

TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 29

TRIMESTRE ABRIL-JUNIO 1979

NUMERO 2

CODEN: TURRAB 29(2)91-156

<i>Estudio al microscopio electrónico de nódulos en Phaseolus vulgaris L. causados por una estirpe ineficaz de Rhizobium (en portugués), Neusa de Lima Nogueira, Darcy Martins da Silva, Siu Mui Tsai Saito</i>	93
<i>Influencia de propiedades de suelos del Pacífico Sur de Costa Rica sobre su contenido de cationes menores: I. Manganeso intercambiable y soluble en reductor, (en español) R. A. Flores, Elemer Bornemisza, Alfredo Alvarado</i>	97
<i>Influencia de las propiedades de suelos del Pacífico Sur sobre su contenido de cationes menores. II. Cobre y zinc extraíbles, (en español) R.A. Flores, Elemer Bornemisza, Alfredo Alvarado</i>	105
<i>Incidencia en el campo e identificación del Southern Bean Mosaic Virus (Cowpea Strain) en Nigeria (en inglés) S.A. Shoyinka, R.F. Bozarth, J. Reese, B. O. Okusanya</i>	111
<i>Efecto de las propiedades físicas del suelo sobre la distribución de las raíces del mango (Mangifera indica L.), (en español) Luis Avilan R., Luis Meneses</i>	117
<i>Efecto de parámetros microclimáticos sobre la fisiología floral y rendimiento del algodón en rama (en inglés), C. Venkatachalam, M.R. Iruthayaraj, T.R. Srinivasan</i>	123
<i>Uso de energía en los sistemas de cultivo de maíz y frijol en El Salvador, (en español), Joaquín Francisco Larios</i>	129
<i>Estudio de algunos aspectos de la resistencia del sorgo de grano a la sequía (en francés) Pierre-Michel Saint-Clair</i>	139
<i>Comunicaciones:</i>	
<i>Notas sobre la ecofisiología de la germinación de Cecropia obtusifolia Bertol, (en español), Carlos Vázquez-Yanes</i>	147
<i>Notas y comentarios</i>	110, 116, 122, 137, 138, 149, 150
<i>Reseña de libros</i>	151



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

Estudo ao microscópio eletrônico de nódulos em *Phaseolus vulgaris* L. causados por uma estirpe inefetiva de *Rhizobium*.*

NEUSA DE LIMA NOGUEIRA**, DARCY MARTINS DA SILVA**, SIU MUI TSAI SAITO***

ABSTRACT

A bean (Phaseolus vulgaris L.) nodule ineffective strain of Rhizobium was isolated in a soil in the North of Paraná where a rotation of wheat/beans is practised.

This is the first N₂-fixation ineffective strain isolated in Brasil and it was of interest to examine the morphology and fine structure of the Rhizobium and of the host tissue with the Electron Microscope, as well as to compare them with an effective strain of Rhizobium of the same cultivar.

The ineffective bacteria, although nodulating on the host, did not show nitrogenase activity (reduction of C₂H₂) in the nodules. Also, the bacteria of the ineffective association were smaller, lesser in number per envelope (1-2) containing less poly-beta-hydroxybutyric acid in the cells and were more frequently located in the inter-cellular walls. Starch granules were observed in the cells of ineffective nodules.

Introdução

A PRESENÇA de *Rhizobium* inefetivo em solo ou nódulos de leguminosas tem importância agrônoma, uma vez que esta bactéria não fixa nitrogênio quando associada à planta hospedeira e consome energia da planta.

Variações na capacidade de fixação e nodulação tem sido descritas há tempo em estirpes de *Rhizobium*. Em condições adversas de sobrevivência para a bactéria, pode-se esperar o aparecimento de variantes não infectivos ou inefetivos em fixação de N₂ (11), sem no entanto implicar em alterações nas características serológicas (2, 14). Em alguns casos a ineficiência está associada à perda da capacidade de sintetizar altos níveis de riboflavina e cobalamina (12).

