. e EDNEY, K.L. Phenolic substances in the Peel of Cox's Orange Pippin Apples with reference to infection by *G. perennans*. In: *Phenolics in plants health and disease*. J.B. Pridham (Ed.) New York, Pergamon Press, 1960 pp. 87-94.
- 10 JARVIS, W.R. Growth of isolates of *Phytophthora fragariae* Hickman in the presence of various polyphenols. *Transaction of the British Mycological Society* 41: 357-364 1961.
- 11 JOHNSON, G. e SCHALL, I.A. Accumulations of phenolic substances and ascorbic acid in potato tuber tissue upon injury and their possible role in disease resistance. *American Potato Journal* 34: 200-209 1957.
- 12 KIRALY, Z. e FARKAS, G.I. Relations between phenol metabolism and stem rust resistance in wheat. *Phytopathology* 52: 657-664 1962.
- 13 KREBS, K.G., D'HEUSSER, I. e WIMMER, H. Spray Reagents. In: *Thin Layer Chromatography A Laboratory Handbook*. E. Sthal Ed. New York, Spring Verlag, 1969 pp 854-909.
- 14 KUČ, J. Phenolic compounds and disease resistance in plants. In: *Proceedings of a Symposium Phenolics in normal and diseased fruits and vegetables*. V.C. Runeckies Ed. 1964 pp 63-81.
- 15 LEE, S. e LE TOURNEAU, D.J. Chlorogenic acid content and *Festibillium Wilt* resistance of potatoes. *Phytopathology* 48: 268-274 1958.
- 16 LOPES, C.R. e MONACO, L.C. Estudos de quimiotaxonomia em cultivares de *Coffea arabica* L. *Turrialba* 27(1): 55-61 1977.
- 17 MARTIN, J.I., BATT, R.F. e BURCHILL, R.F. Defense mechanism of plants against fungi: Fungistatic properties of apple leaf wax. *Nature* 180: 796-797 1957.
- 18 OKU, H. Biochemical studies on *Cochliobolus miyabeanus*: VI. Breakdown of disease resistance of rice plant by treatment with reducing agents. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 25: 92-98 1960.
- 19 PERRIN, D.R. e CRUICKSHANK, J.A.M. Studies on phytoalexins: VII. Chemical stimulation of pisatin formation in *Pisum sativum* L. *Australian Journal of Biological Science* 18: 803-816 1965.
- 20 ROUX, D.G. e MAIHS, A.E. Selective spray reagents for identification and estimation of flavonoid compounds associated with condensed tannins. *Journal of Chromatography* 4: 65-74 1960.
- 21 SWAIN, T. e HILLS, W.E. The phenolic constituents of *Pinus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 10: 63-68 1959.
- 22 TOMIYAMA, K., TAKASE, N., SAKAI, R. e TAKAKUWA, M. Physiological studies on the defense reaction of potato plant to infection by *Phytophthora infestans*. II. Changes on the physiology of potato tuber induced by the infection of different strains of *P. infestans*. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 29: 59-64 1955.
- 23 ———, TAKASE, N., SAKAI, R. e TAKAKUWA, M. Physiological studies on the defense reaction of potato plant to the infection by *Phytophthora infestans*: I. Changes in the physiology of potato tuber induced by the infection of *P. infestans* and their varietal differences. *Research Bulletin of the Hokkaido Agricultural Experiment Station* 71: 32-50 1956.
- 24 URTIANI, T., URTIANI, M. e YAMADA, H. Similar metabolic alterations induced in sweet potato by poisonous chemicals and by *Ceratostomella fimbriata*. *Phytopathology* 50: 30-34 1960.
- 25 ———. The role of plant phenolics in disease resistance and immunity. Symposium in "Biochemistry of plant phenol substances". Colorado State University, Fort Collins 1961 pp 89-124.
- 26 WALKER, J.C. e LINK, K.P. Toxicity of phenolic compounds to certain onion bulb parasitoid. *Botanical Gazette* 96: 468-484 1935.
- 27 WILLIAMS, A.H. Enzyme inhibition by phenolic compounds. In: *Enzyme Chemistry of Phenolic Compounds*. J.B. Pridham (Ed.) New York, Pergamon Press, 1963 pp 87-93.
- 28 ZULUAGA, V.J., VALENCIA, A.G. e GONZALEZ, J. Contribución al estudio de la naturaleza de la resistencia del cafeeiro a *Ceratocystis fimbriata* (Ell. Halst.) Hunt. *Cenicafé* (Colombia) 22 (2): 43-68 1971.

Mineral nutrition and nitrate reductase activity in coffee trees affected by mineral deficiency^{*1/}

J. A. CAVALLINI, J. E. CARVAJAL**

COMPENDIO

Se investigó la actividad de la reductasa del nitrato (aRN) y la composición química de plantas de café (Coffea arabica cv 'Bourbon') deficientes en nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio o azufre. El estudio tuvo lugar en cafetos de un año de edad cultivados en el campo y trasladados luego al invernadero, donde permanecieron en cultivos hidropónico durante los cuatro meses anteriores al inicio de la investigación. Los síntomas de deficiencia finalmente fueron provocados mediante la técnica convencional; en esta segunda etapa las plantas permanecieron bajo control por un periodo de 100 días. La magnitud de la aRN que exhibían las hojas del segundo par fue tomada como parámetro principal para evaluar el efecto de los tratamientos sobre el mecanismo de reducción del nitrato. Habida cuenta de que la síntesis de la referida enzima es inducida por la presencia de NO_3^- en los tejidos, se procedió a infiltrar in vivo, mediante atomización, una solución de KNO_3 0,5M, con el propósito de investigar, simultáneamente, el efecto residual de los tratamientos respecto al potencial máximo de reducción de nitrato que eran capaces de mostrar las plantas experimentales. La influencia de cada estado de deficiencia sobre la aRN, actual y potencial, se explicó con base en el esquema del estado de nutrición que se obtuvo mediante análisis químico foliar.

Introduction

NITRATE reductase activity (NRA) is being investigated in relation to plant mineral nutrition as well as in connection with genetic and ecological factors, as responsible jointly or individually for the enhancement or retardation of the enzyme activity. Nitrate reductase synthesis is nitrate dependent (3, 9, 19); neither nitrite nor ammonia would induce synthesis of the enzyme. However, the presence of ammonia in the nutrient medium does not inhibit the induction in radish cotyledons (3). Enzyme activity appears roughly proportional to the amount of nitrate present in the tissue, a fact which has been clearly demonstrated in radishes, citrus and coffee trees (1, 3, 4). Furthermore, it is

known that a certain amount of nitrate (normal concentration) is required in the nutrient medium for optimum activity (1, 4). On the other hand, results obtained by one investigator indicate that the enzyme level of activity also appears to be dependent on pH rather than on the quantity of nitrate present, since plants fed with NO_3^- at pH 4 showed less NRA than those fed with NH_4^+ at pH 6 (19).

The use of a mixture of corn amino acids added to plant systems partially inhibit the induction of NR in corn roots. Such effect has been explained on the grounds of a direct effect on the synthesis of the enzyme or on the uptake and distribution of nitrate, and not on the breakdown of the enzyme. In the meantime, when ammonium sulfate and glucose are both added, the level of NR is higher than when the ammonium salt is alone, but the accumulation of nitrate is less (15).

The effect of molybdenum and nitrogen deficiency has been investigated in relation to nitrate reduction in plant tissues (14). Very low values for nitrate re-

* Received for publication March 26th, 1978

1/ Contains part of the Ingeniero Agrónomo's Thesis presented by the senior author to the Faculty of Agronomy of the University of Costa Rica. A resume appeared in a special issue published by the American Society of Agronomy (annual meeting 1972)

** Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

duction capacity have been found in molybdenum deficient trees. On the other hand, cauliflower, spinach and tomato plants, grown with inadequate amounts of nitrogen, show very low nitrate reducing capacity. Such enzymatic activity has been also determined in leaf fragments of citrus trees, as an indication of molybdenum level and requirement (17). The rate of increase of enzyme activity in response to molybdenum infiltration into leaf fragments has been found negatively associated with the molybdenum level of the substrate and in the leaf tissue. An infiltration technique has been suggested as a quick test for the determination of molybdenum requirement as well as for nitrogen in citrus, coffee trees, and other agricultural species (1, 4, 12). On the other hand, it has been reported that sulphur deficiency, while causing nitrate accumulation in maize and tomato leaves, stops NRA (7). This deficiency also depresses the activity of glutamine synthetase and of both NADH and NADPH glutamate dehydrogenases, but the enzyme NR appears to be most susceptible to sulphur deficiency (8). Nitrogen assimilation and protein synthesis has been also investigated in relation to other macronutrient deficiencies (3).

From the available literature, the influence of internal and external factors on the NRA seems well established, and of utmost importance for the interpretation of the total nitrate assimilatory power of individuals growing under natural conditions. The purpose of the present research study was to advance our knowledge on the effect of mineral deficiency on the NRA. Partial information on this problem was given elsewhere (6).

Materials and methods

The investigation was carried out in one year old coffee trees (*Coffea arabica* cv 'Bourbon') transplanted from the field to the greenhouse, where they were fed with Hoagland's N° 1 nutrient solution for a period of about four months prior to treatment initiation. At this point the experimental plants were assigned to plots in a randomised block design with treatments consisting of different nutrient media lacking an individual element each, according to Hoagland and Arnon (11) technique. Each treatment was replicated three times with two plants per pot of 12 l capacity. The acidity of the nutrient medium was kept in the neighbourhood of 6.5 throughout the experiment. Root aeration was continuously supplied by an automatic compressor with the air outlet regulated to 3-4 air bubbles per second to each pot. Dychristicine was used to prevent the root system from undesirable fungus diseases, applied at regular intervals. The liquid culture medium was replaced as many times as required during the course of the investigation. Minor elements were given at suitable intervals.

Leaf samples from the upper third of the trees were harvested eighty five days after treatment initiation for assay of enzyme activity. A single leaf was taken

from each individual pair of leaves, so that a composite sample (of two leaves each), was assayed in every case for nitrate reductase activity. The opposite leaf of the same pair was immediately hand sprayed three times (at 30 minutes intervals) with a 0.5 M KNO_3 solution prepared in 0.1% Triton X-114 surfactant suspension. The treated leaves comprised a second sample collected for each replication, 24 hours later. These were also assayed for enzyme activity in exactly the same manner as the equivalent leaf samples taken the day before. A second sampling took place 100 days after treatment initiation in identical conditions as in the preceding one (leaf samples were taken this time from the opposite branches). Additional leaf samples were taken also at this moment from the upper third of the trees, in order to investigate nutrient accumulation in equivalent leaves. Each individual sample was comprised by the remaining leaves on each second pair.

Analytical procedure

Nitrate reductase activity was assayed by the method employed by Bar-akiva and Sternbaum (1) with slight modifications introduced by Brealey and Carvajal (4) in previous work with coffee trees. Enzyme activity was evaluated by further quantitative determination of the production of nitrite caused by the enzyme contained in the leaf fragments when placed in a liquid containing a KNO_3 solution as substrate medium. A 250 mg leaf disc sample of 2.5 mm diameter each is first placed in an incubation medium comprised by 1 ml of 0.25 M KNO_3 solution, 1 ml of 0.05 M buffer tris HCl pH 7.4 and 3 ml of distilled water. The incubation medium contained in a test tube is rapidly stirred or hand shaken for approximately 30 seconds and then the test tube was wrapped in black paper and placed in an incubator at a temperature of 32°C. The enzymatic reaction was allowed to proceed for exactly three hours. The amount of nitrite present after the period of incubation was determined colorimetrically by the method described by Snell and Snell (18), using dimethyl-alpha-naphthylamine as copulant agent. The intensity of the pink color developed was measured in a Bausch and Lomb Spectronic 20 colorimeter with the wave length set at 520 nm.

Sample preparation for foliar analysis started with a thorough washing with a 0.1 N HCl solution and distilled water. Prior to grinding in a Willey mill to a 40 mesh, plant tissues were dried to constant weight in a draft-oven at a temperature of 70-80°C. The quantitative determination of potassium, calcium, magnesium and sulphur was done after a wet digestion with nitric and perchloric acid and thereafter, following the procedure suggested by Wilson (22) for the first three elements, and the method described by Wollin (23) for the determination of sulphur. A Perkin Elmer Atomic Absorption Model 303 was used in these chemical determinations. The soluble phosphorus content was analysed by the method suggested by Johnson and Ulrich (12). Chemical forms of nitrogen (NO_3^- , and organic nitrogen) were determined following the analytical procedures used in previous work (5).

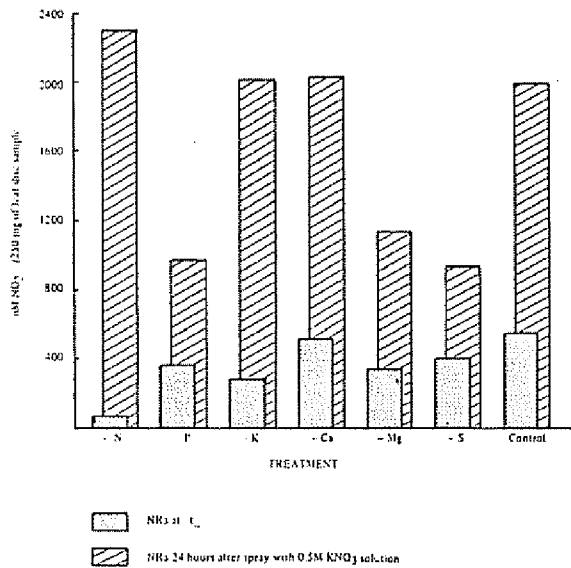


Fig 1 —Nitrate reductase activity (NRA) in the second pair of leaves, 100 days after treatment.

Results

Nitrate reductase activity was found to be influenced by the nutritional status of the plant. Enzyme activity was measured twice during the course of the experiment, 85 and 100 days after treatment. Since data from both

readings showed similar plant behaviour, those presented in Figure 1 apply to both sampling dates.

The lack of NO₃-N in the nutrient medium was responsible for a negligible nitrite production by the NR present in the corresponding leaf disc samples. In the phosphorus-deficient plants the NRA (initial, to) showed a magnitude comparable to those of the -Mg and -S treatments, and close to the -K treatment. However, the infiltration with KNO₃ caused a much higher enzyme activity, in the latter similar to the control. The closest value to the latter was measured at t₀ in the leaf samples from the -Ca treatment. The *in vivo* infiltration (hand spray applied in the field 24 hours before the second NR assay) of 0.5 M KNO₃ promoted a high NRA in the nitrogen, potassium and calcium-deficient coffee trees. Other treatments showed incomplete restoration of the enzyme activity upon infiltration and belonged to a different group of statistical significance.

The chemical composition of physiologically similar leaves to those where NRA was determined is given in Table 1. The partition of the nitrogenous fraction showed in the -P treatment a NO₃-N content similar to the control, whereas in the sulphur-deficient treatment, a high accumulation was evident. A lower NO₃-N content was the rule in the corresponding leaves of the remaining treatments, although with varying amounts of such ionic species. The concentration of water soluble organic nitrogen (WSON) was very much the same in the -Mg, -K and control treatments. The concentration of this nitrogenous form showed an increase in the -P treatment, but still more in the leaves of the

Table 1 —Chemical composition and nitrate reduction potential of coffee leaves affected by mineral deficiency* (Dry weight basis).

Treatments	Nitrogen				PO ₄ -P	K	Ca	Mg	S	[NRA (induced) / NRA (initial)] ..
	TSN ppm	WSON ppm	NO ₃ -N ppm	Total-N %						
-N	680 ^e	630 ^e	50 ^d	1.59 ^c	0.08 ^b	3.03 ^{bc}	0.70 ^d	0.26 ^c	0.26 ^a	38.5
-P	3360 ^b	2100 ^b	1250 ^b	3.28 ^b	0.04 ^c	2.73 ^c	1.08 ^c	0.29 ^b	0.18 ^b	2.7
-K	2390 ^c	1440 ^c	950 ^{bc}	2.96 ^b	0.08 ^b	0.36 ^d	1.30 ^b	0.35 ^a	0.17 ^c	7.5
-Ca	1400 ^d	970 ^d	430 ^{cd}	2.92 ^b	0.07 ^b	4.33 ^a	0.33 ^e	0.30 ^b	0.19 ^b	4.0
-Mg	2120 ^c	1480 ^c	640 ^{bcd}	3.44 ^{ab}	0.08 ^b	3.63 ^b	1.80 ^a	0.13 ^c	0.22 ^a	3.4
-S	6700 ^a	4000 ^a	2700 ^a	4.06 ^a	0.11 ^a	3.63 ^b	1.25 ^{bc}	0.33 ^a	0.09 ^d	2.3
Control	2520 ^c	1400 ^c	1260 ^b	3.55 ^{ab}	0.07 ^b	3.30 ^{bc}	1.06 ^c	0.23 ^d	0.20 ^b	3.6
CV %	12.42	9.94	34.75	5.75	5.76	6.33	2.25	2.69	6.09	

* Average data of three replications. Equal exponential letters are statistically similar, according to Duncan test at 1% significance.
 ** Nitrate assimilation potential.
 TSN = Total soluble nitrogen; WSON = Water soluble organic nitrogen.

-S treatment The lowest amount of WSON was found in nitrogen-deficient leaves followed by those corresponding to the -Ca treatment. All treatments, except those lacking phosphorus or sulphur, belonged to the same statistical group of significance, in regards to $\text{PO}_4\text{-P}$ concentration. The -S treatment showed the highest soluble phosphorus accumulation. The concentration of potassium in the control was similar to that determined on the -N, -Mg -S treatments. A higher concentration was found in calcium-deficient leaves. The phosphorus deficiency caused a decrease on the concentration of this nutrient element. The calcium content was also affected by the nutritional status of the plant with values oscillating around 1 per cent. The -Mg treatment promoted a high accumulation of this cation, whereas the -N treatment was responsible for a clearly diminished concentration. On the other hand, most of the treatments caused an accumulation of magnesium; only the -Mg treatment caused a decrease. Although total sulphur content in the coffee leaves showed fluctuating values mostly higher than the control, the -N and -Mg treatments showed a high level of sulphur accumulation. The total nitrate reduction potential as represented by the NRA (induced)/NRA (initial) ratio, appears in Table 1. The highest magnitude was shown by the -N treatment. It is also shown that the higher magnitudes of this ratio corresponded closely to those treatments where NRA was recovered upon KNO_3 infiltration by hand spray.

Discussion

That nitrate reductase activity is affected by mineral deficiency appears clearly demonstrated from the data. Results shed light in relation to nutrient element deficiencies other than nitrogen, sulphur and molybdenum, studied previously (7, 8, 14), and corroborate findings obtained in other plant species (3). In regards to nitrogen nutrition, data are in agreement with those reported by other workers, since this enzymes showed a very low activity at t_0 due to scarcity of nitrate in the leaf tissue. Such a low activity was associated with a concentration of 50 ppm of $\text{NO}_3^- \text{-N}$ in the leaves as compared with 1260 ppm measured in the control. Enzyme activity was quickly promoted by nitrate upon infiltration in the leaves of a 0.5 M KNO_3 solution 24 hours prior to the bioassay. This finding corroborates similar results obtained in coffee and citrus leaves (1, 21). The effect of NO_3^- on the enzyme activity appears twofold: first, the anion causes enzymes induction, and secondly, protein synthesis is checked when the amount of nitrogen is not adequate. The lack of phosphorus, potassium or sulphur in the nutrient media, had only an apparent similar influence on the NRA at t_0 , as judged by the statistical evaluation. The effect of the infiltration of KNO_3 in the leaves allows to conclude that a potential maximum activity exists for each individual mineral deficiency, a fact which can be interpreted in terms of an enzymes synthesis blockage caused by a direct or indirect influence of the element

lacking Phosphorus-deficient leaves did not exhibit NRA as high as the control, after nitrate infiltration. This behaviour can be explained on the basis that phosphorus is required for the pyridine nucleotide synthesis which acts as the electron donor required for the reduction of nitrate. The amount of $\text{NO}_3^- \text{-N}$ present in the phosphorus deficient leaves (1250 ppm), which appeared normal, supports the above explanation. The behaviour noticed in the potassium-deficient leaves after NO_3^- infiltration is subject to further investigation in order to elucidate the combined effect of the K^+ plus NO_3^- ions infiltrated simultaneously in the potassium-deficient leaves. However, attention is drawn to the fact that the accumulation of $\text{NO}_3^- \text{-N}$ in the treated leaves was found close to that of the control, and that potassium itself is involved in protein synthesis. Both magnesium and sulphur deficiencies caused a direct detrimental effect on enzyme synthesis. This statement is supported by a lower NRA value observed after nitrate infiltration to plant tissues with a relatively low or high concentration of nitrate. Sulphur deficient leaves were characterized by an abnormally high nitrate accumulation, whereas in magnesium-deficient leaves this situation appeared reversed. It is worth recalling that magnesium is one of the major elements required in normal quantities for protein synthesis and for the activation of the majority of the enzymes involved in glycolysis. On the other hand, sulphur is known to occur in every plant protein and hence in every apoenzyme, so protein synthesis should be also impaired by sulphur deficiency. WSON accumulation was also abnormally high in sulphur deficient leaves (Table 1), a fact which also supports the above statement. On the other hand, the lack of calcium in the nutrient medium was the only treatment which behaved similar to the control, as far as NRA (Fig. 1) is concerned. However, the corresponding accumulation of nitrate in the leaf tissue was lower and statistically different from the control. This fact supports the statement that calcium deficiency has an indirect effect on the NRA of the coffee tree through a diminished nitrate uptake and further accumulation in the leaves. The infiltration of nitrate in calcium-deficient leaves brought about a high NRA, similar to the control. It should be mentioned at this point Paulsen and Harper (16) found that calcium-deficient wheat seedlings (*Triticum aestivum*) accumulate unusually high amounts of nitrate and moderate levels of nitrate and organic nitrogen which in turn caused the synthesis of NR to be repressed.