Bergersen (1) descreve ao nível de microscopia eletrônica a estrutura de nódulos inefetivos em *Trifolium subterraneum*, determinando que a falha no estabelecimento da simbiose era devido ao processo incompleto de formação de nódulos. No caso, a permanência da bactéria no cordão de infecção, portanto, a não formação de bacteróides no citoplasma de células dissomáticas

da planta hospedeira foi o fator preponderante para não ocorrer fixação de N₂. Ishizawa e Toyoda (8) observaram a presença de maior quantidade de grãos de amido em tecidos nodulares inefetivos de *Glycine max*, *Pisum sativum* e *Astragalus sinicus*.

Muitas simbioses eficientes tem sido descritas ao nível de microscopia eletrônica. Estudos em nódulos de *Glycine max* (7, 3), *Vigna sinensis*, *Acacia longifolia*, *Viminaria juncea*, *Lupinus angustifolius* (5) demonstraram a existência de passos vitais comuns a todas as espécies de nódulos citados, que permitem a formação e funcionamento dos mesmos. Em *Phaseolus vulgaris* já foram estudadas algumas estirpes inefetivas de *Rhizobium phaseoli* apenas sob aspectos nutricionais e de fixação de N₂ (4).

Os solos brasileiros, quando apresentam boas condições físico-químicas e com pH entre 6,0 - 6,5, contêm muitas vezes alto número de estirpes de *Rhizobium* uma vez que o feijoeiro é uma cultura largamente cultivada no país.

Materiais e métodos

Sementes de feijão cultivar 'Venezuela-350' foram esterilizadas superficialmente com 0,2% de HgCl₂ acidificado e cultivadas em tubos de ensaio de 35 mm de

* Recebido para publicação em 3 de outubro de 1978.

** Seção de Fitopatologia e Microscopia Eletrônica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CNEN/ESALQ/USP, Cx Postal 96, 13.400 Piracicaba, S. P., Brasil.

*** Seção de Microbiologia do Solo do Centro de Energia Nuclear na Agricultura CNEN/ESALQ/USP, 13.400 Piracicaba, São Paulo.

diâmetro \times 300 mm de comprimento (13), contendo vermiculita e solução isenta de nitrogênio (9). Estes tubos eram previamente esterilizados a 121°C (1 atm) por 60 minutos.

Após a germinação do feijão, subdividiram-se as plantas em dois lotes e procedeu-se à inoculação de solo contendo a bactéria inefetiva e a estirpe de *R. phaseoli* 127-K17 (Nitragin Co, EUA) em cultura líquida pura, pelo método de diluição e infecção em plantas (6). Os inóculos foram obtidos a partir de 1 g de solo contendo a estirpe inefetiva e suspenso em 9 ml de solução esterilizada de sais (diluição 10^1). Um ml de cada suspensão de solo diluída a 10^1 , 10^2 , 10^3 , 10^4 , e 10^5 foi colocado nos diversos tubos de cada lote, com duas repetições para cada diluição.

Após 33 dias, os nódulos de cada estirpe foram coletados. As plantas inoculadas com o solo mostravam aspecto típico de deficiência de nitrogênio, enquanto os controles, inoculados com *R. phaseoli* 127-K17 estavam normais. Os materiais selecionados apresentavam diferenças na nodulação: os nódulos efetivos eram arredondados, ricos em leghemoglobina e bem distribuídos ao longo das raízes secundárias. Os nódulos formados pelo *Rhizobium* inefetivo eram esbranquiçados, mal formados, de tamanhos variados, com parede externa enrugada e distribuídos irregularmente pelas raízes.

Determinou-se a atividade da nitrogenase dos nódulos das duas bactérias, utilizando-se a técnica de redução do acetileno e medindo-se o etileno formado através de cromatógrafo de gás Beckman, modelo GC-65, usando coluna Porapak N a 105°C e detector de ionização de chama de H_2 . Posteriormente, alguns nódulos foram separados e preparados para microscopia eletrônica. De maneira geral, esta preparação foi feita cortando-se os nódulos e submetendo a parte central dos mesmos à fixação com glutaraldeído a 6,5% em tampão de cacodilato a 0,125 M e pH 7,0 durante 2 horas, lavagens em tampão, fixação com ácido ósmico 2% e pre coloração com acetato de uranila a 2% em solução de acetona-água a 75% durante 16 horas. Seguiram-se desidratações em acetona-água a 90 e 100%. As inclusões foram feitas em Epon e Spurr. Os blocos de Blum e colocados nas grades para exames e obtenção de eletrofotomicrografias ao microscópio eletrônico Siemens, Elmiskop IA. Através das fotomicrografias determinaram-se as dimensões das duas estirpes, e o número de bactérias dentro do envelope.