The infiltration technique employed in this study permits exploring the suitability of this tool to identify, in practice, a nitrogen deficiency through the comparative behaviour of the NRA. It is concluded that nitrogen, potassium or calcium deficiencies lead to an erroneous interpretation in the field if the bioassay investigated is used alone in the search for information about nitrogen adequacy. In the meantime a low maximum potential nitrate assimilation (Fig. 1) may be an indicator of either phosphorus, magnesium or sulphur deficiency. The positive correlation first reported (4) between $\text{NO}_3^- \text{-N}$ accumulation in the coffee leaves and NRA appears invalidated when the above mentioned

macronutrient deficiencies are present, other than nitrogen.

The magnitude of the NRA ratio (induced)/NRA (initial), as an index of total potential nitrate assimilation (Table 1), indicated that the -N, -K, -Ca and control treatments were still able to accept more nitrate at the time of sampling, to improve their NRA. On the other hand, it was noticed that some other treatments showed ratios of similar magnitude to the control, while affecting nitrogen metabolism in a different way. Total potential nitrate assimilation capacity has been found satisfactory to interpret nitrogen adequacy in the coffee tree and in other agricultural species as well (21). The similarity of the NRA values at t_0 (Figure 1) among treatments other than the -N, stresses the importance of the determination of the NRA (induced)/NRA(initial) ratio to interpret nitrogen nutrition on the grounds of the biochemical diagnosis, rather than of the actual enzymatic activity. The current findings emphasize that a method of diagnosis of this kind should be restricted to healthy plants, since nitrogen and molybdenum are the only nutrient elements involved on the interpretation.

From the standpoint of plant nutrition, the data demonstrates that NO_3^- appears as a partial controlling factor in the regulation of nitrate reductase activity. It is known from previous work that a low nitrate reductase activity in crude leaf homogenates is due to the presence of inhibitors (13). That such endogenous factors are also in close relationship with the nutritional status of the plant should be then subject to further research.

Summary

Nitrate reduction potential was investigated in the coffee tree in relation to mineral deficiency. Nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulphur deficiencies were studied on the grounds of their individual effect on the nitrate reductase activity (NRA) and chemical composition of leaves.

One year old coffee trees were transplanted from the field to the greenhouse, where they were fed on nutrient solutions for four months prior to treatment initiation. After this period of adaptation, the experimental plants were subjected to mineral deficiencies and were kept under control for 100 days. NRA was measured and taken as the main parameter for treatment evaluation. Since the synthesis of the enzyme is included by NO_3^- , a 0.5M KNO_3 solution was infiltrated in the leaves *in vivo* in order to investigate the after-effect of treatments on the basis of their maximum nitrate reduction potential displayed by the plants under investigation. Treatment effect on the NRA was explained on the basis of the interaction with the nutritional status of the plants, as reflected by leaf chemical analysis.

Acknowledgement

The authors are indebted to Dr. Rafael L. Rodríguez, Department of Biology, University of Costa Rica, for critical review of this paper.

Literature cited

1. BAR-ARIVA, A. and STERNBAUM, J. Possible use of the nitrate reductase activity of leaves as a measure of the nitrogen requirement of citrus trees. *Plant and Cell Physiology* 6: 575-577. 1965.
2. BEEVERS, L., PETERSON, D.M., SHANNON, J.C. and HAGEMAN, R.H. Comparative effects of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid metabolism in corn and cucumber. *Plant Physiology* 38: 675-679. 1963.
3. ———, SCHRADER, L.E., FLESHER, D. and HAGEMAN, R.H. The role of light and nitrate in the induction of nitrate reductase in radish cotyledons and maize seedlings. *Plant Physiology* 40: 691-698. 1965.
4. BREALEY, O. and CARVAJAL, J.F. La actividad de la reductasa del nitrato como guía de la fertilización nitrogenada del café. In IV Simposio Latinoamericano de Fisiología Vegetal. Universidad Nacional Agraria, La Molina, Lima, Perú, 1971. Programa y Resúmenes 1971. pp. 44-45.
5. CARVAJAL, J.F. El diagnóstico del estado de nutrición del café (*Coffea arabica* L.) con base en la acumulación de nitrógeno y fósforo soluble en las hojas. I. Período de Sesiones del Grupo Técnico de Trabajo sobre Producción y Protección del Café. Río de Janeiro, FAO Documento de trabajo Ce/65/2. 1965. 14 p.
6. ——— and CAVALLINI, J.A. Nitrate reductase activity in coffee trees as affected by mineral deficiency. American Society of Agronomy. Annual Meeting, Miami, U.S.A. 1972 (Abstract).
7. GARCIA-MARTINEZ, J.L. and COIC, Y. Influence de la nutrition nitrique, ammoniacale et de la deficiencia en soufre sur l'activite de la nitrate reductase dans les feuilles du mais et de la tomate. *Annales de Physiologie Végétale* 11: 397-404. 1969.
8. FRIEDRICH, J.W. and SCHRADER, L.E. Nitrate reductase, glutamine synthetase, glutamate dehydrogenases, and chlorophyll in young maize leaf blades as affected by sulfur deficiency. *Plant Physiology (Supplement)* 59 (6), pp. 127, (Nº 692) 1977.
9. HAGEMAN, R.H. and FLESHER, D. Nitrate reductase activity in corn seedlings as affected by light and nitrate content of nutrient media. *Plant Physiology* 35: 700-708. 1960.
10. HARPER, J.E. and PAULSEN, R.H. Nitrogen assimilation and protein synthesis in wheat seedlings as affected by mineral nutrition I. Macronutrients. *Plant Physiology* 44: 110-114. 1968.
11. HOAGLAND, D.R. and ARNON, D.I. The water-culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station, Circular 347, 1950. 32 p.
12. JOHNSON, C.H. and UIRICH, A. Analytical methods for use in plant analysis. California Agricultural Experiment Station Bulletin 766, 1959. pp. 25-28.
13. KU, HAN SAN, and MEEKS, R.J. Nitrate reductase inhibitors and stabilizers. *Plant Physiology (Supplement)* (Nº 36-1) 1974. p. 64.

- 14 MULDER, E.G., BOXMA, R. and VAN VEEN, W.I. The effect of molybdenum and nitrogen deficiencies on nitrate reduction in plant tissues *Plant and Soil* 10: 335-355 1959
- 15 OAKS, A., ASLAM, M., and BOESEL, I. Ammonium and amino acids as regulators of nitrate reductase in corn roots *Plant Physiology* 59: 391-394 1977.
- 16 PAULSEN, G.M. and HARPER, J.E. Evidence for a role of calcium in nitrate assimilation in wheat seedlings *Plant Physiology* 43: 775-780 1968
- 17 SHAKED, A. and BAR-ARIVA, A. Nitrate reductase activity as an indication of molybdenum level and requirement of citrus plants *Phytochemistry* 6: 347-350 1966
- 18 SNELL, F. D. and SNELL, I. Colorimetric methods of analysis *New York D. Van Nostrand*, 2: 804-805 1949
- 19 TOUSEND, I.R. Effect of form of N and pH on nitrate reductase activity in lowbush blueberry leaves and roots *Canadian Journal of Plant Science* 50: 603-605 1970
- 20 VILLALOBOS, E. y CARVAJAL, J.F. Diagnóstico fisiológico: un método para analizar la actividad de la reductasa del nitrato en el campo. Costa Rica. II Congreso Agronómico Nacional, Resúmenes pp 65 1976
- 21 ————— y CARVAJAL, J.E. La actividad de la reductasa del nitrato como guía de la fertilización nitrogenada en cinco especies agrícolas *Agronomía Costarricense* 1(1): 57-65 1977
- 22 WILSON, A.E. Analysis of citrus tissues Lake Alfred, Florida University of Florida, Agricultural Experiment Station Progress Report 340 1950.
- 23 WOLLIN, A. Microdetermination of total sulphur by atomic absorption spectro-photometry. *Atomic Absorption News Letter* 9(2): 43-45 1970

Reseña de Libros

WELLMAN, FREDERICK I. Dictionary of tropical American crops and their diseases Metuchen, N.J., Scarecrow, 1977 495 p US\$ 20.

El mérito de este admirable libro es que es principalmente el trabajo de un sólo hombre, quien durante casi 50 años en los trópicos americanos iba conservando en tarjetas sus observaciones, registros de nombre comunes de plantas y de sus enfermedades, ubicación de ellas, hasta reunir medio millón de fichas. A su regreso a los Estados Unidos (es ahora Profesor Emeritus en la North Carolina State University), comenzó la selección y organización de este material con miras a la publicación de este diccionario. El resultado es una obra de consulta muy valiosa sobre cultivos tropicales de América y sus enfermedades, que será de utilidad a micólogos, patólogos y agrónomos que trabajan por una agricultura, como la neotrópica, en rápido desarrollo y progreso. Será útil también a científicos de otras partes, ya que muchos de los cultivos y enfermedades aquí registradas se conocen también en los trópicos africanos y orientales, y aún en las zonas templadas.

El diccionario abarca solamente plantas cultivadas, usadas o extraídas de su medio natural, de valor económico, en su mayor parte nativas de América. Los cultivos se han ordenado alfabéticamente por su nombre científico, desde *Abutilon* hasta *Zoysia*. Cada cultivo tiene una descripción condensada, que incluye origen, producto, importancia general, y nombres comunes. Para cada hospedante se anotan sus enfermedades, registradas sobre la base de los nombres de los parásitos causales, sean hongos, bacterias, nematodos o fanerogamas parásitas (cúscutas, viscos, orobancos).

Cada enfermedad se caracteriza sucintamente por los daños que ocasiona, y se anotan los países en que ocurren. Para algunas plantas poco comunes, esta lista de enfermedades es la primera que aparece impresa. Por último, como ayuda a los investigadores, se incluye una lista de listas existentes de enfermedades, algunas nacionales (C. Bazán de Segura para el Perú, Orjuela para Colombia, Zevada *et al* para México, Bitancourt para Brasil), y otros de ámbito más amplio (Fernández Valiela, Wellman, Marchionatto).

El Dr. Wellman visitó, en el curso de su vida profesional, 19 países tropicales americanos estudiando las enfermedades de los cultivos. Ha estado involucrado en el establecimiento de bibliotecas, estaciones agrícolas, laboratorios fitopatológicos, y adiestramiento de jóvenes. Buena parte de su trabajo en los trópicos lo realizó en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (desde 1947).

Para *Turrialba*, es grato saludar este nuevo triunfo de una persona que, además de su labor como científico y docente en la América Tropical, contribuyó al nacimiento de la revista del IICA. Esto lo ha recordado el Dr. Wellman en una memorable y vívida recolección al cumplirse los 25 años de su fundación (Cf. *Turrialba* 25 (4): 351-352). En el anuncio de este diccionario, en la docena de líneas reservadas para su biografía, el Dr. Wellman destaca como realización suya el haber "ayudado a fundar la revista latinoamericana *Turrialba*". También nosotros estamos orgullosos de haber tenido la guía y estímulo del Dr. Wellman en nuestros primeros momentos.

ADALBERTO GORBIZ
INSTITUTO INTERAMERICANO
DE CIENCIAS AGRICOLAS
SAN JOSE, COSTA RICA

Distribución horizontal de algunos géneros de nematodos fitoparásitos en terrenos agrícolas de Costa Rica* —————

LAINER GONZALEZ FERNANDEZ**

ABSTRACT

Soil samples were taken in two areas (L_1 and L_2) of Tejar, Cartago and in another two (B_1 and B_2) at Paso Ancho, Pacayas, dedicated to vegetable production, in order to study the horizontal distribution of the plant parasitic nematodes *Helicotylenchus* sp and *Meloidogyne incognita*. It was found that the horizontal distribution of *Helicotylenchus* sp in areas L_1 , L_2 and B_1 , and *M. incognita* in area B_2 , was erratic and heterogeneous.

Introducción

EL ESTUDIO de las poblaciones de nematodos es afectado grandemente por la complejidad y dinámica de las mismas. La población de una especie o especies de un nematodo varía dentro del suelo, en sentido vertical y horizontal (2). La acumulación de huevos, quistes o masas de huevos ayuda a la variación de la población de una determinada especie (1).

La distribución horizontal de un nematodo se ve afectada por la interacción de algunos factores como la distribución de especies vegetales presentes, topografía del terreno, tipo de suelo, prácticas culturales y el comportamiento mismo del individuo involucrado (2,5).

Wilson (4) comprobó que la distribución de *Meloidogyne hapla*, en un campo de zanahoria, era errática a través del área cultivada.

El objetivo del presente trabajo fue el determinar los patrones de distribución horizontal de algunos géneros de nematodos fitoparásitos en terrenos dedicados a la agricultura intensiva.

Materiales y métodos

Durante 1977 se muestrearon, en Tejar de Cartago y Paso Ancho de Pacayas, en Costa Rica, cuatro lotes denominados L_1 , L_2 , B_1 y B_2 respectivamente. En los lotes L_1 y L_2 , dedicados permanentemente al cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.), se estudió la distribución horizontal del género *Helicotylenchus* (Steiner 1945), mientras que en los lotes B_1 y B_2 , dedicados al cultivo de la remolacha (*Beta vulgaris* L.) durante el muestreo, se estudió al género *Helicotylenchus* y a la especie *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White, 1919) Chitwood 1949 (R. López, Comunicación personal, 1977).

Los lotes se dividieron en parcelas de 3 m²; de cada una se tomó una muestra compuesta en puntos previamente seleccionados y a una profundidad de 15 a 20 cm.

Para el análisis de la población de nematodos de cada una de las muestras se tomaron 100 ml de suelo, los cuales fueron procesados por el método de tamizado y centrifugación descrito por Caveness y Jensen (3). El reconocimiento y conteo de cada uno de los géneros se realizó en un microscopio de disección binocular a una magnitud de 45X.

* Recibido para publicación 17 de marzo de 1978.

** Laboratorio de Nematología, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Resultados

El género *Helicotylenchus*, en los lotes L_1 y L_2 , se recuperó en el total de parcelas estudiadas, pero su distribución horizontal fue errática. En el lote L_1 el promedio general por parcela fue de 15,6 nematodos/100 ml de suelo, con un valor máximo de 38 y uno mínimo de tres especímenes. En el lote L_2 , el promedio por parcela fue de 23,5 nematodos/100 ml de suelo, con cuatro y 70 como valores mínimos y máximo respectivamente (Figs. 1 y 2).

En el lote B_1 , el género *Helicotylenchus* no estaba distribuido uniformemente en el total del área estudiada, aunque se presentó en todas las parcelas muestreadas. El promedio general por parcela fue de 21,6

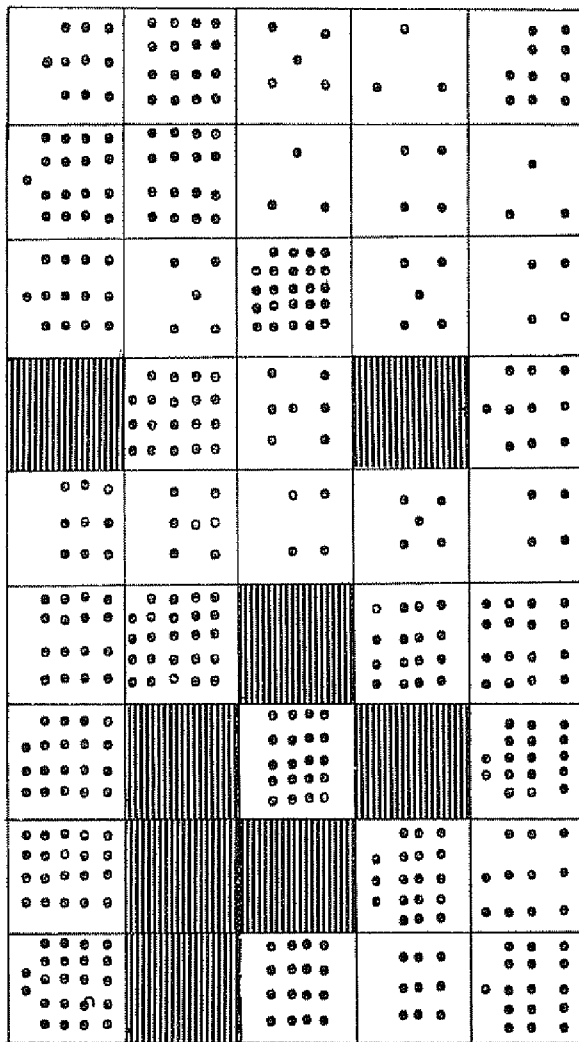


Fig. 1.—Distribución horizontal de *Helicotylenchus* sp. en Tejar de Cartago.

° Cada punto representa un nematodo/100 ml. de suelo; un cuadro rayado posee más de 25 nematodos/100 ml de suelo

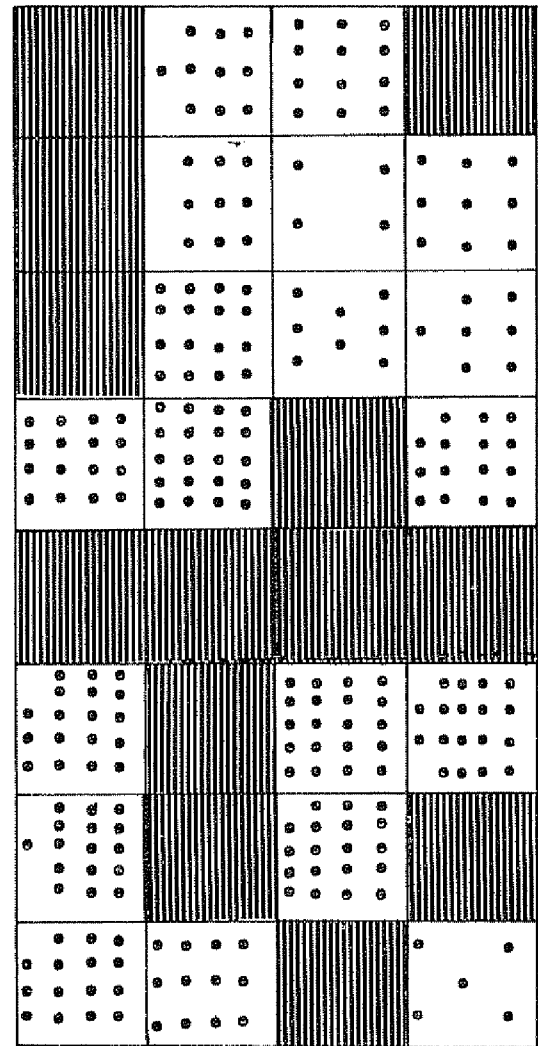


Fig. 2.—Distribución horizontal de *Helicotylenchus* sp. en Tejar de Cartago.

° Cada punto representa un nematodo/100 ml. de suelo; un cuadro rayado posee más de 25 nematodos/100 ml de suelo

nematodos/100 ml de suelo, con una espécimen como valor mínimo y 85 como valor máximo (Fig. 3).

La especie *M. incognita*, estudiada en el lote B_2 se comportó de igual manera que el género *Helicotylenchus* (lote B_1), es decir, su distribución horizontal fue errática; el promedio general de larvas por parcela fue de 11,8/100 ml de suelo, con uno y 40 como valores mínimo y máximo respectivamente (Fig. 4).

Discusión

A través de las Figs. 1, 2, 3 y 4 se observa que la distribución horizontal de los géneros de nematodos

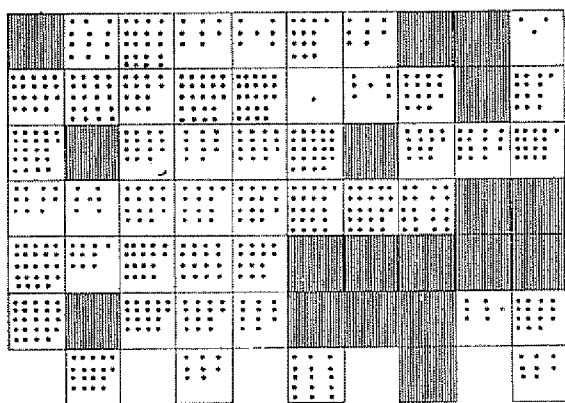


Fig. 3.—Distribución horizontal de *Helicotylenchus* sp. en Paso Ancho de Pacayas, Cartago.

° Cada punto representa un nematodo/100 ml. de suelo; un cuadro rayado posee más de 25 nematodos/100 ml. de suelo.

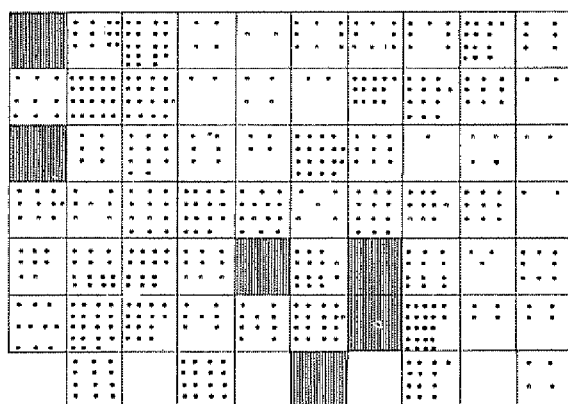


Fig. 4.—Distribución horizontal de *Meloidogyne incognita* en Paso Ancho de Pacayas, Cartago.

° Larvas en 2º estadio. Cada punto representa un nematodo/100 ml. de suelo; un cuadro rayado posee más de 25 nematodos/100 ml. de suelo.

estudiados era variable; además, es notable la presencia de puntos, dentro de los lotes, con una mayor densidad de población del género o especie respectiva, situación mencionada por otros autores (1, 2, 4, 5).

Mediante la realización de este tipo de estudios se pone de manifiesto la poca confiabilidad que puede tener un análisis cuantitativo de nematodos fitoparásitos; esto con fines de aplicación de medidas de combate, especialmente de tipo químico. Lo anterior está referido indudablemente a aquellos casos que traten con cultivos económicamente importantes.

Resumen

Durante 1977 se muestrearon dos lotes (L_1 y L_2) en Tejar de Cartago y dos (B_1 y B_2) en Paso Ancho de Pacayas, dedicados al cultivo de hortalizas. Se determinaron los patrones de distribución horizontal del género *Helicotylenchus* y de la especie *Meloidogyne incognita*. En los lotes L_1 , L_2 y B_1 la distribución del género *Helicotylenchus* fue errática y desuniforme. La especie *M. incognita*, estudiada en el lote B_2 , se comportó de igual forma que el género *Helicotylenchus* en los otros lotes mencionados.

Agradecimiento

El autor desea expresar su agradecimiento al Ing. Róger López Ch. y al Ing. Luis A. Salas por la valiosa ayuda prestada en la preparación y revisión del presente trabajo. También a la señorita Mayra Bonilla, del Depto. de Ayudas Audiovisuales de la Facultad de Agronomía por la preparación de las figuras presentadas.

Literatura citada

1. BARKER, K.R. y NUSBAUM, C.J. Horizontal distribution patterns of four plant parasitic nematodes in selected fields. *Journal of Nematology* 1:1-5 (Abstr.) 1968.
2. ————— y NUSBAUM, C.J. Diagnostic and advisory programs. In B. M. Zuchermann, W.F. Mai y R.A. Rhode, eds. *Plant parasitic nematodes*. New York y Londres, Academic Press. Vol. 1. 1971. pp. 281-303.
3. CAVENESS, F.E. y JENSEN, J.H. Modification of the centrifugal flotation technique for the isolation and concentration of nematodes and their eggs from soil and plant tissues. *Proceeding of the Helminthological Society of Washington* 22:87-89. 1955.
4. WILSON, J.D. A. distribution pattern of Root Knot nematode infestation on muck-grown carrots. *Down to Earth* 13:4-7. 1957.
5. YUEN, P.H. The nematode fauna of the regenerate woodland and grassland of broadbalk wilderness. *Nematologica* 12:195-211. 1966.

Reseña de Libros

DISCHARGE MEASUREMENT STRUCTURES. Wageningen, The Netherlands, International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI) 1976. 464 p.

Este libro ha sido preparado por un Grupo de Trabajo sobre Pequeñas Estructuras Hidráulicas, constituido por el Instituto Internacional para Recuperación y Mejoramiento de Tierras de Holanda. Ha actuado como editor de dicho Grupo, para los fines de esta publicación, el Ing. M.G. Bos.

En sus 464 páginas, se incluyen instrucciones y se presentan normas y procedimientos para la selección, el diseño, la aplicación y el uso de casi todas las estructuras corrientemente empleadas en la práctica para el aforo y la regulación de caudales en canales abiertos. Junto con la parte literal, el libro incluye 218 figuras, que son ilustraciones o gráficos importantes para el diseño de las estructuras, y 45 cuadros y tablas, que facilitan la consulta y aplicación de su contenido.

El libro puede considerarse un manual, que en sus nueve capítulos y cinco apéndices, analiza en forma detallada, con base en la más reciente bibliografía disponible sobre la materia, las diferentes estructuras de aforo y regulación que se utilizan en las obras hidráulicas. Se estudian los principios básicos del flujo del agua; se describe y analiza el equipo auxiliar para los aforos; se presentan los elementos necesarios para la selección de las diferentes estructuras y se explican las características de todas esas estructuras, entre las cuales se presentan los vertederos de cresta ancha, los vertederos de cresta aguda, los vertederos de cresta corta, los "flumes", los orificios y otras estructuras y equipos misceláneos, utilizados para el aforo y regulación de caudales en canales abiertos.

Además, en los apéndices, se estudian las ecuaciones básicas del movimiento de los fluidos, se analizan la precisión general y los errores probables en los aforos, se describen algunos vertederos de tipo especial y varios procedimientos para el diseño y perfección de pozas de amortiguación.

El libro se considera un instrumento muy útil para los Ingenieros Civiles, Agrícolas e Hidráulicos, y técnicos de campo, que diseñan, instalan o utilizan estructuras para el aforo y regulación de aguas en canales abiertos.

ENRIQUE BLAIR-FABRIS
INSTITUTO INTERAMERICANO
DE CIENCIAS AGRICOLAS
SAN JOSE, COSTA RICA

BJORN, L.O. Light and life. London, Hodder and Stoughton, 1976. 250 p. £ 1,75 net (paperback)

La primera edición de este libro apareció en Suecia y la versión en inglés la hizo el propio autor, con la ayuda del Profesor D.O. Hall, del King's College, de Londres. Se trata de una visión panorámica de la relación de la luz con la vida, exponiendo, en forma sencilla y completa, los alcances y contenido de la ciencia llamada fotobiología.

El capítulo más importante es el correspondiente a la fotosíntesis, el maravilloso proceso mediante el cual se insume energía al mundo viviente. El tema es tratado en forma completa, a pesar de las pocas páginas disponibles; así se puede notar que se incluye el ciclo Hatch-Slack de las "plantas eficientes" como el maíz y caña de azúcar (pp 52-53).

Siguen después capítulos sobre bioluminiscencia, visión en diferentes órdenes del reino animal, orientación en el espacio (y en el tiempo: fitocromo), fotobiología de la piel, luz artificial y niebla fotoquímica (el "smog"). Estos dos últimos fueron añadidos a la edición inglesa.

Dos capítulos más son de especial interés porque tocan fronteras remotas de la biología: a) el papel de la luz en el origen y evolución de la vida en el planeta en que vivimos, y b) la luz y nuestra concepción del universo.

En resumen, un libro ameno y fácil de entender que abarca un amplio campo sobre la luz y la vida. Tiene, por último, lecturas recomendadas para cada capítulo e índice de materias.

Synergism of anticholinesterase insecticides by non-insecticidal phosphorus esters in the boll weevil *Anthonomus grandis* Boheman* ————— RAFAEL URRELO**, HOWARD CHAMBERS***

COMPENDIO

La actividad sinérgica de tiol esterés de los ácidos fenilfosfónico y fosfónico aplicados con paration metílico, azinfos metílico, oxi-azinfos metílico, paraoxón metílico y carbofurano, fueron estudiados en el picudo del algodónero, Anthonomus grandis Boheman.

Los efectos debidos a la alteración de la cadena alifática de los sinérgicos en el grado de sinérgismo fue variable. La aplicación simultánea del producto S, S, S-tributilfosforotritioato (DEF) y de los homólogos n-propilo y n-butilo de la serie ácida S, S-dialquilfenilfosfónica resultó en un incremento de la toxicidad de azinfos metílico en el orden de 2,28, 2,17 y 2,26 veces mayor que la del insecticida aplicado solo. Un incremento similar (2,14) fue observado con la combinación del carbofurano con el producto S, S-dietilfenilfosfonoditioato. La mayoría de los ovos compuestos ensayados en combinación con azinfos metílico dieron incrementos sinérgicos entre 1,19 y 1,78 veces la toxicidad del insecticida solo.

La toxicidad del paration metílico, bajo la forma de filme residual, se incrementó hasta cerca de 12 veces cuando fue aplicado después de una dosificación topical de varios sinérgicos. La falta de interferencia en la penetración del insecticida a través de la cutícula de los picudos, por los sinérgicos ensayados, es postulada como la causa de este alto efecto sinérgico.

Introduction

WITHIN a few years after the introduction of chlorinated hydrocarbon insecticides for the control of the boll weevil, *Anthonomus grandis* Boheman, high levels of resistance to these insecticides were observed in field populations. Organophosphorus insecticides (OP), in contrast, have not induced development of resistance in boll weevils even though these compounds have been used in their control since 1956 (10). Despite this somewhat intriguing susceptibility, resistance to OP insecticides in the boll weevil remains a real threat, for it was found that this insect, put under selective pressure with a mixture of DDT-Toxaphene, developed cross-resistance to azodrin (12 fold) and methyl parathion (5 fold) in 22 generations (9).

Combined applications of chemicals for the simultaneous control of unrelated harmful species is common practice under field conditions. For example, within recent years S,S,S-tributylphosphorotrithioate (DEF) and S,S,S-tributylphosphorotrithioate (Folex) have been introduced into practical use for the removal of leaves from cotton plants prior to the picking of cotton. These defoliants are normally applied in conjunction with the late season application of OP insecticides to reduce overwintering populations of weevils, prior to their going into diapause.

The apparent increase in effectiveness of OP insecticides applied along with DEF led Norment and Chambers (18) to investigate the effects of these combined applications under laboratory conditions. They found that EPN, azinphosmethyl, malathion, and methyl parathion were potentiated 3.5-, 3.4-, and 1.7 fold, respectively. Ganyard and Brazzel (8) however, were able to find only additive effects for the combinations of DEF and Folex with methyl parathion, azinphosme-

* Received for publication July 6th, 1977.

** Universidad Nacional Agraria de la Selva. Apto. 156. Tingo María, Perú.

*** Mississippi State University. Drawer EM. Miss. 39762 USA.

thyl, and malathion in the same species. Further work done by Chambers (unpublished results) confirmed that DEF could synergize several other OP insecticides in the boll weevil. In general, those compounds having methyl groups attached to the side chain of the molecule were more prone to synergism, with the exception of EPN, for which the highest synergistic ratio was found.

The objective of this study was to further investigate synergism of insecticides in the boll weevil by considering the effects of altering the alkyl substituents of the synergists and their route of application.

Materials and methods

Test materials

All compounds tested for synergism in this study, except DEF and piperonyl butoxide (PB) were synthesized in the Toxicology Laboratory at Mississippi State University and purity was established by thin-layer chromatography.

Recrystallized samples (purity > 98%) of methyl parathion (MPS), methyl paraoxon (MPO), azinphosmethyl (Apm), oxyazinphosmethyl (ApmO), and carbofuran (Cbf) were evaluated for toxicity.

Insects

The boll weevils employed in the tests were from a laboratory strain maintained at the Gast Rearing Laboratory, Mississippi State, Mississippi. Unsexed four day old weevils were utilized in all bioassays.

Bioassay

All insecticides and synergists were dissolved in acetone at the desired concentrations. Following preliminary assays to establish effective ranges, a minimum of five replicates of 20 insects/dosage/replicate and 4-5 dosages/treatment were used to define the dosage mortality response.

Treatments used were as follows: (1) Topical application of insecticide alone; (2) "simultaneous" applications of insecticide and synergists; and (3) exposure of untreated and treated (via topical application) weevils to insecticide impregnated filter paper.

In test 1, 1 μ l of insecticide (in acetone) was applied to the dorsum of the weevils and allowed to dry. Controls received 1 μ l of acetone. Mortality determinations (described below) were made 48 h post-treatment.

In test 2, 1 μ l of synergist solution was applied as above. Insecticide solutions were applied immediately thereafter. Controls received synergist but no insecticide. Mortality was determined 48 h post treatment.

In test 3, 1 ml of insecticide solution was evenly distributed over 11 cm Whatman N^o 1 filter paper by using a calibrated pipette and allowed to dry. Nine centimeters petri dish bottoms containing 20 weevils each were covered with the treated filter papers, the

lids were pressed on and the dishes were inverted to bring the weevils over the filter papers. Dishes were held in the dark for 24 h, then weevils were removed from exposure to the insecticide for a second 24-h period prior to determining the rate of mortality. Residual film assays were conducted with untreated weevils and with weevils immediately following topical application of a synergist. Controls were handled identically, except that untreated filter paper were used.

In all studies involving synergists, the chemicals were applied at a constant dosage with varying insecticide dosages. For DEF, the dosage was 100 μ g/g of body weight. All other synergists were applied as molar dosages to adjust for differences in molecular weight. The dosage was 0.5 μ mole/g, representing a range of 123-165 μ g/g.

Except during exposure to insecticide treated filter paper, weevils were held in small glass jars and provided with fresh artificial diet. Temperature was laboratory ambient (approx. 23°C) and light regimen was not controlled (approx. 16 h light: 8 h dark). During the residual film treatment, no food was provided. After the initial 24 h, weevils were maintained as previously described.

For mortality determinations, death was defined as failure of the weevil to show coordinated response to a pinch on the proboscis. Experience has shown that live weevils in this condition following OP or carbamate poisoning die within the next 24 h. Observed mortality was corrected for mortality in control groups (1). LD₅₀ values and 99 confidence parameters were calculated by linear regression analysis of the data following probit mortality/log dosage transformations. LD₅₀'s are given as μ g/g of actual insecticide (alone or in combinations) for topical applications and as μ g/cm² for residual film studies.

Results and discussion

The synergistic activities of thiol esters of phosphoric and phenylphosphonic acids, and piperonyl butoxide applied with the insecticides methyl parathion, methyl paraoxon, azinphosmethyl, oxyazinphosmethyl, and carbofuran, are presented in Tables 1 and 2. The first section of Table 1 also shows the individual toxicities of the insecticides. This determination was deemed necessary for purposes of comparison with synergized toxicity data.

DEF was found to synergize all insecticides in the order of 1.58 fold to MPS and MPO, to 2.28 to Apm. Similarly, PB increased the toxicities of Apm, ApmO and Cbf in 1.66, 1.15, and 1.54 fold, respectively (Table 1).

A t-test by which the unsynergized versus DEF or PB synergized LD₅₀ values were compared, showed that the increase in toxicity of all insecticides, except for the combination of ApmO plus PB, is highly significant. This indicates that the interactions of DEF or PB with the insecticides results in true synergism rather than merely additive effects. Similar phenomenon is observed for the combination of Apm with all other synergists

Table 1—Toxicity data^{1/} for 5 insecticides alone and in combination with DEF and piperonyl butoxide against the boll weevil.

Insecticide	Alone		+ DEF, 100 μ g/g			+ piperonyl butoxide, 0.5 μ mole/g		
	LD ₅₀	Slope	LD ₅₀	Slope	I/SI	LD ₅₀	Slope	I/SI
Methyl parathion	4.99	8.95	3.16**	6.61	1.58			
Methyl paraoxon	3.17	3.49	2.00**	7.77	1.58			
Azinphosmethyl	5.29	4.90	2.43**	4.25	2.28	3.18**	3.75	1.66
Oxy-azinphosmethyl	1.82	3.25	1.00**	4.18	1.82	1.58	3.86	1.15
Carbofuran	7.31	3.40	4.11**	2.62	1.78	4.75**	3.21	1.54

^{1/} LD₅₀ values are expressed as μ g of insecticide/g body weight. LD₅₀ value followed by ** differs significantly ($P < 0.01$) from that of insecticide alone according to t-test. I/SI = LD₅₀ of insecticide alone/LD₅₀ of insecticidal component in binary treatments.

tested, and for the combination of Cbf with the ethyl and *n*-propyl homologs of the *S,S*-dialkyl phenylphosphonodithioate series (cmpds. I and II, Table 2). Synergistic ratios were rather small with either Apm or Cbf.

The interactions of DEF with MPO and ApmO result in homogenization of the response of the weevils to these compounds. The slope values increased from 3.49 to 7.77 for MPO and from 3.25 to 4.18 for ApmO. The opposite situation is observed with MPS, Apm, and Cbf. In this case the weevils responded more heterogeneously in the presence of DEF which is shown by the decrease in the slope values.

The significant increase in the toxicity of Apm by DEF merits a special comment. It has been postulated that DEF may act as non-specific esterase inhibitor in the boll weevil (Chambers, unpublished results), it has been demonstrated to be an esterase inhibitor in rats (16), and that it potentiates the toxicity of malathion, via carboxylesterase inhibition, in house flies and mosquitoes (3, 4, 5, 20), and in mice (6, 7).

On the other hand, Apm was found to be detoxified mainly by a glutathione dependent enzyme (GSH-transferase) in a predaceous mite and resistant house fly strains (14, 15). Moreover, DEF was found to inhibit the glutathione dependent desethylation of diazinon and diazoxon, and to a lesser extent, that of parathion in the resistant SKA strain of house flies (12).

Assuming that a similar mechanism of detoxication of Apm occurs in the boll weevil, then DEF might be inhibiting to a greater degree a GSH-alkyl or aryl transferase. If this is true, the mixed function oxidase enzymes will act more freely to desulfurate Apm, thus activating this compound by transforming it to its oxygen analog, ApmO.

There is also evidence that DEF inhibits the oxidative metabolism of hexobarbital in mice more than sesamex and about equal to sulfoxide, which are known mixed function oxidase inhibitors (21). Therefore, in the boll weevil, there are potentially two enzymes systems responsible for Apm detoxication which are inhibited by DEF. The actual degree of synergism could then be explained by the occurrence of a greater inhibition of the dealkylation or dearylation of the Apm molecule. The fact that ApmO is also synergized by DEF, and that the slope of the regression line is increased more than that of MPO, supports the above hypothesis. Of course, biochemical evidence should be sought to prove the validity of this speculation.

The same argument can be applied to the observed MPS and MPO synergism by DEF. In this case however, the ability of DEF to enhance cholinesterase inhibition by MPS *in vivo* has been shown to correlate with its ability to inhibit a soluble carboxylesterase (Chambers, unpublished results). Thus, esterase inhibition certainly plays a substantial, if only partial, role in MPS and MPO synergism by DEF. Similar correlations have been observed with the *n*-amyl and *i*-amyl homologs of the *S,S*-dialkyl phenylphosphonodithioate series (cmpds. VII and VIII, Table 2).

No antagonistic effects were registered in any combination of Apm and MPS with any synergist tested. MPS, however, was not tested with piperonyl butoxide, a combination which may yield antagonism. Antagonistic effects were found between Cbf and compounds IV, VII and VIII (Table 2). It is interesting to note that as the size of the alkyl substituents on the phosphonic acid increases there is a switch from synergism of Cbf (cmpds. I and II) to antagonism (cmpds. IV, VII, and VIII).

Table 2.—Toxicity data^{1/} for azinphosmethyl and carbofuran in combination with potential synergists (at 0.5 μ moles/g)

No	Alkyl substituent	Azinphosmethyl ^{2/}			Carbofuran		
		LD ₅₀	Slope	I/SI	LD ₅₀	Slope	I/SI
S,S-dialkyl phenylphosphonodithioates							
I	ethyl	3.49**	-1.58	1.51	3.42**	3.28	2.14
II	n-propyl	3.38**	-1.58	1.56	5.82**	3.28	1.25
III	i-propyl	4.09**	3.42	1.29			
IV	n-butyl	4.46**	5.95	1.19	9.85	2.78	0.74
V	i-butyl	4.08**	5.41	1.30			
VI	t-butyl	3.71**	-1.68	1.45			
VII	n-amyl	3.90**	-4.30	1.36	9.26	3.21	0.79
VIII	i-amyl	2.98**	-1.70	1.78	8.91	2.11	0.82
S,S-dialkyl O-phenyl phosphorodithioates							
IX	n-propyl	2.44**	4.83	2.17			
X	n-butyl	2.35**	4.79	2.26			
			Other				
XI	propyl-DEF ^{3/}	3.25**	-4.51	1.63			

1/ See Table 1 for toxicity data for insecticide alone and for explanations of abbreviations

2/ The combination of oxy-azinphosmethyl with compounds I, IV and X resulted in antagonistic effects ca I/SI = 0.80

3/ S,S,5-tri-n-propyl phosphorodithioate

One possible explanation of the mechanism by which carbofuran can be antagonized by compounds IV, VII, and VIII is by the inhibition of an activation step carried out by mixed function oxidases (MFO's). The involvement of MFO's in detoxications in the boll weevil is demonstrated by the fact that Cbf is synergized by piperonyl butoxide. The latter compound is a known mixed function oxidase inhibitor.

Carbamates are generally more toxic when hydroxylated somewhere in the aromatic ring (aromatic carbamates), or when N-demethylated (13, 19). Further, aromatic carbamate insecticides are metabolized mainly by microsomal enzymes (MFO's), with aromatic hydroxylation and N-demethylation being the more pronounced mechanisms of degradation (17). This evidence fairly supports the above explanation.