Resultados e discussões

Os exames ao microscópio eletrônico e das fotomicrografias obtidas revelaram marcantes diferenças entre as duas estirpes, que podem ser resumidas nos seguintes itens:

a) a estirpe inefetiva, cuja atividade da nitrogenase foi nula, não exibe no seu interior grande número de glóbulos eletrolucos caracterizados como ácido polibeta-hidroxi-búterico. Nas mesmas condições experimentais, observam-se inúmeros grânulos eletrolucos nos bacteroides da estirpe 127-K17, eficientes

quanto à fixação de N_2 (160 μ mol C_2H_4/g nod. h).

Nas bactérias inefetivas pode-se observar grânulos intracelulares eletrodensos, dividindo-se, às vezes, filamentos escuros

b) o número de bactérias inefetivas dentro de cada envelope é bem menor, em geral ao redor de 1 a 2, enquanto na estirpe 127-K17 observam-se de 4 a 8

c) no interior das bactérias inefetivas com cerca de 33 dias observaram-se comumente grandes áreas claras, aparentemente vazias.

d) outro aspecto de interesse é que a estirpe inefetiva foi encontrada bem mais frequentemente nos espaços intercelulares

Tabela 1 — Comparações pelo teste "t" dos valores de comprimento e largura do *Rhizobium* efetivo (127-K17) e inefetivo, presentes em nódulos de raiz de feijoeiro Venezuela-350*.

Rhizobium efetivo		Rhizobium inefetivo	
Comprimento μm	largura μm	Comprimento μm	largura μm
3,78	0,60	1,97	0,50
3,78	0,68	1,47	0,46
3,26	0,69	1,69	0,69
2,75	0,77	2,70	0,80
2,50	0,86	1,69	0,69
2,50	0,60	2,47	0,69
3,52	0,69	2,02	0,55
2,83	0,71	1,92	0,78
2,92	0,86	1,74	0,87
2,49	0,60	2,22	0,69
2,40	0,57	2,75	0,62
2,86	0,74	2,35	0,57
3,24	0,76	3,44	0,63
3,05	0,60	2,29	0,57
3,21	0,57	2,29	0,64

$x_1=3,01$

$y_1=0,69$

$x_2=2,20$

$y_2=0,65$

*O valor do teste "t" para os comprimentos é 4,47, mostrando haver diferença significativa entre os comprimentos das duas bactérias a nível de 0,1% de probabilidade. Com respeito à comparação das larguras entre as mesmas o teste "t" não revela diferenças significativas

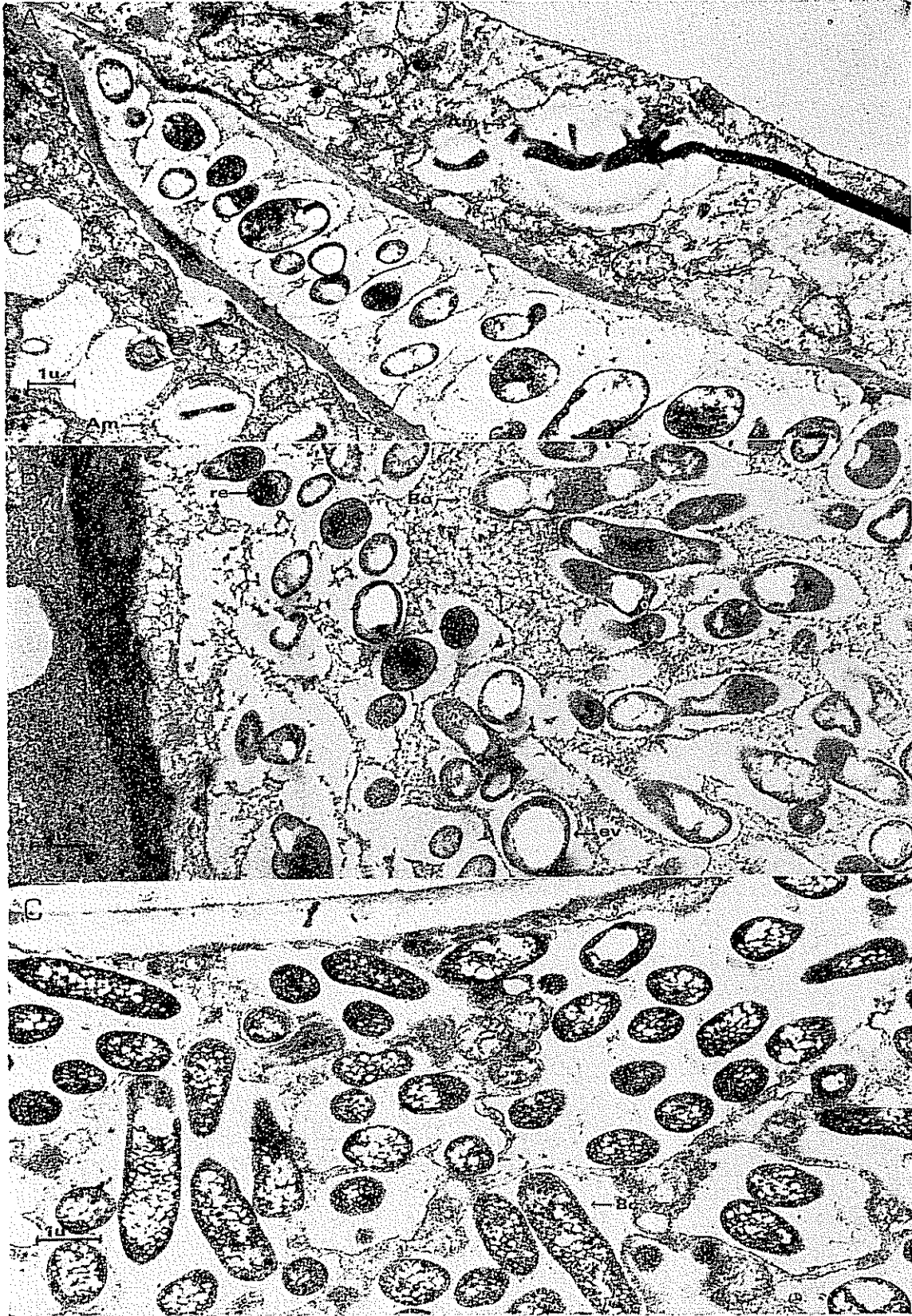


Fig 1—Electrofotomicrografias de cortes de nódulos de feijoeiro produzidos por *Rhizobium* inefetivo e efetivo com respeito a fixação de N_2 : A-Bacteroides (Bc) inefetivos entre células egras de amido (Am). B- Bacteroides inefetivos como regiões escuras (re), espaços vazios (cv). C-Bacteroides da estirpe 127-K-17 efetivos, mostrando grânulos de ácido poli-beta hidroxibutírico.

e) cortes ultrafinos dos nódulos formados pela estirpe inefetiva após 33 dias da inoculação mostram ainda a presença de grãos de amido, fato esse não observado na estirpe efetiva 127-K17.

f) comparações do comprimento e largura entre os dois *Rhizobium* encontrados nos nódulos de feijoeiro cultivar 'Venezuela-350', revelam diferenças significativas ao nível de 0,1% de probabilidade, com relação ao comprimento das mesmas (Tabela 1).

Pelo exposto, pode-se dizer que a relação do *Rhizobium* inefetivo com o tecido nodular tinha características de parasitismo, conforme indicações das medidas da atividade de nitrogenase pelo método do acetileno, fato esse que parece refletido também na coloração amarela das folhas de plantas inoculadas e cultivadas em meio sem nitrogênio.