Influence of the route of application on the degree of synergism.

The n-propyl and n-butyl homologs of each series of synergists were tested with a residual film of methyl parathion. A rather high increase in the toxicity of MPS was registered after each combination, with synergistic ratios ranging from 10.89 for DEF to 12.13 for compound IV (Table 3)

Apparently, the cause for this increase in toxicity is the presence of a greater amount of methyl paraoxon at

Table 3.—Residual film toxicity^{1/} of methyl parathion to the boll weevil applied along with a topical dose of synergist.

	LD ₅₀	Slope	I/SI
Methyl parathion alone	2.20		
Methyl parathion + propyl DEF	0.20**	5.10	11.25
Methyl parathion + II	0.19**	3.40	11.44
Methyl parathion + IX	0.18**	-1.05	12.12
Methyl parathion + DEF	0.20**	-1.70	10.89
Methyl parathion + IV	0.18**	3.68	12.13
Methyl parathion + X	0.19**	-4.24	11.62

1/ LD₅₀ values are expressed as μ g of toxicant/cm² of filter paper

Other abbreviations are as described in Table 1.

the target site, the enzyme acetylcholinesterase. It appears that the penetration of MPS through the boll weevil cuticle is facilitated when the synergist does not interfere with it. Interference in the absorption of insecticides by a synergist when both were applied to the same loci has been reported in house flies (2) and in rats (11).

By referring back to the procedure followed in tests 2 and 3 described previously, it can be seen that the synergists were always applied before the insecticide, as the dose (except DEF) and the route of application were also the same. Under these conditions, the degree of inhibition of the detoxifying enzymes should be expected to be very similar, if not the same, in both bioassay series. Hence, in the present case, the actual amount of MPO (MPS must be activated to exert its toxic effect) reaching the target site has to be higher, which in turn should be directly correlated to the greater uptake of the toxicant by the tarsi of the weevils.

Further support of this assumption is the fact that all synergists tested by this method behave in a very similar fashion regardless of the arrangement of the substituents around the phosphorus atom. Other possible explanations are not excluded, however.

Since under field conditions the weevils must pick up contact insecticides mostly through their tarsi, the results of this investigation bear significance as they show that the dependence of the toxicity of an insecticide on its route of entry, may well be exploited favorably by the appropriate use of synergists.

Conclusion

From the results obtained in this investigation it can be concluded that the combination of residual dry film, as a method of insecticide application, with topical treatment with the synergist, is the more sensitive procedure to search for effective synergists in the boll weevil.

Simultaneous application of insecticide and synergist to the same loci onto the dorsal surface of the weevils results in either poor synergism or antagonism.

S,S,-tributylphosphorotrithioate (DEF) and propyl-DEF, increased the toxicity of azinphosmethyl 2.28 and 1.63 fold respectively, after simultaneous application. The same homologs (butyl and propyl) of the *S,S*,-dialkyl *O*-phenyl phosphorotrithioate series, applied as before, increased azinphosmethyl toxicity 2.26 and 2.17 fold, respectively. On this basis, to carry out further screening tests of synergism of OP insecticides in the boll weevil, the butyl and higher homologs of the latter series should preferentially be assayed.

To investigate the relative importance of mixed function oxidases and glutathione alkyl or aryl transferases in detoxications in the boll weevil, the insecticide azinphosmethyl offers relevant features. In addition, carbamate insecticides, which require activation to exert their toxic effects, should also prove valuable to clarify the involvement of mixed function oxidases in this insect.

Literature cited

1. ABBOT, W.B. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267 1925.
2. ABDALLAH, M.D. Interactions of some organophosphorus compounds in susceptible and resistant house flies (*Musca domestica* L.) *Mede. Landbouwhogeshool, Wageningen*, 63 i. Cited by O'Brien, R.D. *Mode of Action of Insecticides Annual Review of Entomology* 68: 153-156 1966.
3. BELL, J.D. and BUSVINE, J.R. Synergism of organophosphates in *Musca domestica* and *Chrysomya putoria*. *Entomologia Experimental Applicata* 10: 263-269 1967.
4. BIGLEY, W.S. Inhibition of cholinesterase and ali-esterase in parathion and paraoxon poisoning in the house fly. *Journal of Economic Entomology* 59: 60-65 1966.
5. ——— and PLAPP, F.W. Cholinesterase and ali-esterase activity in organophosphorus-susceptible and resistant house flies. *Annals of the Entomological Society of America* 53: 360-364 1960.
6. CASIDA, J.E. Mixed function oxidase involvement in the biochemistry of insecticide synergists. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 18: 753-768 1970.
7. ——— BARON, R.I., ETO, M., and ENGEL, J.L. Potentiation and neurotoxicity induced by certain organophosphates. *Biochemical Pharmacology* 12: 78-83 1963.
8. GANYARD, M.C., Jr. and BRAZZEL, R. Phosphate insecticides and defoliant applied singly and in combination for control of boll weevil. *Journal of Economic Entomology* 60: 1027-1029 1967.
9. GRAVES, J.B. and ROUSSEL, J.S. Status of the boll weevil resistance to insecticides in Louisiana during 1961. *Journal of Economic Entomology* 55: 938-940 1962.
10. JOHNSTON, J.H. The impact of insecticidal resistance upon the use and development of insecticides for cotton pests. *Entomological Society of America Miscellaneous publication* 2: 41-44 1960.
11. LAUWERYS, R.R. and MURPHY, S.D. Interaction between paraoxon and tri-*o*-tolyl phosphate in rats. *Toxicology and Applied Pharmacology* 14: 348-357 1969.
12. LEWIS, J.B. and SAWICKI, R.M. Characterization of the resistance mechanism to diazinon, parathion and diaxoxon in the organophosphorus resistant SKA strain of house flies (*Musca domestica* L.). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 1: 275-285 1969.
13. METCALF, R.L., FUKUTO, I.R., COLLINS, C., BORCK, K., BURK, J., REYNOLDS, H.T., and OSMAN, M.F. Metabolism of 2-methyl-2-(methylthio)-propionaldehyde *O*-(methylcarbamoyl)-oxime in plant and insect. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 14: 579-584 1966.
14. MOTOYAMA, N., ROCK, G.C., and DAUTERMAN, W.C. Studies on the mechanism of azinphosmethyl resistance in the predaceous mite, *Neoseiulus* (T) *fallacis* (Family: Phytoseiidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 1: 205-215 1971.
15. ——— and DAUTERMAN, W.C. *In vitro* metabolism of azinphosmethyl in susceptible and resistant house flies. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 2: 113-122 1972.
16. MURPHY, S.D. and DUBOIS, K.D. Toxicity and anticholinesterase activity of tributyl phosphorotrithioate (DEF). *American Medical Association Archives of Industrial Health* 20: 161-166 1959.

- 17 NAKATSUGAWA, T. and MORELLI, M.A. Microsomal oxidation and insecticide metabolism. *In*. Insecticide Biochemistry and Physiology (C.F. WILKINSON ed) pp 61-111 Plenus Press, New York 1976
- 18 NORMENT, B.R., and CHAMBERS, H.W. Joint action of organophosphorus poisoning in boll weevils. *Journal of Economic Entomology* 63: 499-502 1970
- 19 OONITHAN, E.S. and CASIDA, J.E. Oxidation of methyl and dimethyl carbamate insecticide chemical by microsomal enzymes and anticholinesterase activity of the metabolites. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 16: 28-31 1968
- 20 PLAPP, F.W. Jr., and EDDY, G.W. Synergism of malathion against resistant insects. *Science* 134: 2043-2044 1961.
- 21 SKIRINJARIC-SPOLJAR, M., MATHEWS, H.B., ENGEL, J.L., and CASIDA, J.E. Response of hepatic microsomal mixed function oxidase to various types of insecticide chemical synergists administered to mice. *Biochemical Pharmacology* 20: 1607-1618 1970

Reseña de Libros

LIKENS, G.E., BORMAN, F.H., PIERCE, R.S., EATON, J.S., and JOHNSON, N.M.
Biogeochemistry of a forested ecosystem. New York, Springer, 1977 146 p.

El libro de Likens y colaboradores presenta los resultados obtenidos a largo plazo de un estudio integral de un ecosistema forestal en Hubbard Brook, New England, USA. Se trata de una área boscosa de 3076 hectáreas en alturas entre 229 y 105 m s.n. en un clima húmedo continental sobre suelos podzolizados (haplorthods) limoarenosos desarrollados a partir de rocas graníticas y metamórficas. En esta área se han investigado entre 1956 y 1974 los ciclos biogeoquímicos. Los resultados pertinentes se presentan en 5 capítulos del libro: 2) hidrología, 3) química, 4) balances de input-output, 5) meteorización y 6) ciclos de elementos nutritivos. En los últimos dos capítulos se comparan los resultados con datos de otros ecosistemas y se presentan las conclusiones.

Los datos hidrológicos corresponden a mediciones entre 1956 y 1974, arrojan en promedio una precipitación anual de 1295 mm, correspondiendo en 38,1 por ciento a evapotranspiración y el resto a la escorrentía. En último proceso fue medido como una cuenca hidrológica cerrada.

Para los ciclos biogeoquímicos se colectaron y analizaron muestras semanales entre 1963 y 1974. Las lluvias son bastante ácidas (promedio 4,14) y fueron analizadas para Na, K, Ca, Mg, Al, NH₄, SO₄, NO₃,

Cl, PO₄, HCO₃, Si y C orgánico. Los elementos predominantes son H y SO₄; en el transcurso de las mediciones se encontró un aumento lineal del H (de 0,8 kequiv/ha en 1964 a 1,1 kequiv/ha en 1974), asociado con la polución reinante en la región. Basándose en los resultados se han calculado las ganancias y pérdidas de elementos nutritivos al comparar la deposición con la escorrentía. A largo plazo se encontraron balances positivos para N, Cl, S y P y negativos para Si, Ca, K, Mg, Na, y Al. En función de ellos consideran los autores los procesos de meteorización de minerales primarios del suelo. El proceso se explica teóricamente en el intercambio de H proveniente de las lluvias ácidas en los complejos metálicos y así la liberación de los elementos mencionados (Si, K, Ca, Mg, Al).

Basándose en una determinación de la biomasa de un rodal de 55 años y determinaciones en el suelo se calculan las cantidades de elementos acumulados en el ecosistema. Esos datos son punto de partida para el establecimiento de modelos matemáticos de los diferentes elementos nutritivos; de ellos se presentan en detalle el de calcio y de azufre. Si bien los modelos matemáticos son bastante interesantes llevan una serie de premisas que escatiman su valor; así por ejemplo no se considera al rodal mantillo húmico del suelo y el "turnover" en el pasaje de las lluvias; los datos de mineralización y meteorización son también muy estimativos. A pesar de ello se trata de un estudio a largo plazo, bien conducido, el cual es pionero a nivel mundial. Para los especialistas es un ejemplo sin comparación que puede servir de guía en otros estudios.

HANS W. FASSBENDER
INSTITUTO DE SUELOS Y NUTRICION
FORESTALES
UNIVERSIDAD DE GOINGA
REPUBLICA FEDERAL DE ALEMANIA

Biología, daño y control del ácaro tropical *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acarina; Tarsonemidae) en frijol*—

————— A. V. SCHOONHOVEN**, J. PIEDRAHITA***, R. VALDERRAMA***, G. GALVEZ**

ABSTRACT

Damage of Polyphagotarsonemus latus is characterised by deformation and curling up of newly formed leaves. Leaf undersides turn purplish and in severe attacks, the whole leaf turns golden yellow and pods are covered with wound tissue. The mite has a broad host range and a short life cycle, lasting 4-5 days. Females lived an average of 15 days, in which 48-3 eggs were laid.

Damage on an individual plant basis amounted to 56 per cent yield reduction. In a chemical control study yield reduction was 43 per cent. The products endosulfan (Thiodan), dicofol (Kelthane), triazofos (Hostathion), omethoate (Folimat), carbaryl (Sevin) and Amitraz provided the best mite control. Correlation between mite counts and yield were low, and between damage score and yield highly significant (-0.91 and -0.95 one week after each application, respectively).

Carbaryl (Sevin) controlled P. latus, but caused a Tetranychus outbreak. Tetradifon (Tedion) controlled T. desertorum but gave poor control of P. latus, while dicofol (Kelthane) controlled both mite species.

Introducción

EL ACARO *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) tiene varios sinónimos, los cuales incluyen:

Tarsennumus latus Banks

Hemitarsonemus latus Ewing

Neotarsonemus latus Smiley

Polyphagotarsonemus latus Beer y Nucifora

Banks (3) y Cromroy (6) describen la hembra y el macho.

El ácaro se encuentra ampliamente distribuido en el trópico y se ha observado en islas del Caribe y en Florida (9), en América Central y del Sur (5, 7). El ácaro tiene un amplio espectro de hospedantes los cuales incluyen:

Solanum tuberosum L. (7); *Asclepias curassavica*; *Centrosema pubescens*, *Dolichos lablab*, *Lycopersicon*

esculentum (6); *Gossypium hirsutum*; *Capsicum annuum*; *Dahlia* sp.; *Zinnia elegans* (9); y *Phaseolus vulgaris* L. (5). El ácaro se ha observado atacando frijol en Perú, Colombia, Brasil y Nicaragua; en campos de frijol también se observaron malezas atacadas (tales como *Bouchea prismatica* y *Sida* sp.).

Esta familia de ácaros se caracteriza por un corto ciclo de vida, con los siguientes estados: huevo, larva, pseudopupa y adulto. Hambleton (9) indica que una generación puede durar de 3-5 días a 26-28°C. Flechtmann (8) indica que a 27°C, el período de incubación es de 1-3 días, la etapa larval de dos días y la etapa de pseudopupa de dos días.

El *P. latus* se controla efectivamente con azufre (14). Flechtmann (8) indica que en el algodón, el endrín es el producto más ampliamente utilizado, en tanto que Arruda (2) obtuvo un buen control con endrín, diazinon y EPN. En el Algodón Costa (4) recomienda la utilización de carbophenothion, chlorzenzilat, chlorfensulfide, endrín y endosulfan. Para el ácaro *Steneotarsonemus pallidus* una especie relacionada, se recomiendan los siguientes productos: endosulfan y Hostathion (12), endosulfan, endrín y kelthane (11), endosulfan (15), endosulfan y dicofol (1). Las aplicaciones de dimethoate resultaron en un aumento del ataque de *S. pallidus* (10) o no fueron efectivas (11).

* Recibido para la publicación el 20 de marzo de 1978.

** Entomólogo y patólogo, respectivamente del programa de frijol del CIAT, Apartado Aéreo 67-15, Cali, Colombia.

*** Anteriores asistentes de investigación en el departamento de entomología del equipo de frijol del CIAT. Actuales direcciones: J. Piedrahita, FMC Corp., Apt. Aéreo 1192, Cali, Colombia; R. Valderrama, Universidad de Antioquia, Departamento de Microbiología y Parasitología, Facultad de Medicina, Apt. Aéreo 883, Medellín, Colombia.

Después de la floración del frijol en el Valle del Cauca, Colombia, se observaron síntomas visuales del daño del ácaro, los cuales frecuentemente se confundieron con los síntomas del daño ocasionado por herbicidas o virus. A continuación se discuten aspectos de los síntomas del daño ocasionado por ácaros, su influencia en el rendimiento del frijol seco y su control químico.

Materiales y métodos

La biología de *P. latus* se estudió en el laboratorio (22-22°C) en segmentos circulares de hojas de la variedad de frijol 'ICA-Pijao'. Se determinó la duración de los estados de desarrollo y la curva de oviposición.

En un primer experimento, se marcaron plantas individuales de la variedad 'Diacol-Calima' según el grado de ataque por *P. latus*. Los datos de rendimiento se tomaron de plantas altamente atacadas y de las que no presentaron síntomas de daño. En el segundo experimento se sembró la variedad 'ICA-Pijao' en parcelas de 7 x 4 m; el frijol se sembró en camas distanciadas un metro, con dos hileras por cama a razón de 200.000 plantas/ha. Se ensayaron 15 productos químicos para evaluar su influencia sobre las poblaciones de ácaros y rendimiento del frijol, en comparación con el testigo. El experimento se sembró según el diseño de látice balanceado con tres repeticiones. Semanalmente se aplicó dimethoato para controlar insectos, especialmente *Empoasca kraemeri* a razón de 1,0 litro de i.a./ha. Las parcelas se infestaron artificialmente con 32 hojas infestadas de ácaros, distribuidas uniformemente por parcelas, antes de la floración. Estas se colectaron de campos infestados, para completar la infestación natural. Con cada uno de los productos se hicieron dos aplicaciones a los 40 y 55 días después de la siembra. Las poblaciones del ácaro *P. latus* se midieron a los -1, 1, 3, 5 y 10 días después de las aplicaciones. Se tomaron 12 hojas por tratamiento y los ácaros se fijaron con cinta transparente. Se hicieron conteos de huevos y ácaros en segmentos circulares (18 mm de diámetro) de hoja. Conteos de *Tetranychus desertorum* se hicieron sobre 15 hojas por parcela, y se reporta número de ácaros por foliolo después de la segunda aplicación. El daño visual causado

Cuadro 1.—Ciclo de vida de *P. latus* en hojas de frijol de la variedad 'ICA-Pijao' bajo condiciones de laboratorio

Estado de Desarrollo	Duración (días)	Duración Promedio y Desviación Estandar (días)
Huevo	2-3	2,0 ± 0,1
Larva	1-2	1,0 ± 0,1
Pseudopupa	1	1,0
Hembra adulta	7-18	15,1 ± 3,1
Macho adulto	11-14	12,5 ± 2,1

* Temperatura promedio de 22-28°C

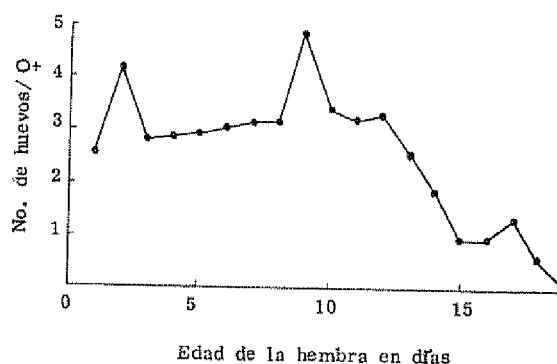


Fig. 1.—Curva de oviposición de *P. latus* en hojas de frijol, var. ICA-Pijao

por *P. latus* por tratamiento se estimó siete días después de cada aplicación. El daño se evaluó con base en una escala de 0 a 3 según Oliveira y Calcagnolo (13); 0 = sin síntomas de daño; 3 = síntomas severos.

El rendimiento del frijol seco se estimó en base a un área central de 12 m² por parcela y se registraron los componentes del rendimiento de 15 plantas/parcela.

Resultados

Biología

El *P. latus* presentó una corta fase de desarrollo de 4-6 días, con un promedio ligeramente mayor a los 4



Fig. 2.—Daño inicial de *P. latus* en hojas de frijol, variedad ICA-Pijao

días. Las hembras adultas vivieron un promedio de 15 días, y los machos de 12 días (Cuadro 1). Las hembras ovipositaron un promedio de 48,3 huevos o 3 huevos/día (Figura 1), lo cual indica que este ácaro tiene un potencial de multiplicación rápida, y su reproducción partenogénica lo aumenta aún más.

Síntomas

Los síntomas más severos ocurren bajo condiciones ambientales cálidas y húmedas. En consecuencia, los ataques son más severos al final de la estación lluviosa. Los síntomas severos se desarrollan durante la floración.

El daño inicial induce el encrespamiento de los márgenes foliares hacia arriba y a medida que se torna más severo, las hojas generalmente se observan más largas y estrechas (Fig. 2). En algunas variedades negras, el envés de las hojas puede tomar un color violáceo o amarillo dorado y las vainas un color marrón debido al tejido herido.

Daños

Las plantas sin síntomas dieron un rendimiento de 13,1 g/planta (promedio de 86 plantas), en tanto que

las plantas severamente afectadas dieron un rendimiento de 5,8 g de frijol seco/planta (promedio de 93 plantas); ésto implica una reducción en el rendimiento del 56 por ciento. Aunque esta pérdida en rendimiento puede sobreestimar los valores reales debido a la competencia de plantas severamente atacadas por vecinas menos atacadas, ilustra la importancia del ácaro.

Control

Se presentó un ataque severo de *P. latus* en el estudio del control químico. En algunos tratamientos se observó un ligero ataque por *T. desertorum*. Sin embargo, el experimento permaneció libre de otros insectos plaga.

El mayor rendimiento (2 015 kg/ha) se obtuvo con la aplicación de endosulfan, en tanto que las parcelas sin tratamiento dieron un rendimiento de 1 155 kg/ha (una reducción en rendimiento del 43 por ciento). En orden decreciente, le siguieron en efectividad los productos Kelthane, Hostathion y Folimat. Esto confirma los resultados del estudio de control químico, en los cuales el endosulfan dio el mejor control de ácaros de la familia *Tarsonemidae*. Los fungicidas Dithane M-45, Brestan y Elosal no dieron protección alguna, como tampoco lo hizo el insecticida diazinon.

Cuadro 2.—Rendimiento de frijol seco, puntaje de daño (escala de 0-3, una semana después de cada aplicación) y poblaciones de ácaros (número de *P. latus* por segmento circular foliar de 18 mm de diámetro, cinco días después de cada una de las aplicaciones y *T. desertorum* por folio 10 días después de la 2a aplicación), después de la aplicación de 15 productos para controlar *P. latus* en frijol (cv ICA-Pijao).

Producto	Dosis	Rendimiento	Nivel de Daño		Nº de <i>P. latus</i>		Nº de huevos de <i>P. latus</i>		Nº de <i>T. desertorum</i>
	l a/ha	(kg/ha)	1º	2º	1º	2º	1º	2º	
Endosulfan (Thiodan)	1,22 l	2015 a	0,1	0,5	95	116	358	100	178
Dicofol (Kelthane)	0,84	1783 ab	0,8	1,0	124	98	349	98	30
Triazofos (Hostation)	0,4	1765 abc	0,5	0,6	115	103	340	156	127
Omethoato (Tolimat)	0,5	1711 bc	1,5	1,8	353	189	521	200	119
Carbaril (Sevin)	1,6 kg	1664 bc	1,0	1,3	223	151	382	141	89
Amitraz	0,06 l	1648 bc	1,5	1,5	104	126	391	134	42
Monocrotofos (Azodrin)	0,28	1578 bc	1,8	1,6	261	158	391	267	286
Carbófurán (Furadan)	120 g	1540 bc	2,1	1,8	318	142	495	194	617
EPN	0,675	1489 bcd	1,1	1,8	300	125	346	171	611
Tetradifon (Tedion)	0,311	1173 cde	2,1	2,0	294	153	476	258	20
Fentin Acetato (Brestan)	0,8 kg	1242 def	3,0	2,8	558	154	410	188	229
Azufre (Elosal)	0,4	1236 def	2,0	2,3	189	149	553	209	448
Binapacril (Accricid)	0,6 l	1212 def	2,1	2,6	224	114	391	125	77
Diazinon (Basudin)	0,324	1196 ef	2,8	3,0	202	203	420	124	323
Mancozeb (Dithane M ₄₅)	1,6 kg	1134 f	2,8	2,6	345	137	485	99	268
Testigo		1155 f	3	2,6	349	192	574	165	237

Una semana después de la aplicación, el daño visual se correlacionó significativamente con el rendimiento ($r = -0,91$ y $-0,95$ respectivamente). Los síntomas menos severos se observaron en campos tratados con Thiodan, Hostathion y Kelthane, lo cual indica que la escala de daño por observación visual es una medida confiable para determinar la influencia de las poblaciones de ácaros sobre el rendimiento.

Los conteos de ácaros y huevos son significativamente diferentes entre tratamientos (Cuadro 2). Sin embargo, sus coeficientes de variación fueron grandes y oscilaron entre 28 hasta 59 por ciento, pero el promedio fue del 30 por ciento. Esto hace que los conteos de ácaros o huevos sean menos confiables para medir el efecto de insecticidas. Los conteos de *P. latus* oscilaron entre 95 y 903 ácaros por segmento después de la primera aplicación y de 84 a 345 ácaros después de la segunda, en tanto que los conteos de *T. desertorum* después de la segunda aplicación oscilaron entre 5 y 894 ácaros por folíolo. Las correlaciones entre la población de ácaros y el rendimiento no fueron significativas. Las mayores correlaciones se obtuvieron con los conteos hechos a los 55 días después de la aplicación. Los conteos de huevos a los 3 y 5 días después, de la primera aplicación, y la suma de todos los conteos de huevos se correlacionaron significativamente con el rendimiento ($r = -0,59$, $-0,52$ y $-0,55$, respectivamente). Los otros conteos no se correlacionaron significativamente con el rendimiento, lo cual indica que ésta no es una medida confiable del efecto de los ácaros sobre el rendimiento. El cambio rápido de generación puede explicar una inconsistencia en la relación entre el nivel de población y el daño ocasionado por los ácaros. Permanencia de ácaros muertos por pesticidas también puede contribuir a la falta de correlaciones mejores.

Resumen

El daño ocasionado por el ácaro *Polyphagotarsonemus latus* se caracteriza por la deformación y encrespamiento de hojas recién formadas. El envés de las hojas toma un color violáceo y, en los ataques severos, la totalidad de la hoja toma un color amarillo-dorado y las vainas se observan cubiertas de tejido necrótico. El ácaro tiene un amplio espectro de hospedantes y un corto ciclo de vida, el cual dura 4-5 días. Las hembras vivieron un promedio de 15 días, período durante el cual ovipositaron 48,3 huevos.

El daño, medido con base en plantas individuales, ocasionó una disminución del rendimiento del 56 por ciento. En un estudio sobre el control químico del ácaro, la reducción del rendimiento fue del 43 por ciento. Los productos endosulfan (Thiodan), dicofol (Kelthane), triazofos (Hostathion), omethoato (Folimat), carbaryl (Sevin) y Amitraz dieron el mejor control del ácaro. La correlación entre los conteos del ácaro y el rendimiento fue baja, pero fue altamente significativa entre el nivel de daño (medido en una escala de 0-3)

y el rendimiento ($-0,91$ y $-0,95$, una semana después de cada aplicación).

El carbaryl (Sevin) controló el *P. latus*, pero ocasionó un brote de *Tetranychus*. El tetradifon (Tedion) controló al *T. desertorum* pero no dio un buen control de *P. latus*, en tanto que el dicofol (Kelthane) los controló a ambos.

Literatura citada

- 1 ALFORD, D. V. Field spray trials for control of the strawberry mite *Tarsonemus fragariae* (Zimm). *Journal of Horticultural Science* 49: 131-134. 1974.
- 2 ARRUDA, H. V. Efeitos de inseticidas e acaricidas em cultura de feijão. *Bragantia* 19: 221-228. 1960.
- 3 BANKS, N. Class III, Arachnida, Order 1, Acarina. Four new species of injurious mites. *Journal of the New York Entomological Society* 12: 53-56. 1904.
- 4 COSTA, D. S. Ácaros inimigas invisíveis do algodoeiro. *Divulgação Agronômica* 26: 6-9. 1970.
- 5 COSTA, C. L. and ROSSETTO, C. J. Investigações sobre pragas do feijoeiro no Brasil. In *Anais do I Simposio Brasileiro de Feijão*. Campinas Aug. 22-29, 1971. pp 283-302.
- 6 CROMROY, H. L. A preliminary survey of the plant mites of Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 42: 39-144. 1958.
- 7 DORESTE, S. E. Primera lista de ácaros de importancia agrícola en Venezuela. *Revista de Agricultura Tropical* 18: 452. 1968.
- 8 FLECHTMANN, C. H. W. Ácaros de importancia agrícola. São Paulo, Nobel, 1972. 150 p.
- 9 HAMBLETON, E. J. A ocorrência do "ácaro tropical" *Tarsonemus latus* Banks (Acarí, Tarsonemidae) causador da rasgadura das folhas nos algodões de São Paulo. *Arquivos do Instituto Biológico (São Paulo)* 9: 201-209. 1938.
- 10 HARRIS, K. M. Population increases of *Steneotarsonemus pallidus* (Banks 1901) 5. *Beitrag Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig)* 20: 73-75. 1969.
- 11 MULLER, H. W. K. Zur Bekämpfung der Erdbeermilbe (Cyclamenmilbe) *Steneotarsonemus pallidus* (Banks 1901) 5. *Beitrag Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig)* 20: 73-75. 1965.
- 12 ——— Zur Bekämpfung der Erdbeermilbe *Tarsonemus pallidus* Banks mit neuen Wirkstoffen und Verfahren. *Der Erwerbsobstbau* 16: 75-77. 1974.
- 13 OLIVEIRA, C. A. and CALCAGNOLO, G. Açã odo "ácaro branco" *Polyphagotarsonemus latus* (Banks, 1904) na depreciacao quantitativa e qualitativa da producao algodoeira. *O Biológico* 40: 139-149. 1974.
- 14 SMITH, F. F. The cyclamen mite and the broad mite and their control. U.S. Department of Agriculture Circular 301. 1933. 13 p.
- 15 STENSETH, C. and NORBY, A. Damage, and control of the strawberry mite *Steneotarsonemus pallidus* (Acarina: Tarsonemidae), on strawberries. *Journal of Horticultural Science* 51: 49-54. 1976.

Soil water and aeration and red bean production. I. Mean maximum soil moisture suction*

WARREN M. FORSYTHE, LUCIO LEGARDA B**

COMPENDIO

La producción de grano, materia seca de la parte aérea y el número de vainas por planta, se maximizó cuando el frijol rojo, Phaseolus vulgaris L., variedad '27-R' cultivado en los trópicos, se regó cuando la succión del agua de suelo llegaba a 0,8 bares a 5 cm de profundidad o 06 bares a 15 cm de profundidad. El experimento se llevó a cabo en macetas de 26 litros de suelo fumigado en el invernadero en CATIE, Turrialba, Costa Rica, con un espaciamiento de plantas semejante al usado en el campo. Cuando las succiones máximas fueron mayores o menores que el valor óptimo, hubo una reducción en rendimiento. Se encontró que la disminución en producción de grano por unidad de cambio de succión en bares, en el lado de succiones menores del óptimo, fue 15 veces mayor que la del lado de succiones mayores del óptimo. No se encontraron problemas de plagas ni enfermedades. La evapotranspiración potencial se incrementó hasta un valor máximo a la octava semana y luego disminuyó. La evapotranspiración se reducía a medida que aumentaba la succión máxima aplicada.

Introduction

EXTENSIVE work has shown that soil moisture deficit significantly influences crop growth and yield (19). It was observed that plants behaved similarly in soil with diverse moisture contents. Application of the energy concept to soil water (suction or tension) at the wilting percentage showed that a given soil moisture suction of 15 bars was the common denominator between the soils, although their moisture contents varied considerably (16). Total soil moisture suction, the sum of matric suction and osmotic suction, is considered the dominant soil moisture factor which affects plant growth. The energetic equivalence of these two terms has been experimentally shown by vapour pressure measurements (17, 18). Wadleigh and Ayres (24) and Wadleigh (25) showed that in beans and guayule, the effect of matric suction and osmotic suction on growth is equivalent and interchangeable.

Osmotic suction is only important in soils with a high salt content and as a result the total suction in other soils is almost completely represented by the matric suction. For non-saline soils the matric suction is the dominant soil water factor which influences plant growth and because of its energy basis, has a greater generality of application for different soils than does soil moisture percentage. This can be seen in the data of Bierhuizen and Vos (3) who obtained a similar relative yield — mean soil suction curve for lettuce, radish and spinach grown on clay and sandy soils.

Attempts were made to eliminate the arbitrary nature of soil moisture percentage as a soil water index by developing concepts of available water (16). The one most recently used is the water found between the upper limit of field capacity percentage and the lower limit of permanent wilting percentage, the latter having been suggested by Veihmeyer and Hendrickson (23). Common use of this index is to relate yield or growth to the depletion of various fractions of available water in the crop rooting depth, i.e. 25, 50 and 75 per cent prior to irrigation. However, since different soils have different shaped curvi-linear moisture desorption curves between field capacity and permanent wilting point, a given percentage of available water will correspond to a different suction for each soil.

* Received for publication February 28, 1978

** Soil Physicist, CATIE and graduate student, respectively. Present address of Dr. Forsythe is: Director, HICA Office in Barbados, P. O. Box 705C, Bridgetown, Barbados, West Indies, and the present address of Ing. Legarda is: Jefe, Depto. Ing. Agrícola, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Nariño, Colombia.

(6, 10) Consequently, results from a given irrigation experiment on a given soil that are expressed in percentage of available water can only be applied on the soil of the experimental site. If an energy concept such as soil suction is used (suction has dimensions of energy/unit volume of soil water), then the results obtained from area can be more easily applied to another area.

Different functions of soil water suction have been used to study plant growth and yield. Ayers *et al.* (1) used the maximum suction at 10 cm soil depth permitted before irrigation as an index to study the effect of different soil suctions (maximum suctions) on the yield of dwarf red kidney beans at different soil salinity levels. Wadleigh and Ayers (24) integrated with respect to time, the total suction corresponding to the average moisture content of the root zone (0-38 cm) of a 10 gallon pot. The value of the average root zone suction with respect to depth, versus time was obtained graphically and from this, time average was obtained, which was called the integrated moisture stress. They obtained a yield response curve with little scatter of the points. Rawitz and Hillel (15) obtained similar results with snapbeans and sunflowers using a similar procedure for a non-saline soil, which means that osmotic suction was ignored and what they called a mean integrated capillary suction index was calculated. Taylor (20) recognizing that the moisture distribution in the root zone is not uniform after some moisture extraction has occurred, devised a way of integrating the suction with time and a given number of depth intervals in the root zone. However, both forms of obtaining an integrated soil moisture suction require laborious calculations and are thus of limited practical application as a field norm. This opinion has also been expressed by Haise and Hagan (10) and Rawitz and Hillel (15).

If the average of the moisture content of the root zone just before irrigation (minimum moisture content index) is converted to soil water suction by using a soil moisture desorption curve we obtain a depth average of suction in the root zone just before irrigation. This suction is the maximum suction experienced during an irrigation cycle. The minimum suction would be that existing in the root zone immediately after an irrigation. The field capacity suction is commonly used to estimate this value. The time (event) average of these maximum capillary suctions has been called the mean maximum capillary suction index by Rawitz and Hillel (15) and has been used by various researchers. Using this method for potatoes, Rawitz and Hillel found there was good agreement between yield curves obtained in the growth chamber and those obtained in the field, for the same soil. The mean maximum capillary suction is a sensitive indicator of soil moisture status and can be applied practically as a field norm for irrigation.

It is more convenient if the suctions can be measured directly in the field with tensiometers or other suitable instruments. The depth of maximum root activity is considered suitable for the placement of these instruments (10). In this study the mean maxi-

mum capillary suction are measured at 5 cm and 15 cm depths for a red bean variety ('27-R') of *Phaseolus vulgaris* which is grown in the tropics.

Studies have shown that the evaporative demand of the environment modifies the suction-yield curve, specially at the higher suction (3). Taylor (20, 21) cites ranges of optimum mean maximum capillary suctions according to the evaporative demand. Guides for levels of evaporative demands may be taken from the study of Denmead and Shaw (4) where the calculated Class A pan evaporation equivalent to a high demand is between 7.9 and 9.4 mm/day for a medium demand 3.8 - 5.2 mm/day and a low demand 1.35-2.5 mm/day.

Materials and methods

Approximately 25 litres of soil were placed in pots 30 cm high, 20 cm wide (internally) and 50 cm long, made of tin-coated iron sheets painted firstly with asphalt paint and then green paint. The soil is the 'Margot' series, a Typic Dystropept, fine mixed isohyperthermic. The top 20 cm of the soil profile was sampled, air dried, passed through a 5 mm sieve, and fumigated with methyl bromide for 24 hours. The soil had a bulk density of 0.91 g/ml when packed in the pot; particle density 2.49 g/ml, a clay loam texture under the USDA system with 32% clay, 40% silt and 28% sand. Resistance to a 5 mm diameter piston immersed 5 mm in the soil varied from 1.1 bars for the 0.003 bar suction treatment to 9 bars for the 12.8 bar suction treatment. The soil had a pH in water (1:1) of 4.5; organic matter 6.0%; total N 0.36%; CN ratio 9.7; available phosphorus (Bray-Kurtz) 1.6 ppm; cation exchange capacity 40 me/100 g (oven dried soil); calcium 8.0 me/100 g; potassium 0.6 me/100 g; magnesium 2.5 me/100 g, and electric conductivity of a saturated extract 0.4 mmho/cm.

Soil was placed in the pots to a height of 25 cm and was fertilized to eliminate risks of nutrient deficiency following doses per hectare suggested by Martini (13). The amount of fertilizer applied to a pot of 2 plants was calculated considering that the plant population per hectare was 200,000. The pots were randomly distributed on 3 tables 1 m high and on each table they formed two rows with 2 plants per pot 10 cm x 50 cm used in the field. Week-old red bean '27-R' seedlings were used in the planting.

The pots had treatments of the following maximum suction measured at 5 cm depth: 0.10, 0.20, 0.40, 0.80, 1.60, 3.20, 6.40 and 12.80 bars. When the pots reached the maximum suction they were irrigated until the suction fell to 0.050 bars. They were also treatments at lower suctions to provide limiting conditions of aeration in order to study this effect concurrently with the maximum suction effect. Suction of 0.003, 0.006, 0.0125, 0.025 and 0.05 bars were applied through asbestos wetting pads (Figure 1) connected by hydrostatic lines to containers with free water. By regulating the height of the containers it was possible to maintain these constant suctions within ± 2.5 cm of water (± 0.0025 bars). Water manometers which made

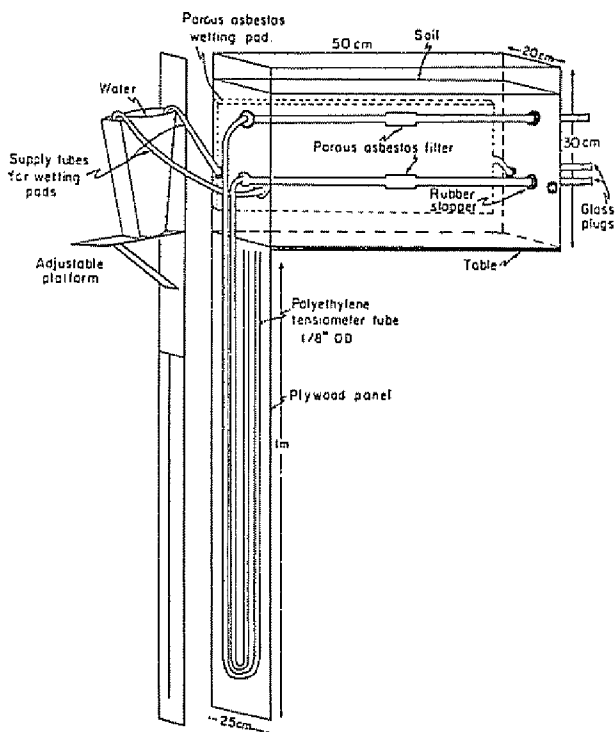


Fig. 1.—Pot and variable water table system used for treatments of 0.003 - 0.060 bars.

contact with the soil through porous asbestos filters were used as tensiometers (Figures 1 and 2). The air space corresponding to the different low suctions were determined by estimating soil moisture of pots without plants by weighing, and determining the total porosity of the soil. Values of 4 repetitions were used

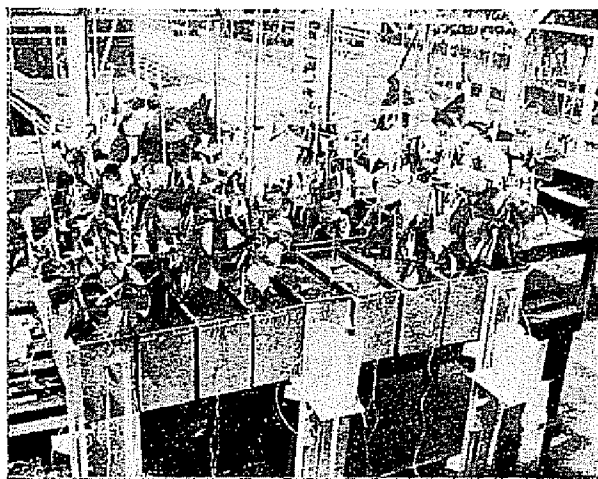


Fig. 2.—Pots planted with beans, showing tensiometer, nylon block and thermometer installations

The experiments had a random block design with 13 treatments and 4 repetitions. Moisture suctions were measured at 5 and 15 cm depths. Suctions up to 0.050 bars were measured with water manometer tensiometers, suctions between 0.10 and 0.80 bars with dial gauge tensiometers, and suction between 1.60 and 12.80 bars with nylon blocks individually calibrated in pressure-plate equipment

The daily maximum and minimum of the temperature and relative humidity of the greenhouse were measured, and this and other weather data were used to calculate USWB Class A pan evaporation using the formulas of García-López (8) Papadakis (14) and Van Bavel (22) with modifications by Legarda and Forsythe (11), who found that the formulas adapted well to a tropical area, such as Turrialba, Costa Rica. An average of the estimations of the three formulas was used.

Results and discussion

The crop cycle lasted 81 days starting from germination which started on the 5th of January, 1972. During the cycle the average greenhouse maximum daily temperature was 30.4°C, minimum 18.6°C and average 24.5°C, and the average maximum relative humidity was 95.7%, minimum 47.6%, and the average 78.8%. The average soil temperature at 5 cm was 22.9°C, whereas that at 15 cm was 22.0°C. The average of the Class "A" pan evaporation calculated from the three formulas previously mentioned serves as an index of the evaporative demand of the environment. During the experiment the estimated pan evaporation varied between 3.45 - 6.48 mm/day, which may be characterized as a medium demand.