A ocorrência de granulações escuras no interior das bactérias inefetivas, em contraposição com os grânulos brancos dos bacterioides efetivos, deve representar diferenças nos processos metabólicos entre os dois. Se os glóbulos brancos encontrados no interior da estirpe 127-K17 resultam de um acúmulo de ácido beta-hidroxibutírico correlacionado com a atividade da nitrogenase, então, a ausência ou baixo nível dos mesmos seria de se esperar de uma bactéria cuja nitrogenase apresenta atividade baixa ou nula.

A observação de grãos de amido no tecido nodular após 33 dias, em contraposição com os tecidos com bacterioides efetivo, já era conhecido e, Ishizawa e Toyoda (8) mencionam o mesmo fato estudando nódulos de leguminosas com estirpes inefetivas do Japão.

O fato de se encontrar maior número de bactérias inefetivas entre as paredes celulares contiguas leva a crer que as mesmas devem possuir uma maior atividade pectolítica do que as bactérias efetivas.

Em resumo, a julgar pelas observações ao microscópio eletrônico (Fig. 1) as bactérias inefetivas apresentam alguns aspectos citológicos diferentes das efetivas. Além disso, a presença de amido, a facilidade de separar as paredes celulares, a ausência da atividade da nitrogenase (redução de C_2H_2) podem indicar diferenças fisiológicas que as distanciam consideravelmente dos padrões da estirpe efetiva 127-K17, que serviu de controle no presente experimento.

Resumo

Uma estirpe de *Rhizobium* inefetiva em nódulos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) foi isolada em solo do norte do Paraná, onde se pratica rotação de cultura entre feijoeiro e trigo.

Tratando-se do primeiro isolado de estirpe inefetiva com respeito à fixação de N_2 em nossas culturas, tornou-se interessante examinar a morfologia e estrutura do *Rhizobium* e do tecido hospedeiro ao microscópio eletrônico, bem como compará-las com as de um *Rhizobium* eficiente em nódulos do mesmo cultivar de feijoeiro.

A bactéria inefetiva apesar de nodular bem a planta, não apresentou atividade da nitrogenase (redução

de C_2H_2) nos nódulos. Além disso, as bactérias nos nódulos inefetivos eram menores, em número mais reduzido (1-2) por envelope continham menor quantidade de ácido poli-beta-hidroxibutírico, em suas células e localizavam-se mais frequentemente entre espaços intercelulares. Foi observada a presença de grãos de amido em células de nódulos inefetivos.

Literatura citada

1. BERGERSEN, F. J. The structure of ineffective root nodules of legumes: an unusual new type of ineffectiveness, and an appraisal of present knowledge, Australian Journal of Biological Sciences 10 (3): 233-242. 1957.
2. BROCKWELL, J. Non-infective nodule bacteria in pea cultures. Journal of the Australian Institute of Agricultural Science 20: 243-246. 1954.
3. BURNS, R. C. e HARDY, R.W.S. Nitrogen fixation in bacteria and higher plants. New York; Springer-Verlag, 1975 189 p.
4. BURTON, J.C., ALLEN, O.N. e BERGER, K. C. Response of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to inoculation with mixtures of effective and ineffective rhizobia. Soil Science Society of America Proceeding 18: 156-159. 1954.
5. DART, P. J. e MERCER, F.V. Fine structure of bacterioids in root nodules of *Vigna sinensis*, *Acacia longifolia*, *Virminaria juncea* and *Lupinus angustifolius* Journal of Bacteriology 91(3): 1314-1319. 1966.
6. DATE, R. A. e VINCENT, J.M. Determination of the number of root-nodule bacteria in the presence of other organisms. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 2:5-7. 1962.
7. GOODCHILD, D. J. e BERGERSEN, F.J. Electron microscopy of the infection and subsequent development of soy-bean nodule cells. Journal of Bacteriology 92(1): 204-213. 1966.
8. ISHIZAWA, S. e TOYODA, H. Comparative study on effective and ineffective nodules of leguminous plants. Soils and Plant Food 1: 47-48. 1955.
9. MCKNIGHT, T. Efficiency of isolates of *Rhizobium* in the cowpeas group with proposed additions to this group. Queensland Agricultural Journal 6: 61-76. 1949.
10. MOSSE, B. Electron-microscope studies of nodule development in some clover species. Journal of General Microbiology 36: 49-66. 1964.
11. NUTMAN, P.S. Variation within strains of clover nodule bacteria in the size of the nodule produced and in the "effectivity" of the symbiosis. Journal of Bacteriology 51: 411-432. 1946.
12. PANKHURST, C. E.; SCHWINGHAMER, E.A. e BERGERSEN, F.J. The structures and acetylene-reducing activity of root nodules formed by a riboflavin-requiring mutant of *Rhizobium trifolii*. Journal of General Microbiology 70: 161-177. 1972.
13. SAITO, S.M.T. e RUSCHEL, A.P. Use of a modified Gibson's tube method for assessment of nodulation in beans. Bean Improvement Cooperative 21: 10-12. 1978.
14. VINCENT, J.M. The control of the quality of legume seed. Journal of the Australian Institute of Agricultural Science 20:247-249. 1954.