Table 1 shows the estimated pan evaporation (E) for different periods together with relations between potential evapotranspiration (PET) and evapotranspiration (ET), such as values of *f* evaluated as (PET/E) and *R* evaluated as (ET/PET) during crop growth for different maximum suctions. The value of PET used to estimate *f* was the volume of water consumed divided by the horizontal sectional area of the pot. The high values of *f* which usually do not surpass 1.2, are probably due to advective effects and the possibility that plant foliage shaded an area larger than the surface of the pots. However, it is observed that there is an increase of *f* with a developing canopy up to the 8th week and its subsequent decrease possibly due to leaf maturity and leaf fall. The diminishing value of *R* with increasing maximum suction (decreasing soil moisture) follows the pattern of soil drying for moderate evaporative demand and shallow rooting of 25 cm (7)

Figure 3 shows the effects of the maximum suction at 5 and 15 cm depth on grain yield, adjusted to 14 per cent moisture. Yield changes with respect to the 5 cm suction were significant at the 1% level. Maximum yield was obtained when maximum suction was between 0.7 and 0.8 bars at 5 cm depth, and between

Table 1.—The F factor, PET/E, and the R factor, ET/PET, during bean growth for different maximum suctions.

Date No of weeks, days and months	Suction in bars													
	E mm	0.003 Factor f	0.006	0.0125	0.025	0.050	0.10	0.20	0.40	0.80	1.60	3.20	6.40	12.80
1 5 - 8 Jan.	13.8	0.80	0.82	0.73	0.64	0.82	0.64	0.55	0.55	0.36	0.36	0.45	0.45	0.36
2 9 - 15 Jan.	27.7	0.87	0.83	0.71	0.71	0.63	0.63	0.38	0.38	0.29	0.33	0.33	0.38	0.29
3 16 - 22 Jan.	45.4	0.68	0.94	0.84	0.87	1.00	0.74	0.45	0.45	0.32	0.26	0.26	0.29	0.23
4 23 - 29 Jan.	39.2	1.10	0.91	0.79	0.84	0.86	0.79	0.40	0.53	0.37	0.23	0.19	0.21	0.16
5 30 Jan - Feb.	38.6	1.37	0.91	0.85	0.77	0.85	0.85	0.60	0.64	0.47	0.45	0.23	0.17	0.13
6 6 - 12 Feb.	41.8	1.48	0.90	0.84	0.82	0.90	0.81	0.74	0.65	0.53	0.52	0.44	0.23	0.15
7 13 - 19 Feb.	43.7	1.69	0.93	0.88	0.82	0.81	0.76	0.69	0.64	0.61	0.49	0.47	0.30	0.19
8 20 - 26 Feb.	31.8	2.64	0.95	0.88	0.76	0.76	0.71	0.67	0.62	0.60	0.45	0.48	0.43	0.23
9 27 Feb. - 5 Mar.	37.1	1.99	0.95	0.93	0.84	0.78	0.74	0.64	0.58	0.54	0.54	0.51	0.42	0.39
10 5 - 11 Mar.	39.8	1.71	0.94	0.88	0.78	0.71	0.63	0.66	0.57	0.51	0.50	0.47	0.28	0.26
11 12 - 18 Mar.	38.6	1.48	0.91	0.79	0.67	0.60	0.63	0.53	0.47	0.39	0.37	0.33	0.23	0.21

* R = 1 for treatment of 0.003 bars

0.5 and 0.6 bars at 15 cm depth. The fall in yield on the side of increasing maximum suctions is attributed to water deficit while the yield drop on the side of decreasing maximum suction is considered to be a combination of deficient aeration and low maximum suctions.

Part II (12) of this series of papers will discuss the influence of aeration on yields. It is sufficient to note here that a non-limiting value of air-space of 25 per cent was reached in the experiment before maximum suction rose to 0.05 bars and thus in the section

of the yield curve of Figure 2 between 0.05 bars and 0.8 bars, yield is considered to be lowered by the low suction values themselves. The rate of yield drop with respect to change of maximum suction between 0.80 and 0.003 bars of is approximately 15 times the rate of drop between 0.80 and 12.8 bars, and this indicates a moisture excess depresses the bean yields much more than a moisture deficient.

In this experiment, the values of maximum suction for optimum yield of 0.8 bars at 5 cm depth and 0.6 bars at 15 cm depth, approximate that obtained by Bernardo *et al.* (2) with variety 'Vi 1013', which was 0.5 bars at 10 cm depth. Other maximum suction values cited for maximum production of beans are 1.0 bar for the variety 'Canario 101' (9) and between 0.75 - 2.0 bars (5, 21). Field beans are commonly thought to be a crop that is favoured by dry conditions. While the yield response curves in Figure 3 show that 27-R will give a crop at high maximum suctions, the yield is much lower than that obtained at the optimum maximum suction, which corresponds to a relatively moist soil.

Figure 4 shows that dry matter production response to maximum suctions at 5 cm are similar to grain yield response in Figure 3. Response was also significant at the 1 per cent level. The linear degree of determination between yield and dry matter production is $R^2 = 85.7\%$, which indicates close association between yields and vegetative growth, whereas R^2 for yield and number of pods per plant is 87.6% indicating close association of the latter two parameters. An average maximum of 14.75 pods per plant was

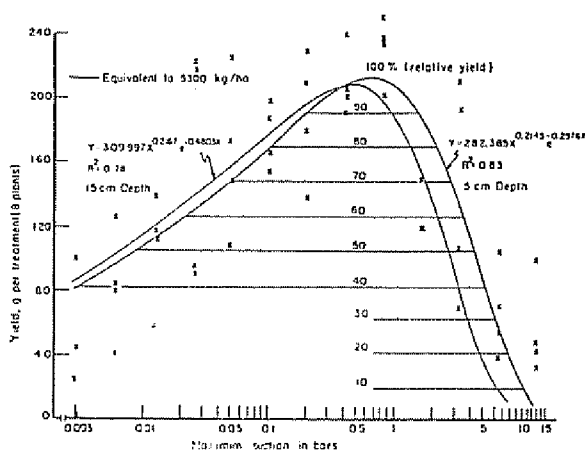


Fig. 3.—Relation between yield and maximum suction at 5 and 15 cm depths for the treatment 0.003 - 12.60 bars (x) Experimental data for 5 cm depth

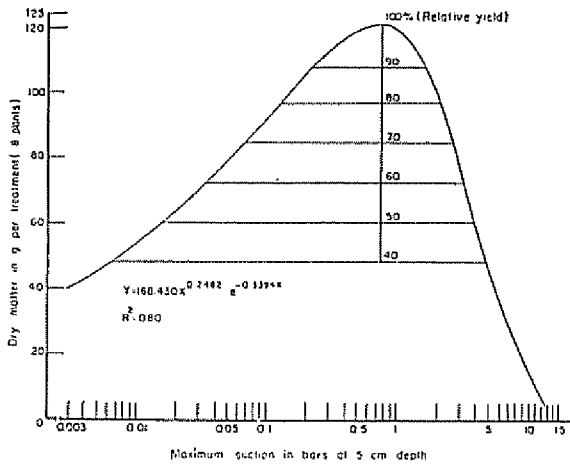


Fig 4.—Relation between aerial dry matter production and maximum suction at 5 cm depth

obtained for the 0.8 bar suction and a minimum of 2.75 pods plant for the 0.003 bar treatment.

Figure 5 shows the relationship between maximum suction at 5 cm depth and maximum suction at 15 cm depth for various stages of growth for maximum suctions at 5 cm of 0.1 bar and greater. The data indicates that maximum suction at 5 cm is always greater than the corresponding value at 15 cm and this should be

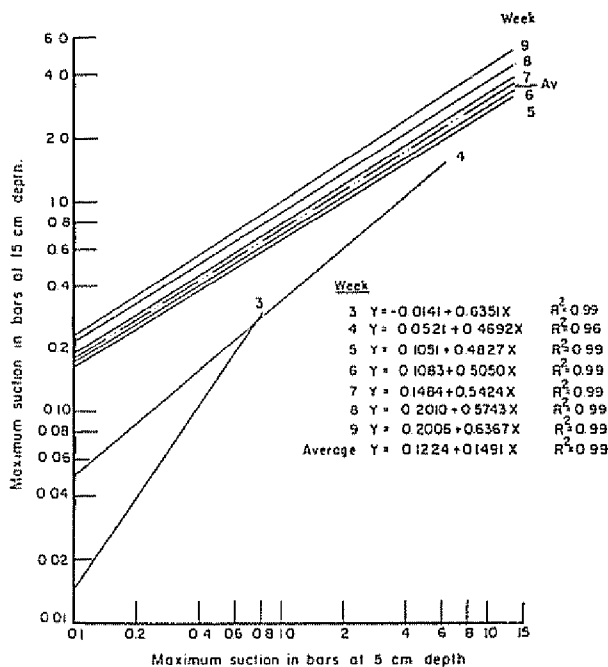


Fig 5.—Relation between maximum suction at 5 cm and maximum suction at 15 cm depth at a function of growing time in weeks.

expected due to greater root concentration and evaporation in the surface layers. However, the regressions of 5 to 9 weeks do not reflect this until maximum suctions at 5 cm are greater than 0.3 bars. The change in the regression curves with the age of the plants indicates that after 5 weeks, root development at 15 cm depth is such that there is notably more active moisture extraction than before since the suction values are closer to the 5 cm ones, and this increases gradually with the age of the plant. The wetter range of the 3 and 4 week regression lines reflects the fact that the less developed plants were unable to dry the soil as much as plants of 5 weeks and older. The good correlation between 5 cm and 15 cm maximum suctions indicates that 15 cm maximum suction values can be used just as effectively as those at 5 cm to control soil moisture in the root zone. The same conclusion may be drawn from Figure 3. This would have the advantage of being able to comfortably use the tensiometer to measure soil moisture since the values of maximum suction for optimum growth of 0.5-0.6 bars is well within tensiometer range. However, there is the disadvantage that special calibration would be needed for the first 4 weeks of growth.

No diseases nor pests were observed during the crop cycle, so it may be concluded that the effects observed were directly due to the treatments

Summary

Grain and aerial dry matter production and the number of pods per plant were found to be maximum in the '27-R' cultivar of *Phaseolus vulgaris* L., a red bean grown in the tropics, when the maximum soil moisture suction was 0.8 bars at 5 cm depth or 0.6 bars at 15 cm depth. The experiment was carried out in 26 liter pots of fumigated soil in a greenhouse at CATIE, Turrialba, Costa Rica, with plant spacing similar to field conditions. When the maximum suctions were greater or lesser than the optimum yield value, there was a reduction in yield. It was found that grain production loss per unit bar of suction change when the cyclic maximum suctions were less than the optimum value, were 15 times greater than the rate of production loss when the values were greater than the optimum. No disease nor pest problems were encountered during the study

Potential evapotranspiration increased to a maximum at the eight week and subsequently decreased. Evapotranspiration decreased with increasing maximum suction

Literature cited

1. AYERS, A. D., WADLEIGH, C. H. and MAGSIAD, O.C. The interrelationships of salt concentration and soil moisture content with the growth of beans. *Journal of American Society of Agronomy* 35: 796-810. 1943
2. BERNARDO, S. *et al.* Efeito dos niveis de agua no solo sobre a produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) Seiva (Brasil) 30: 7-13. 1970

- 3 BIERHUIZEN, J F and VOS, N M The effect of soil moisture on the growth and yield of vegetable crops Rep Conf. Suppl Irrigation Comm. VI International Society Soil Science Copenhagen 1958 pp 83-92
- 4 DENMEAD, O T and SHAW, H Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions *Agronomy Journal* 54: 385-390. 1962
- 5 FLEMING, P M Crop requirements and irrigation *In* Regional Seminar of Agrometeorology, Melbourne, 1966 World Meteorological Organization, 1966.
- 6 FORSYTHE, W. M., AGUAYO, J and GUERRERO, G Uso de medidas físicas de suelos arenosos para evaluar en ellos el manejo del complejo agua-aire-planta *Fitotecnia Latinoamericana* 4:81-94 1967
- 7 ——— Formula for calculating from weather data, the residual soil moisture during soil drying *Turrialba* 26: 60-67. 1976
- 8 GARCIA, J and LOPEZ, J Fórmula para el cálculo de la evapotranspiración potencial adaptada al trópico (15° N-15°8) *Agronomía Tropical (Venezuela)* 20: 335-345. 1970
- 9 GUZMAN, A and FERNANDEZ, R G Estudios de la interacción entre el esfuerzo de la humedad del suelo y la fertilización de cultivos de trigo y de frijol. *In* 1o Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, México, 1965. *Memorias s n t* pp 435-453.
- 10 HAISE, H R and HAGAN, R M Soil, plant, and evaporative measurements as criteria for scheduling irrigation. *In* Hagan *et al* editors *Irrigation of Agricultural Lands*, American Society of Agronomy Agronomy Series 11, 1967 pp 577-604.
- 11 LEGARDA, I and FORSYTHE, W M Estudio comparativo entre la evaporación de tanques, medida en tres lugares tropicales *Turrialba* 22: 282-292 1972
- 12 ———, I and FORSYTHE, W. Soil water and aeration and red bean production II Effect of soil aeration *Turrialba* (In press)
- 13 MARTINI, J A Caracterización del estado nutricional de las principales "Latosoles" de Costa Rica, mediante la técnica del elemento faltante en el invernadero. *Turrialba* 19: 394-408 1969
- 14 PAPADAKIS, J. *Climates of the world*. Buenos Aires, ed Papadakis, 1961 110 p
- 15 RAWITZ, E and HILLEL, D I Comparison of indexes relating plant response to soil moisture status *Agronomy Journal* 61: 231-235. 1969
- 16 RICHARDS, I A. and WADLEIGH, C. H Soil water and plant growth *In* B T Shaw, ed *Soil physical conditions and plant growth* Agronomy series 2:73-251 New York Academic Press 1952
- 17 ——— and OGATA, G. Psychrometric measurements of soil samples equilibrated on pressure membranes. *Soil Science Society of America Proceedings* 25: 456-459. 1961
- 18 ——— and OGATA, G. Vapor pressure depression at the tensiometer cup *In* International Congress of Soil Science, 7th Madison, Wisc., 1960. *Transactions Amsterdam, Elsevier*, 1961 v. 1, pp 279-283
- 19 STANHILL, G The effect of differences in soil-moisture status on plant growth: A review and analysis of soil moisture regime experiments *Soil Science* 84: 205-214 1957
- 20 TAYLOR, S A Estimating soil moisture tension to evaluate the effect of soil moisture on crop yields *Soil Science* 73: 331-339 1952.
- 21 ——— Managing irrigation water on the farm *American Society Agricultural Engineering Transactions* 8: 433-436 1965.
- 22 VAN BAVEL, C H Estimating soil moisture conditions and time of irrigation with the evapotranspiration method *United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. ARS 41-11, 1956* 15 p
- 23 VEIHMEYER, F. J and HENDRICKSON, A H The permanent wilting percentage as a reference for the measurement of soil moisture. *Transactions American Geophysical Union* 29: 887-891 1948
- 24 WADLEIGH, C H and AYERS, A D Growth and biochemical composition of bean plants as conditioned by soil moisture tension and salt concentration *Plant Physiology* 20: 106-132 1945
- 25 ——— The integrated soil moisture stress upon a root system in a large container of saline soil *Soil Science* 61: 225-238 1946.

Comunicaciones

Variedades de cocoteros en Costa Rica

Abstract. The Atlantic Tall and Pacific Tall coconuts in Costa Rica are of the 'Niu kafa' type and 'Niu vai' type respectively. The differences in palm habit and fruit characters are described.

The presence of the 'Pacific Tall' variety at Barra Colorado on the Atlantic coast and of the 'Atlantic Tall' to the west of Lake Nicaragua is the result of a transport route which came into being between San Juan del Norte and San Juan del Sur in the last century.

A discussion of dwarf varieties recently introduced to Costa Rica is presented.

La sugerencia que existen dos variedades distintas de cocoteros en América, la variedad de la Costa Atlántica-Caribe, aislada por las montañas, de la variedad de la Costa Pacífica (2, 4), es respaldada por las observaciones y medidas tomadas en Costa Rica. En Costa Rica el 'Atlántico Alto' es el equivalente del 'Jamaica Tall' (2) y es del tipo 'Niu kafa' (4), mientras que el 'Pacífico Alto' es el equivalente del 'Panamá Tall' (2) y es del tipo 'Niu vai' (4). Palmas en producción de los dos tipos, bajo ambientes similares y de similar edad, tienen varios aspectos diferentes. El 'Atlántico Alto' tiene un tronco delgado y generalmente con una ligera curva, aunque la curva puede ser poco común en sitios con sombra o con pendiente. La corona tiene una apariencia esférica porque muchas de las hojas verdes cuelgan. Puede ser que este hábito de la hoja cause la superficie irregular del tronco producida por entre-nudos y cicatrices de hojas irregulares. Con el envejecimiento, la hoja, aún en la ausencia de enfermedades, se torna de color amarillo antes de cambiar al color café. El 'Pacífico Alto' es un poco más alto, con un tronco robusto y erecto y con la base muy bien desarrollada. La corona de hojas está en forma de sombrilla, porque pocas hojas cuelgan. Al ir muriendo, las hojas se tornan de color café directamente y al caer las cicatrices de las hojas y entrenudos son relativamente lisas. Estas breves descripciones deben ser aplicadas con reserva ya que el viento, las pendientes, la sombra y el suelo pueden influir en la expresión de cada carácter.

Se encuentra una siembra casi continua de 'Atlántico Alto' desde Barra Colorado hasta Puerto Viejo (Fig. 1). En suelos arenosos las palmas sufren por la falta de nutrientes, lo que se identifica por el envejecimiento prematuro de las hojas inferiores, el número bajo de hojas verdes y pobre producción de fruta. La densidad de población es baja y como resultado, el control natural de maleza que propicia la sombra producida por las hojas del cocotero, es inadecuado. En algunos lugares los cocoteros están siendo reemplazados por la regeneración del bosque secundario. Existen algunas siembras recientes y la mayoría de los cocotales tienen una población de palmas juveniles bajo las palmas viejas. Desde Puntarenas hasta Punta Burica (Fig. 1), hay cocotales esporádicos de la variedad 'Pacífico Alto', muchas veces asociado con pequeñas finquitas sobre la playa (Nota: Cabo Santa Elena, Península de Nicoya y Península de Osa no fueron inspeccionadas). En algunas playas se ven cocotales naturales con poblaciones densas y de todas las edades, justo arriba de la línea de máxima marea. Existen áreas grandes, aparentemente aptas para cocoteros, en donde ninguno está creciendo. Una posible explicación para esto es que las enfermedades han eliminado los cocoteros en estas áreas. Esta idea está respaldada por el hecho de que al norte de Quepos, los cocoteros se estaban muriendo debido al Anillo Rojo (8). Si hay alguna deficiencia en nutrientes en la Costa Pacífica, es menos acentuada que en la Costa Atlántica.