Influencia de propiedades de suelos del Pacífico Sur de Costa Rica sobre su contenido de cationes menores: I. Manganeso intercambiable y soluble en reductor^{*1/}_____

R A FLORES, E BORNEMISZA, A. ALVARADO**

ABSTRACT

The exchangeable and reductant soluble Mn content of 80 samples from 20 sites in the South Pacific area of Costa Rica was studied. From two valleys, that of the Diquis River and of the Coto and Colorado Rivers, ten sites were sampled taking surface and subsurface samples from cultivated and non cultivated plots.

The 80 samples were analyzed for pH, organic matter, CEC, fine fraction of the soil (silt + clay) and both Mn categories. The correlations between these properties were also determined.

Exchangeable Mn varied from traces to 69 ppm with an average of 13 ppm and reductant extractable Mn varied from 38 to 1831 ppm with an average of 339. For all samples significant negative correlations were detected between exchangeable Mn and pH and soil depth. A positive correlation was detected between the two studied forms of Mn.

For the samples from the Diquis Valley the same negative correlations were observed as for all samples and also a significant positive correlation with organic matter was noted. For the Coto and Colorado Valleys positive correlations were noted between reductant soluble Mn and CEC and fine fraction and a negative correlation between Mn and organic matter.

Introducción

El Pacífico Sur es una región agrícola de gran importancia en Costa Rica donde el uso de métodos agrícolas intensivos ha llegado a causar problemas de elementos menores en los suelos (6). Se supone también que existen áreas de baja concentración en cationes menores y por lo tanto se decidió tomar muestras de dos de los valles principales de la región y estudiar en muestras de suelo y subsuelo de parcelas cultivadas y no cultivadas el contenido de

cationes menores, además de algunas de las propiedades principales de los suelos que comúnmente influyen sobre elementos menores, para intentar establecer correlaciones entre estas propiedades y los contenidos de cationes menores.

El trabajo se presenta en dos artículos y en esta primera parte se informa sobre los aspectos generales y los contenidos de manganeso intercambiable y extraíble con reductor, dejando para el segundo trabajo las relaciones entre el Cu y Zn y las propiedades de los suelos estudiados.

Materiales y métodos

Suelos

Para el estudio se tomaron diez muestras de cada uno de los valles en estudio, escogiendo en cada lugar un suelo cultivado y otro no usado recientemente y

* Recibido para publicación el 25 de abril de 1979.

1/ Trabajo realizado con el apoyo parcial del CONICIT (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas). Los autores agradecen al Ing. Víctor Quiroga, MS, su ayuda en la evaluación estadística de los resultados.

** Estudiante y profesores, respectivamente, de la Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Ciudad Universitaria, San José, Costa Rica. La dirección actual del primer autor es: United Brands, Inc; Tapachula, México.

Cuadro 1.—Ubicación y descripción general de las muestras de suelo tomadas del Valle del Diquís.

Nº en Fig 1	Nº Muestra	Ubicación	Altura (msnm)	Ecología* (11)	Uso Actual**	Prof. (cm)	Clasificación
1	1	San Marcos	10	Bmh-P	N.C. grama	0-20	Fluventic Trophaequept
1	2	San Marcos	"	"	N.C. grama	20-40	" "
1	3	San Marcos	"	"	C arroz	0-20	" "
1	4	San Marcos	"	"	C. arroz	20-40	" "
2	5	Ojo de Agua	"	"	N.C. grama	0-20	" "
2	6	Ojo de Agua	"	"	N.C. grama	20-40	" "
2	7	Ojo de Agua	"	"	C. arroz	0-20	" "
2	8	Ojo de Agua	"	"	C. arroz	20-40	" "
3	9	Jardín Fca. 2	"	"	N.C. grama	0-20	" "
3	10	Jardín Fca. 2	"	"	N.C. grama	20-40	" "
3	11	Finca 2	"	"	C. banano	0-20	" "
3	12	Finca 2	"	"	C. banano	20-40	" "
4	13	Junta	"	"	N.C. grama	0-20	" "
4	14	Junta	"	"	N.C. grama	20-40	" "
4	15	Finca 4	"	"	C. banano	0-20	" "
4	16	Finca 4	"	"	C. banano	20-40	" "
5	17	Jardín Fca. 13	"	"	N.C. grama	0-20	Typic Uditropept
5	18	Jardín Fca. 13	"	"	N.C. grama	20-40	" "
5	19	Finca 13	"	"	C. banano	0-20	Typic Trophaequept
5	20	Finca 13	"	"	C. banano	20-40	" "
6	21	Jardín Boca T.	5	Bh-I	N.C. grama	0-20	Sulfuric Trophaequept
6	22	Jardín Boca T.	"	"	N.C. grama	20-40	" "
6	23	Boca Térraba	"	"	C. arroz	0-20	" "
6	24	Boca Térraba	"	"	C. arroz	20-40	" "
7	25	Jardín Adelina	8	Bmh-P	N.C. grama	0-20	Fluventic Trophaequept
7	26	Jardín Adelina	"	"	N.C. grama	20-40	" "
7	27	Finca 20	"	"	C. arroz	0-20	" "
7	28	Finca 20	"	"	C. arroz	20-40	" "
8	29	Jardín Fca. 8	"	"	N.C. grama	0-20	" "
8	30	Jardín Fca. 8	"	"	N.C. grama	20-40	" "
8	31	Finca 8	"	"	C. banano	0-20	" "
8	32	Finca 8	"	"	C. banano	20-40	" "
9	33	Jardín Fca. 6	"	"	N.C. grama	0-20	" "
9	34	Jardín Fca. 6	"	"	N.C. grama	20-40	" "
9	35	Finca 6	"	"	C. banano	0-20	" "
9	36	Finca 6	"	"	C. banano	20-40	" "
10	37	Camino Sierpe	"	"	N.C. grama	0-20	" "
10	38	Camino Sierpe	"	"	N.C. grama	20-40	" "
10	39	Finca 12	"	"	C. banano	0-20	" "
10	40	Finca 12	"	"	C. banano	20-40	" "

* Bmh-P = Bosque muy húmedo premontano transición a basal

Bh-I = Bosque húmedo tropical

** N.C. = No cultivado

C = Cultivado

Cuadro 2—Ubicación y descripción general de las muestras de suelo tomadas del Valle Coto-Colorado.