La diferencia entre las dos variedades en tipo de fruta es muy marcada. El 'Atlántico Alto' tiene fruta larga y angular de color verde o bronce cuando inmadura, mientras que el 'Pacífico Alto' tiene fruta esférica de color verde o bronce amarillo (una variante con color rojo conocida en Jamaica no fue vista en Costa Rica). La fruta alargada del 'Atlántico Alto' tiene un mesocarpio ('husk') grueso fibroso y una nuez alargada (ovalada) y a veces con punta, en contraste con el delgado mesocarpio y nuez grande y esférica del 'Pacífico Alto'. La nuez de la variedad 'Atlántico Alto' tiene el endocarpio grueso con menos agua, endosperma más gruesa, y un mejor rendimiento de copra por

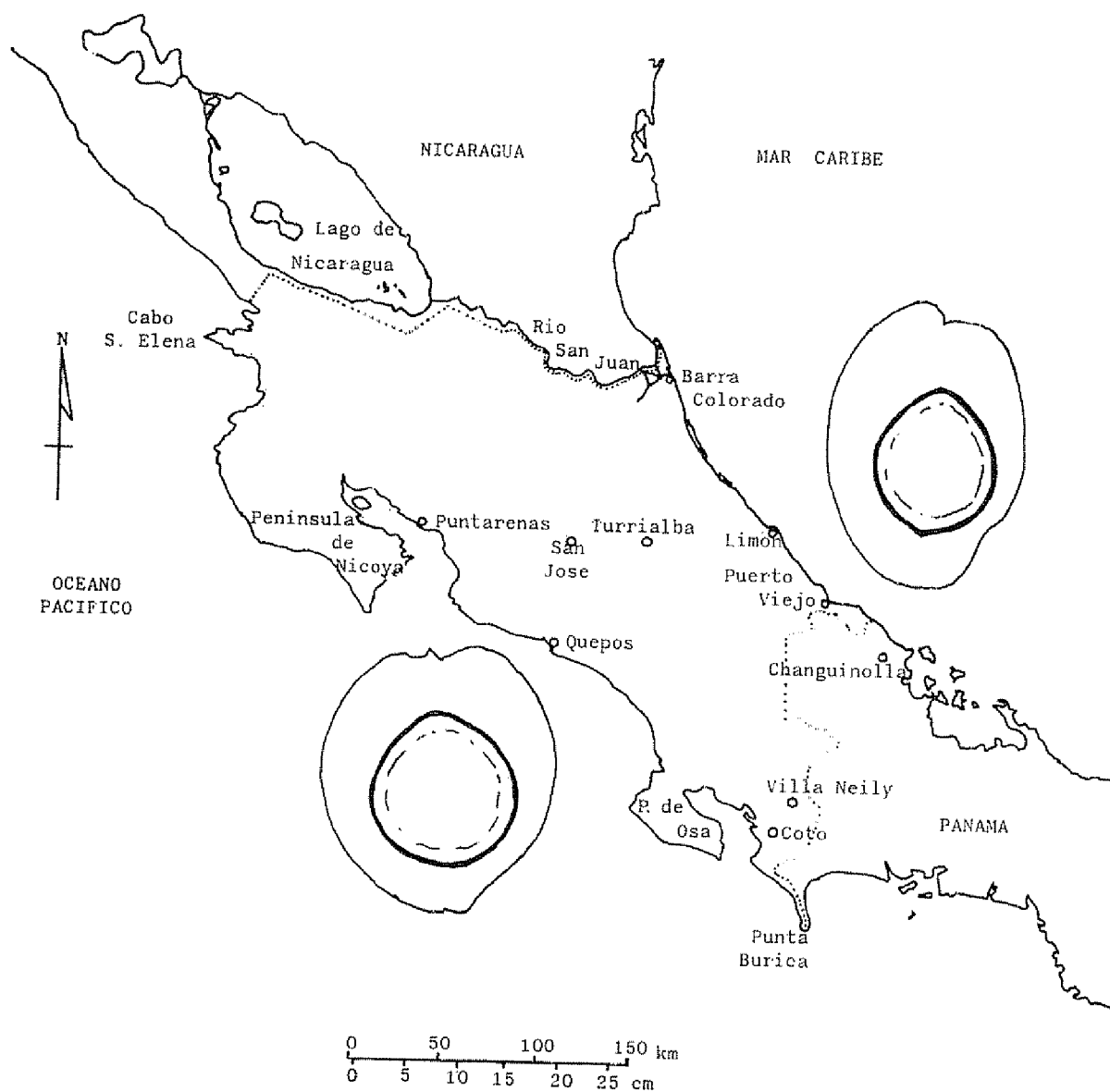


Fig 1.—Mapa de Costa Rica que muestra las localidades mencionadas en las texto y el corte seccional del fruto de las variedades de cocoteras altos encontradas en Costa Rica

peso de nuez. La nuez del 'Pacífico Alto' tiene una alta proporción de agua lo cual dá un rendimiento pobre de copra por peso de nuez; aunque nuez por nuez el 'Pacífico Alto' tiene mayor peso de endosperma. Las diferencias en peso de fruta dependen extremadamente de las condiciones de crecimiento, y las variedades son mejor diferenciadas usando la proporción (por peso) de los componentes de la fruta madura fresca (Cuadro 1)

La producción de copra en Costa Rica es en pequeña escala y principalmente localizada en Limón, donde la fruta es recibida de otras partes de la Costa Atlántica. En discusiones con el procesador de copra, se encontró que el 'Atlántico Alto' de la región de Limón y Puerto Viejo produce 95 a 98 libras de copra de 200 nueces. Considerando la similitud de análisis de fruta de Costa Rica y Jamaica (Cuadro 1), y con el hecho de que 'Jamaica Tall' rinde 31 por ciento de copra/nuez, puede

Tabla 1—Composición del fruto de variedades de cocoteros altos en Costa Rica y Jamaica

Variedad	Nº de fruta muestreada	Peso fruto (kg)	Porcentaje por peso				
			Cáscara/fruto	Agua/nuez	Hueso/nuez	Carne/nuez	Copra/nuez
Atlántico Alto (a)	10	2,1 ± 0,3	66,1 ± 4,6	19,2 ± 3,3	28,5 ± 2,2	52,5 ± 3,1	—
Jamaica Tall (b)	350	1,7 ± 0,1	57,1 ± 1,8	20,5 ± 1,0	29,5 ± 1,3	50,4 ± 0,5	31,4 ± 0,8
Pacífico Alto (c)	10	1,8 ± 0,2	36,8 ± 5,7	35,4 ± 4,6	21,7 ± 2,3	43,0 ± 3,0	—
Panamá Tall (b)	350	2,1 ± 0,1	37,9 ± 2,4	34,3 ± 2,0	21,4 ± 1,1	44,2 ± 1,0	23,5 ± 1,0

(a) Muestreada 14 km sur-este de Limón

(b) Harries (2).

(c) Muestreada en Villa Neily

estimarse que 200 cocos 'Atlántico Alto' deben producir 97 libras de copra (200 x 2,1 kg peso de fruta x 2,2 libras x 34% nuez/fruta x 31% copra/nuez). Sin embargo, el procesador también indicó que el mismo número de frutas provenientes de Barra Colorado produjo 110 libras de copra. La inspección de fruta fresca en una bodega en Barra Colorado demostró que un alto porcentaje de las nueces, tal vez la tercera parte, eran esféricas en vez de ovoides. Estas formas de nueces son características de la 'Pacífico Alto' y 'Atlántico Alto', respectivamente. Dos informes, independientes entre sí, confirman que hay una siembra de 'Pacífico Alto' en Barra Colorado. Calculando un promedio de copra/nuez de 24 por ciento (de Panamá Tall en Jamaica), una mezcla de 87 nueces 'Pacífico Alto' y 113 'Atlántico Alto' da 110 libras de copra (87 x 1,8 kgs x 2,2 libras x 63% nuez/fruta x 24% copra/nuez + 113 x 2,1 kgs x 2,2 libras + 34% nuez/fruta x 31% copra/nuez).

La fuente de la variedad 'Pacífico Alto' en Barra Colorado es probablemente San Juan del Sur en la Costa Pacífica de Nicaragua. Esto es así debido a que el Río San Juan y el Lago Nicaragua formaban parte de una ruta importante para cruzar el istmo cuando Cornelius Vanderbilt estableció su Rapid Transit Company durante el tiempo del descubrimiento de oro en California en los años cincuenta del siglo pasado. La presencia del 'Atlántico Alto' al oeste del Lago Nicaragua, previamente notado pero no explicado (7), puede ahora ser entendida.

El origen de los cocoteros altos en Costa Rica es de interés. Oviedo y Valdez vieron cocoteros en Punta Burica y la Isla de Cocos aproximadamente en el año 1514 (1). Ha sido sugerido que estos cocoteros pueden haber llegado flotando en el Pacífico Ecuatorial Contra-corriente. Para ser factible esta ruta, los cocoteros deben haber viajado más de 8 000 km. desde Palmyra, una de las Line Islands, la fuente más cercana de cocoteros. La duración de tal viaje se ha estimado en 200 y 400 días, dependiendo de la uniformidad de la

corriente. El tipo de cocotero 'Niu kafa', el cual se encuentra en Palmyra, necesita 220 días para germinar (según experimentos llevados a cabo en Jamaica) y la flotación de la fruta hace posible ese origen (4).

Esta posibilidad debe ser investigada con experimentos. Sin embargo, el cocotero tipo 'Niu vai', el cual se encuentra a lo largo de la Costa Pacífica Americana desde México a Perú, germina más rápido (dentro de 140 días en Jamaica) y por consiguiente no es muy probable que llegó a América flotando.

Probablemente el 'Pacífico Alto' fue introducido a América por los españoles quienes pudieron haber llevado cocoteros desde las Filipinas en muchas ocasiones entre 1565 y 1815 (4). En la costa del Caribe se considera que el 'Atlántico Alto' puede haberse originado de una fuente en la región del Cabo Verde, la cual a su vez fue sembrada por los portugueses con una cantidad de semilla limitada traída de Mozambique (2).

Variedades enanas de cocoteros se encuentran en Costa Rica en casi cualquier lugar en donde se cultivan cocoteros, pero casi siempre en asociación con domicilios. El cocotero color 'rojo' es el más común y no puede ser distinguido del 'Enano Malaysiano' rojo. Unas pocas palmas de tipo "amarillo" fueron encontradas cerca del aeropuerto en Limón. Estas palmas son del tipo 'Enano Malaysiano' amarillo y el dueño informó que venían desde Changuinola en Panamá. El tipo verde conocido localmente como 'Filipino' superficialmente se parece al 'Enano Malaysiano' verde pero tiene fruto más pequeño que los otros dos colores o que el 'Enano Malaysiano' verde cultivado en Jamaica. Cocoteros enanos rojos y verdes se encuentran en la región Bocas del Toro, Panamá (donde está localizada Changuinola). Changuinola fue la primera sede del Departamento de Investigaciones de la United Fruit Company y una colección de cocoteros del Lejano Oriente hecha en 1925, probablemente explica la introducción de estos tipos de cocoteros. Cuando los trabajos de mejoramiento varietal de banano fueron trasladados a Honduras en

1931, los cocoteros enanos rojos y verdes fueron sembrados en el Jardín Botánico de Lancetilla cerca de Tela, Honduras, y los dos colores de cocoteros enanos (y muy pocos amarillos también) se encuentran en Honduras (5). En Colombia y Ecuador estos enanos rojos y verdes se conocen con el nombre de 'Manila' (2).

En 1963, 100 nueces de distintas variedades fueron introducidas a Costa Rica desde la India (6). No se sabe qué cantidad de plantas germinó o sobrevivió, pero si estos cocoteros todavía existen y pueden encontrarse, serán una fuente de polen útil para la futura producción de cantidades experimentales de híbridos F_1 de cocoteros. Un tipo (*spicata*) de esta introducción debe ser fácilmente distinguida por su apariencia característica de inflorescencia que no tiene ramas.

Resumen

Los cocoteros de Costa Rica 'Atlántico Alto' y 'Pacífico Alto' son de los tipos 'Niu kafa' y 'Niu vai' respectivamente. Las diferencias en tipo de palma y tipo de fruto se enumeran en el presente trabajo.

La presencia de la variedad 'Pacífico Alto' en Barra Colorado en la Costa Atlántica, y 'Atlántico Alto' de Nicaragua, se debe a la ruta de transporte entre San Juan del Norte y San Juan del Sur que se realizaba en el siglo pasado.

Una discusión de las variedades enanas recién introducidas a Costa Rica se presenta en este trabajo.

Agradecimiento

Esta información se publica por los autores con el permiso de sus respectivas organizaciones.

14 de marzo de 1978.

D. L. RICHARDSON*
H. C. HARRIES**
E. BALSEVICIUS***

* Palm Research Program, Compañía Bananera de Costa Rica, Golfito, Costa Rica.

** Research Department, Coconut Industry Board, P. O. Box 204, Kingston, Jamaica.

*** Asociación Bananera Nacional (ASBANA), Apartado 6504, San José, Costa Rica.

REFERENCIAS

- BRUMAN, H. J. Some observations on the early history of the coconut in the New World. *Acta Americana* 2: 220-243. 1944.
- HARRIES, H. C. Coconut varieties in America. *Oleagineux* 26: 235-242. 1971.
- . The Cape Verde region (1499 to 1519): the key to coconut culture in the Western Hemisphere? *Turrialba* 27: 227-231. 1977.
- . The evolution, dissemination and classification of *Cocos nucifera* L. *Botanical Review* 44:

- PERMAR, J. H. Catalog of plants growing in Lancetilla Experimental Garden. San Pedro Sula (Honduras). Tela Railroad Co. 1945. 37 p.
- PIERIS, W. V. D. Introduction and exchange of coconut germplasm 1959-1966. In Third Session of the FAO Technical Working Party on Coconut Production, Protection and Processing. Jogjakarta, Indonesia. FAO. PL: CNP/68/1. 1968. pp. 1-29.
- ROMNEY, D. H. Central America. In Coconut Breeding: Yearly Progress Report of the FAO *ad hoc* Coconut Breeders' Consultative Committee. Rome, FAO. 1969. pp. 6-8.
- SALAS, J. A. *et al.* (En preparación) Anillo Rojo de cocoteros de Costa Rica.

Beetle vectors of Cowpea Mosaic Virus in Costa Rica

Sumario. Se probó la capacidad de nueve especies de escarabajos para transmitir un tipo de Cowpea Mosaic Virus de Costa Rica, estrechamente relacionado serológicamente al CPMV-Arkansas. Se logró la transmisión del virus con *Cerotoma ruficornis* (el vector más eficiente), *C. atrofasciata*, *Gynandrobrotica variabilis*, *Diabrotica adelpha*, y *Epilachna varivestis*. Esta es la primera demostración de que *G. variabilis* y *C. atrofasciata* tienen la capacidad de transmitir el CPMV.

Introduction

Cowpea Mosaic Virus (CPMV) is one of the most important pathogens of cowpea (*Vigna unguiculata*) in Costa Rica, Cuba, Nigeria, Puerto Rico and Trinidad (1, 2, 7, 8).

Beetles are the only known vectors of cowpea mosaic virus and play an extremely important role in its dissemination. With the exception of a single species, *Epilachna varivestis* Muls., which belongs to the family Coccinellidae, all of the known vectors of CPMV are species of the family Chrysomelidae. The Chrysomelid species reported as vectors are: *Cerotoma trifurcata* Forst., *C. ruficornis* Oliv., *Diabrotica balteata* Lec., *D. adelpha* Har., *D. undecimpunctata howardi* Barber, *D. virgifera* Lec., *Acalymma vittatum* F., *Ootheca mutabilis* Sahid and *Systema* sp. (3).

The transmission of CPMV by beetles is a complex biological phenomenon, the mechanism of which is not yet understood. The ability of the beetle vectors to transmit the virus varies from one species to another (3).

This work was conducted to test various beetle species for their ability to vector a CPMV type from Costa Rica closely related serologically to CPMV-Arkansas.

Materials and methods

Beetles were collected in cowpea field plots in Turrialba during August and September, 1977. They were held for a period of 24 hours without food, then allowed an acquisition feeding period of 24 hours on CPMV-infected plants. The insects were then placed individually on healthy plants (cv. V-5 Moh) and were

Table 1—Species of insects tested, number of individuals used of each species, transmission and percentage of transmission of Cowpea Mosaic Virus (CPMV) by different insects Turrialba, Costa Rica, 1978.

Species	Nº of insects used ^{1/}	Transmission	% of Transmission
<i>Cerotoma ruficornis</i>	28	25/28 ^{2/}	89,2
<i>Cerotoma atrofasciata</i>	6	14/25	56,0
<i>Gynandrobrotica variabilis</i>	18	11/45	24,4
<i>Diabrotica adelpha</i>	5	2/9	22,0
<i>Epilachna varivestis</i> ^{3/}	6	1/21	19,0
<i>Epilachna varivestis</i> ^{4/}	11	0	0
<i>Colaspis</i> sp	13	0	0
<i>Systema</i> sp.	10	0	0
<i>Nodonota</i> sp.	12	0	0

1/ Some of the beetles were used in transmission tests several times due to the scarcity of members of their species

2/ Number of successful transmissions over number of transmission tests.

3/ Adults

4/ Larvae

confined by cylindrical metal mesh cages. Once the beetles had fed (approximately 24 hours later), the cages and beetles were removed from the plants. The plants were tested serologically 15 days later for the presence of virus using the Ouchterlony double diffusion test.

The beetles used in the tests are listed in Table 1 which summarizes the results obtained.

Results and discussion

As shown on Table 1, transmission did not occur with *Nodonota* sp., *Systema* sp., *Colaspis* sp., nor with larvae of *E. varivestis*. The other species were able to transmit CPMV with varying degrees of efficiency. The most efficient vector was *C. ruficornis* (Oliv) subsp. *rogosi* Jae followed, in order of decreasing efficiency, by *C. atrofasciata* (Fig 1) and *G. variabilis* (Fig 2), *D. adelpha*, *E. varivestis* and *D. balteata*.

As in Puerto Rico, Trinidad and Cuba (7, 2, 8), *C. ruficornis* is the principal vector of CPMV in Costa Rica. Levels of transmission by *Cerotoma ruficornis* were similar to those reported by Dale in Trinidad (2). The low levels of transmission of CPMV by *D. balteata* were similar to the results of González^{1/} but not to those of Jansen and Staples (5), who demonstrated

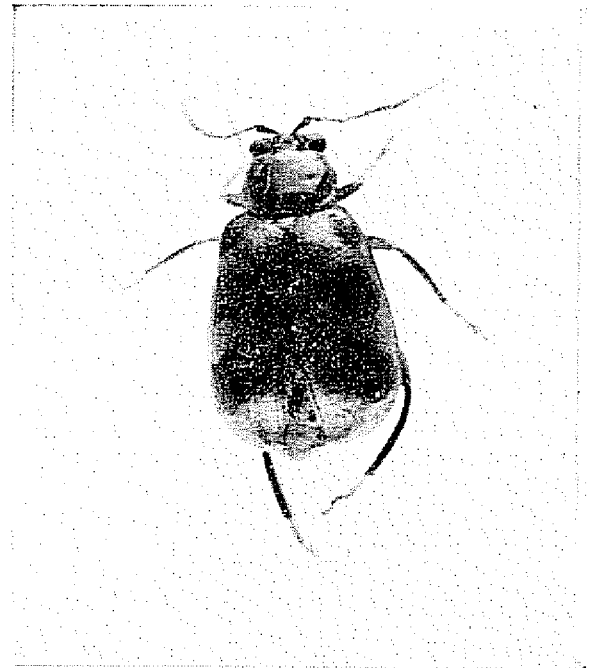


Fig. 1—*Cerotoma atrofasciata* Jacoby vector of cowpea mosaic virus in Costa Rica

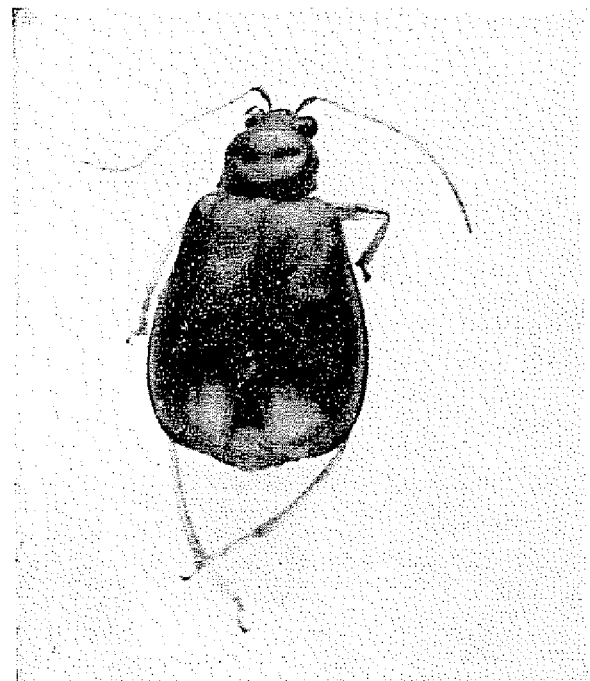


Fig. 2—*Gynandrobrotica variabilis* Jacoby vector of cowpea mosaic virus in Costa Rica.

1/ González C. Unpublished thesis University of Costa Rica.

levels of 100%. However instead of individual beetles, they used groups of five insects in their transmission studies.

Jansen and Staples (6) demonstrated transmission of CPMV (severe strain) by larvae and adults of *E. varivestis*. In the present work, no transmission by larvae took place and only a relatively low level of transmission occurred using adults. Fulton and Scott (4) showed transmission of CPMV-Arkansas at levels near 100 per cent with adults of *E. varivestis*. The differences between the results of this work and the results mentioned above may be due to the different conditions under which these experiments were carried out to the small number of insects used in this work.

Gynandrobrotica variabilis and *Cerotoma atrofasciata* had not been reported as vectors of CPMV; this is the first demonstration of their ability to transmit the virus*.

March 25th, 1978

RODRIGO VALVERDE**

RAUL MORENO***

RODRIGO GAMEZ**1/

* This research was partly financed by a research grant from Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Costa Rica.

** Laboratorio de Virología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

*** Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.

1/ Rodrigo Gámez is a scientific fellow of CONICIT.

REFERENCIAS

1. CHANT, S. R. Viruses of cowpea, *Vigna unguiculata* L. (Walp.) in Nigeria. *Annals of Applied Biology* 47(3):565-572. 1959.
2. DALE, W. I. The transmission of plant viruses by biting insects with particular reference to cowpea mosaic. *Annals of Applied Biology* 40:381-392. 1952.
3. FULTON, J. P., SCOTT, H. A. and GAMEZ, R. Beetle transmission of legume viruses. In Bird, J., Maramorosch, K. Eds. *Tropical Diseases of Legumes*. New York, Academic Press, 1975. pp. 123-131.
4. ——— and SCOTT, H. A. Bean rugose mosaic and related viruses and their transmission by beetles. *Fitopatologia Brasileira* (2):9-16. 1977.
5. JANSEN, W. P. and STAPLES, R. Specificity of transmission of cowpea mosaic virus by species within the subfamily Galerucinae, Family Chrysomelidae. *Journal of Economic Entomology* 64(2): 565-567. 1970.
6. ——— and STAPLES, R. Transmission of cowpea mosaic virus by the Mexican bean beetle. *Journal of Economic Entomology* 63(5):1719-1720. 1970.
7. PEREZ, J. E. and CORTES-MONLLOR, A. A mosaic virus of cowpea from Puerto Rico. *Plant Disease Reporter* 54(3):212-216. 1970.
8. KVICALA, B. A., SMRZ, J. and BLANCO, N. Una virosis del caupí transmitida por un escarabajo en Cuba. *Plant Protection Bulletin (FAO)* 21(2):27-29. 1973.

Compatibilidade da mandioca com quatro especies selvagens de *Manihot* nativas do Brasil central

Resumo. No presente trabalho obteve-se híbridais férteis entre mandioca, *Manihot esculenta* Crantz, e as espécies selvagens; *M. anomala* Pohl, *M. oligantha* Pax subsp. *nesteli*, *M. gracilis* Pax, and *M. zehntneri* Ule. As citadas espécies selvagens apresentaram meioses regulares, particularmente quanto a formações dos 18 bivalentes. A anáfase I foi normal com distribuição de 18 cromossomos para cada polo. Não foi observada nenhuma separação retardada dos bivalentes bem como restituição nuclear. O polen destas espécies selvagens mostrou-se moderadamente viável.

Interspecific hybridization had been tried frequently by breeders for the incorporation of useful characters from wild species into cultivated crops. In cassava, a number of cases have been reported where the parental species were the tree-like forms, *M. glaziovii* and *M. dichotoma* (17). Two cases involving herbaceous species have been reported with *M. saxicola* (2) and *M. melanobasis* (8) as parents.

In our program of collection and evaluation of genetic resources of wild cassava at the Instituto de Ciências Biológicas, Goiânia, four wild species were shown to have high protein content, low HCN content, and were adapted to drought conditions (14, 15, 16). These species were screened for compatibility with cassava, and were investigated cytogenetically.

Materials and methods

Four *Manihot* species: *M. anomala* Pohl, *M. oligantha* Pax emend. Nassar subsp. *nesteli*, *M. gracilis* Pax, and *M. zehntneri* Ule were collected from different localities of Goiás state. Seeds, cuttings, or the whole plant were planted. When plants flowered, crosses and reciprocal crosses were carried out between cassava cv 'Catelo' and the four wild species. Cytological investigations to study chromosome behaviour during meiosis were performed as follows: Inflorescences were fixed in a mixture of three parts absolute alcohol and one part propionic acid for 24 hours. The propionocarmine technique of Swaminathan *et al.* (20) was used to make smear preparations of anthers. Chromosome configurations in metaphase I, chromosome distribution in anaphase I, and tetrad formation were observed. Pollen viability was determined by the acetocarmine and iodine stain technique. Five hundred pollen grains of each species were examined.

Results

Table 1 presents the mean number of seeds obtained from crosses between cassava and each wild species of *Manihot*. Means were calculated on the basis that *Manihot* species have trilobular ovaries, and each loculus contains a single seed. Every pollinated flower, therefore, is able to produce three seeds.

Table 1—Mean number of seeds set per pollinated flower in crosses of wild *Manihot* species with cassava

Wild Species	Mean N ^o of seeds set per pollination	
	CASSAVA AS	
	male parent	female parent
<i>M. anomala</i>	0.093 (68)*	0.161 (35)
<i>M. oligantha</i> subsp. <i>nesteli</i>	0.701 (33)	0.810 (31)
<i>M. gracilis</i>	0.082 (38)	0.329 (42)
<i>M. zehntneri</i>	0.279 (248)	0.354 (98)

* Figures in parentheses are the number of pollinated flowers

Observation of chromosome associations in metaphase I showed formation of 18₁₁ in all species (Table 2). Anaphase I usually was normal with an equal distribution of 18 chromosomes at each pole. No laggards, delayed separation of bivalents, restitution nuclei, or polyads could be observed in any of the 50 pollen mother cells examined from each species. Pollen viability was as follows: *M. anomala*, 92.4%; *M. zehntneri*, 91.3%; *M. oligantha* subsp. *nesteli*, 90.1% and *M. gracilis* 94.7%. Viability was 52.1% in cassava.

Discussion

Seed set per pollinated flower was relatively high in crosses with *M. oligantha* subsp. *nesteli*, whereas it was low in *M. anomala* crosses. Other workers have reported high seed set when cassava was crossed with *M. glaziovii* (13, 17), and *M. melanobasis* (8). Only Koch (10) reported low seed when he crossed *M. dichotoma* with cassava. Reciprocal crosses with cassava as the female parent gave a higher seed set per flower than crosses with cassava as the male (Table 1). This result agrees with the report of Jennings (9). Partial

Table 2—Chromosome number and chromosome association in meiosis of four wild *Manihot* species

Species	Haploid number	Chromosome association
<i>M. anomala</i>	18	18 ₁₁
<i>M. oligantha</i> subsp. <i>nesteli</i>	18	18 ₁₁
<i>M. gracilis</i>	18	18 ₁₁ ^a
<i>M. zehntneri</i>	18	18 ₁₁

^a Cruz (4) previously reported 2n=36 for *M. gracilis*

sterility has been reported in many cassava cultivars maintained by vegetative reproduction for hundreds of year (3, 12, 19).

Meiotic studies showed the formation of 18 bivalents in the four wild species. Of these species, the chromosome number of *M. anomala*, *M. zehntneri*, and *M. oligantha* subsp. *nesteli* herein is reported for the first time. The chromosome number of *M. gracilis* agrees with that reported by Cruz (4) in somatic tissues. Cruz (4) reported 36 chromosomes in the root tips of eight wild species. Magoon (13) reported the same number in *M. glaziovii*.

Several workers agree that 2n=36 for *M. esculenta* (1, 4, 5). There also is agreement on the formation of regular 18 bivalents in different cultivars of cassava (1, 13, 19). Bolhuis (2), Jennings (8), Lanjouw (11), and Magoon *et al.* (13) reported successful hybridization between cassava and a number of wild species. Moreover, Jennings (9) reported higher fertility of cassava and some wild species hybrids than between parents. Regors and Appan (18), considering frequent compatibility between cassava and local wild relatives, concluded that natural hybridization must have played a large role in evolving different species of *Manihot*. Their conclusion followed the hypothesis of Harlan (6, 7) that a number of wild species may have developed as a result of chance hybridization between certain crops and their local wild relatives.

Summary

Hybridizations between cassava (*Yuca*), *Manihot esculenta* Crantz, and the wild species, *M. anomala* Pohl, *M. oligantha* Pax subsp. *nesteli*, *M. gracilis* Pax, and *M. zehntneri* Ule were fertile. Meiosis of the four species was regular, particularly the formation of 18 bivalents in all species. Anaphase I was normal with an equal distribution of 18 chromosomes at each pole. No laggards, delayed separation of bivalents, restitution nuclei, or polyads could be observed. Pollen of the four species was moderately viable.*

March 20th, 1978

NAGIB M. A. NASSAR
INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIAS
GOIANA, BRAZIL

* Supported in part by a grant from the International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canada

REFERENCES

1. ABRAHAM A. Natural and artificial polyploids in tapioca (*Manihot esculenta*). In Proceedings 31st Indian Science Congress, 1944, New Delhi, India, 1944, p. 91.
2. BOLHUIS, G. G. A survey of some attempts to breed cassava varieties with a high content of protein in the roots. Euphytica 2:107-112, 1953.

3. COURTS, G. Le manioc a Madagascar. Memoires de l'Institut Scientifique de Madagascar, Serie B: Biologie Vegetale 3: 203-400. 1951.
4. CRUZ, N. D. da. Citologia no genero *Manihot* Adans. 1. Determinação do numero de cromossomos em algumas especies. Anais da Academia Brasileira de Ciências 40:91-95. 1968.
5. GRANER, E. A. Contribuição para o estudo citológico da mandioca. Piracicaba, Brazil, Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz' 1935. p. 28.
6. HARLAN, J. Geographic origin of plants useful to agriculture. In Germplasm Resources. American Association for the Advancement of Science 66:3-19. 1961.
7. ———. Evolution of cultivated plants. In C. H. Frankel and E. Bennett (eds), Genetic resources in plants; their exploration and conservation. London: Blackwell 1970. pp. 19-32.
8. JENNINGS, D. L. *Manihot melanobasis* Mull. Arg. a useful parent for cassava breeding. Euphytica 8:157-162. 1959.
9. ———. Variation in pollen and ovule fertility in varieties of cassava and the effect of interspecific crossing on fertility. Euphytica 12:69-76. 1963.
10. KOCH, L. Cassaveselectie. Ph. D. Thesis. Wageningen, The Netherlands, Univ. Wageningen, 1954. 71 p.
11. LANJOUW, J. Two interesting species of *Manihot* L. from Surinam. Recueil des Travaux Botaniques Neerlandais 36:542-549. 1959.
12. MAGOON, M. L., Joes, J. S. and Vasudevan, K. N. Male sterile cassava. The Nucleus 11:1-6. 1968.
13. ———, KRISHNAN, R. and VIJAYA BAI, K. Cytogenetics of the F₁ hybrid between cassava and Ceara rubber and its back crosses. Genetica 41:425-426. 1970.
14. NASSAR, N. M. A. Wild *Manihot* species native to Central Brazil for cassava breeding. Canadian Journal of Plant Science 58:257-261. 1978.
15. ——— and COSTA, C. P. Tuber formation and protein content in some wild *Manihot* species native to Central Brazil. Experimentia (Basel) 33:1301-1305. 1978.
16. ——— and FITCHNER, S. Hydrocyanic acid content in some wild *Manihot* species. Canadian Journal of Plant Science 58 (2): (in press). 1978.
17. NICHOLS, R. F. W. Breeding cassava for virus resistance. East African Agricultural Journal 12:184-191. 1917.
18. ROGERS, D. J. and APPAN, S. G. *Manihot* Manihotoids. Flora Neotropica. Monograph No. 13. New York, Hafner, 1973. 272 p.
19. SOHMER, S. H. Microsporogenesis in *Manihot esculenta*. Cytologia 33:97-99. 1968.
20. SWAMINATHAN, M. S., MAGOON, M. L., MEHRA, K. L. A simple propiono-carminic PMC smear method for plants with small chromosomes. Indian Journal of Genetics and Plant Breeding 14:87-88. 1951.

Reseña de Libros

ROUMASSET, JAMES A. Rice and risk; decision making among low-income farmers. New York, American Elsevier, 1976. 251 p. (Contributions to Economic Analysis No. 98). US \$ 34.75.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Changes in rice farming in selected areas of Asia. Los Baños, Filipinas, IRRI, 1975. 377 p. Sin precio.

La cuestión de qué es lo que determina el comportamiento entre los agricultores de bajos ingresos es importante para analizar las implicaciones de varias políticas existentes o propuestas (esto es, reforma agraria, subsidios a los insumos, sostén de precios, seguros de cosechas, desarrollo de nuevas variedades) para literalmente cientos de millones de seres humanos en el mundo menos desarrollado. El arroz es particularmente importante porque es un alimento básico para la mayor parte de la humanidad, así como una fuente mayor de ingresos para millones de pequeños agricultores en algunas de las naciones más pobres del mundo. Por consiguiente, todo conocimiento sobre la conducta productiva de los agricultores arroceros en el mundo en desarrollo puede ser bastante valioso y tener ramificaciones amplias.

Hace cerca de una década, un número de economistas, incluyendo el que hace esta reseña, presentaron evidencia econométrica de que el comportamiento de los pequeños agricultores en las naciones en desarrollo es consecuente con la racionalidad económica y con la sensibilidad del mercado, en contraste con difundidas creencias previas de lo contrario. Cuando subsecuentemente tales agricultores fallaron en adoptar nuevas técnicas tan rápidamente como se había esperado, tales como los "paquetes" de fertilizantes, etc., recomendados para usarse con las nuevas variedades del arroz "milagro" del IRRI (International Rice Research Institute), muchos observadores explicaron su comportamiento como racional, dados tales factores como aversión hacia el riesgo. Tengan o no mérito esta u otras explicaciones, tienen importantes implicaciones para políticas, tales como se han sugerido más atrás, para un vasto número de gentes. Estos dos libros exploran estos problemas. Considerémoslos separadamente.

— I —

En su importante libro, Roumasset examina la relación entre el riesgo y la toma de decisiones del agricultor de bajo ingreso, en tres pasos generales con énfasis en el análisis teórico, pero incluyendo algunas pruebas empíricas limitadas.

Primero, desarrolla "una teoría de toma de decisiones en condiciones inciertas" la que es consecuente con la definición del riesgo en uso común, y que

parece apropiada para manejar el negocio con la seguridad característica de los agricultores de bajo ingreso' (p 11) Rechaza la maximización de la utilidad esperada y la variancia media de este enfoque por requerir demasiadas comparaciones costosas para llegar a una decisión, y suposiciones demasiado fuertes (esto es, que la función de la utilidad es cuadrática y las utilidades están distribuidas normalmente en el enfoque de variancia media) así como que pone muy poca atención al aspecto del evitamiento de desastres en la aversión al riesgo. Amplía el trabajo de José Encarnación, Jr., de desarrollar las reglas de la seguridad lexicográfica primero (*LSF1* y *LSF2*) para representar la racionalidad ligada, maximizando primero la función objetiva sujeto a la condición de que la probabilidad de que la utilidad esté por debajo de cierto nivel de desastre predeterminado, sea menor que cierto nivel de confianza predeterminado (el Principio de Estricta Seguridad Primero o programación de azar restringido) y que, si esta limitación no es satisfecha, volver ya sea a la minimización de la probabilidad de que las utilidades caigan por debajo de una regla de desastre especificado (el Principio de Seguridad), o a la maximización de la utilidad mínima que puede ser obtenida con un nivel de confianza fijo (el Principio de Seguridad Fija)

Segundo, desarrolla nuevos métodos de medir el riesgo y las preferencias de riesgo. Después de criticar los enfoques usuales para medir el riesgo, los que usan datos de un corte transversal (haciendo suposiciones *ceteris paribus* sobradamente fuertes), o datos experimentales (de situaciones no encontradas en la práctica), combina estos dos tipos de datos mediante la obtención de una matriz de probabilidades de daños debidos a plagas, enfermedades, y problemas climáticos de la información del corte transversal y estimando funciones de producción sin daños de los datos experimentales. La multiplicación de los dos resulta en un conjunto de relaciones de producción para diferentes estados del mundo. Después de criticar la determinación de preferencias de riesgo preguntando sobre loterías hipotéticas (ya que la mayor parte de los agricultores de bajo ingreso no entienden bien afirmaciones probabilísticas, y las preguntas hipotéticas descartan muchos aspectos del problema), construye entonces un "índice sensitivo de riesgo" sobre la base de la capacidad de los agricultores de hacerse cargo de sus familias en caso de pérdidas de diferentes magnitudes (dependiendo así de factores tales como la liquidez de los recursos monetarios y la capacidad de préstamo o de recibir ayuda de afuera).

Tercero, estima el impacto del riesgo sobre los tipos de producción de los agricultores para una muestra de arroceros de Filipinas

Las conclusiones básicas de Roumasset son dos: 1) Se pone demasiado énfasis en la aversión al riesgo para explicar la conducta de los agricultores de bajos ingresos, con posiblemente implicaciones de política bastante engañosas. En vez de esto, se debería poner más atención a las relaciones básicas de la producción y el consumo, y a los procesos de ajuste y aprendizaje (los que, incidentalmente, están probablemente mejor repre-

sentados por los tipos de retraso en el conjunto de estudios a los que se hizo referencia anterior en este libro) 2) Mucho de la discusión sobre la aversión al riesgo para tales agricultores es confusa. Los ejemplos incluyen las suposiciones frecuentes de que más variancia quiere decir mayor riesgo, que el riesgo aumenta monotónicamente conforme se usan insumos más modernos, y que los agricultores más pobres es más probable que sigan con técnicas tradicionales porque éstas representan un menor riesgo. Ninguna de estas afirmaciones es necesariamente cierta si el riesgo se relaciona con la probabilidad de estar por debajo de cierto nivel de desastre.

En camino hacia estas dos conclusiones mayores, Roumasset también ofrece un número de otras vistas a saber, que los datos filipinos no son consecuentes con la hipótesis de Sen de que las imperfecciones del mercado de mano de obra subrayan la frecuentemente observada relación inversa entre los rendimientos y el tamaño de la finca, pero son consecuentes con los diferenciales de calidad de la tierra, que explican la relación inversa, lo que tiene implicaciones de política muy diferentes)

Este estudio tiene algunos puntos débiles, ilustrados por los siguientes ejemplos 1) Roumasset a veces espera demasiado de las ventajas de las reglas *LSF*. Estas siguen teniendo la desventaja (que él nota cuando las considera aisladamente) de los principios de Seguridad y de Seguridad Fija, por ejemplo, cuando en la programación de azar constreñido, el constreñimiento no está satisfecho 2) En tanto que sus conclusiones dependen de su análisis empírico (que en muchos respectos no dependen), ellas estarán debilitadas por la muestra pequeña para una pequeña región de un país particular en el cual el intercambio riesgo-utilidad para el uso de fertilizante es bastante limitado. 3) Su índice sensitivo al riesgo no distingue entre desastres individuales y comunales y capital que es líquido o ayuda que se espera pues el primero puede no serlo para la segunda. 4) No anota que su regresión hora-hombre por unidad de área (p 92) no es consecuente con su aserto de que relación inversa entre rendimiento por unidad de área y tamaño de la finca es debida a la calidad de la tierra (p. 90).

A pesar de estas fallas, este es un excelente estudio. Roumasset explora cuidadosamente un campo importante y regresa con conclusiones que desafían la sabiduría convencional en aspectos que tienen implicaciones políticas significativas

Lo recomiendo fuertemente a los analistas y practicantes del desarrollo y de la economía agrícola.

— II —

El estudio del IRRI tiene por lo menos dos objetivos mayores: a) "mejorar nuestra comprensión de los cambios que ocurren y los problemas asociados con la adopción de nueva tecnología de arroz al nivel de finca" (p 1) y b) reforzar "la investigación de ciencia social rural en el sur y sureste de Asia" (p. 2) El libro incluye estudios de 36 pueblos en 14 sitios de investigación en 6 países asiáticos (India, Pakistán, Indonesia,

Tailandia, Malasia y Filipinas) por científicos asiáticos. Los pueblos fueron seleccionados de un conjunto de villas que se pensó "estaban más favorablemente situadas con respecto a la adopción de la nueva tecnología del arroz" (p. 7). Cada estudio tiene una base de datos común, pero también información sustancial y análisis específico al caso examinado. Dos capítulos explorativos, escritos por Randolph Barker, Teresa Anden y Celia Castillo, extraen generalizaciones de los estudios de casos.

Los estudios de caso abarcan una considerable diversidad de experiencias, que no pueden ser resumidas en una reseña de esta longitud. Por eso, enfoco aquí a las uniformidades descubiertas mediante la regresión y otros análisis de la base de datos común:

1) La extensión de la adopción de las nuevas variedades de arroz depende de tres factores asociados con la remunerabilidad y el riesgo: a) la disponibilidad de nuevas semillas apropiadas para una localidad particular, b) el "ambiente" (clima, suelo, irrigación, drenaje, etc.), y c) las relaciones de precio/variedades mejoradas y locales

2) La extensión en la cual los altos rendimientos obtenidos con las nuevas variedades depende primariamente del uso de fertilizante, el que a su vez depende grandemente del ambiente. Hay evidencia de algún impacto de los precios relativos y del crédito, pero las proporciones de la variancia total debido a tales factores no es grande

3) La adopción y el mayor uso de tecnología que ahorra mano de obra (esto es, herbicidas, tractores) ha sido muy específica en cuanto al lugar. Las villas en las que esa tecnología ha sido más ampliamente adoptada, también registran los más grandes incrementos en empleo de la familia y de mano de obra remunerada. Así, cualquier mano de obra ahorrada por la adopción de tecnología que economiza la fuerza humana es más que compensada por el incremento de las demandas de mano de obra debido a la producción expandida con las nuevas variedades.

4) Hay generalmente poca relación entre el tamaño relativo de la finca dentro de las villas y las tasas de adopción, los niveles de los rendimientos, o los beneficios de las nuevas variedades.

Tales observaciones conducen a alguna comprensión del primer objetivo del proyecto y se comprenderá mejor los factores que conducen a la adopción de tecnología por los pequeños agricultores. Pero esta comprensión es bastante limitada debido por lo menos a dos razones: 1) A veces se hacen muy fuertes suposiciones implícitas para el análisis estadístico, tales como que los insumos del mercado están siempre disponibles con curvas de oferta perfectamente elásticas, aun cuando haya un número de referencias a problemas de disponibilidad de estos insumos. 2) Es difícil saber qué hacer con muchos de los resultados para efectos de políticas, ya que la muestra es de sección transversal (y por consiguiente no hay mucha variación dentro de una villa o país en algunas variables posiblemente importantes tales como precios y debido a que las villas son seleccionadas entre aquellas que están particularmente adaptadas para beneficiarse con la nueva tecnología. Por estas dos razones, las conclusiones más generales están limitadas a comentarios especulativos hechos por los autores en los estudios de casos y los capítulos exploratorios.

En lo que se refiere al segundo objetivo del proyecto (inducir más investigación en ciencias sociales rurales en Asia) el proyecto parece haber tenido algún éxito, aunque esto será claro sólo cuando transcurra algún tiempo.

En resumen, concuerdo con el prefacio (p. ii) en su evaluación del éxito del proyecto como mixto. El libro en sí es de interés menos amplio que el estudio de Roumasset, aunque los estudiosos de las economías rurales en los países particulares considerados lo encontrarán de interés para comprender mejor algunos aspectos importantes de las villas más favorecidas.

JERE R. BEHRMAN
UNIVERSITY OF PENNSYLVANIA
PHILADELPHIA, PA 19104
U.S.A.