Nº en Fig 1	Nº Muestra	Ubicación	Altura (msnm)	Ecología* (11)	Uso Actual**	Prof. (cm)	Clasificación
11	41	Fca Naranjo	30	Bh-T	NC bosque	0-20	Fluventic Tropaquept
11	42	Fca Naranjo	"	"	NC bosque	20-40	Fluventic Tropaquept
11	43	Fca Naranjo	"	"	C maíz	0-20	Fluventic Uditropept
11	44	Fca Naranjo	"	"	C maíz	20-40	Fluventic Uditropept
12	45	Fca Caimito	20	"	NC bosque	0-20	Fluventic Tropaquept
12	46	Fca Caimito	"	"	NC bosque	20-40	Fluventic Tropaquept
12	47	Fca Caimito	"	"	C plátano	0-20	Fluventic Tropaquept
12	48	Fca Caimito	"	"	C plátano	20-40	Fluventic Tropaquept
13	49	Jardín Caucho	25	"	NC grama	0-20	Fluventic Tropaquept
13	50	Jardín Caucho	"	"	NC grama	20-40	Fluventic Tropaquept
13	51	Finca Caucho	"	"	C varios	0-20	Fluventic Tropaquept
13	52	Finca Caucho	"	"	C varios	20-40	Fluventic Tropaquept
14	53	La Palma	20	Bmh-P	NC grama	0-20	Typic Dystrandep
14	54	La Palma	"	"	NC grama	20-40	Typic Dystrandep
14	55	La Palma	"	"	C arroz	0-20	Fluventic Lithic Dyst
14	56	La Palma	"	"	C arroz	20-40	Fluventic Lithic Dyst
15	57	La Cuesta	30	"	NC pasto	0-20	Typic Dystrandep
15	58	La Cuesta	"	"	NC pasto	20-40	Typic Dystrandep
15	59	La Cuesta	"	"	C arroz-maíz	0-20	Typic Dystrandep
15	60	La Cuesta	"	"	C arroz-maíz	20-40	Typic Dystrandep
16	61	Canal "B"	6	"	NC pasto	0-20	Fluventic Tropaquept
16	62	Canal "B"	"	"	NC pasto	20-40	Fluventic Tropaquept
16	63	Canal "B"	"	"	C arroz	0-20	Fluventic Tropaquept
16	64	Canal "B"	"	"	C arroz	20-40	Fluventic Tropaquept
17	65	Jardín Fca. 43	8	"	NC grama	0-20	Fluventic Tropaquept
17	66	Jardín Fca. 43	"	"	NC grama	20-40	Fluventic Tropaquept
17	67	Finca 43	"	"	C banano	0-20	Fluventic Tropaquept
17	68	Finca 43	"	"	C banano	20-40	Fluventic Tropaquept
18	69	Jardín Fca 52	"	"	NC grama	0-20	Fluventic Tropaquept
18	70	Jardín Fca 52	"	"	NC grama	20-40	Fluventic Tropaquept
18	71	Finca 52	"	"	C palma af	0-20	Fluventic Tropaquept
18	72	Finca 52	"	"	C palma af.	20-40	Fluventic Tropaquept
19	73	Jardín Fca. 59	"	"	NC grama	0-20	Fluventic Tropaquept
19	74	Jardín Fca. 59	"	"	NC grama	20-40	Fluventic Tropaquept
19	75	Finca 59	"	"	C palma af	0-20	Fluventic Tropaquept
19	76	Finca 59	"	"	C palma af.	20-40	Fluventic Tropaquept
20	77	Jardín Fca 63	"	"	NC grama	0-20	Fluventic Tropaquept
20	78	Jardín Fca 63	"	"	NC grama	20-40	Fluventic Tropaquept
20	79	Finca 63	"	"	C banano	0-20	Fluventic Tropaquept
20	80	Finca 63	"	"	C banano	20-40	Fluventic Tropaquept

* Bmh-P = Bosque muy húmedo premontano transición a basal

Bh-T = Bosque húmedo tropical

** NC = No cultivado

C = Cultivado

Cuadro 3.—Promedios y ámbitos de las características físicas y químicas estudiadas separadas por uso y manejo de los suelos de cada área geográfica.

Valle	n	pH agua			Materia orgánica (%)			CIC mcq/100g			Fracción fina (%)			Manganeso intercambiable (ppm)			Manganeso reducible (ppm)		
		prom	min	max	prom	min	max	prom	min	max	prom	min	max	prom	min	max	prom	min	max
DIQUIS	40																		
NC 0-20	10	6,1	5,6	6,6	3,5	1,6	7,4	36,6	31,6	48,2	70	49,7	93,7	21	6,0	38	344	164	439
NC 20-40	10	6,4	5,7	6,8	2,0	1,1	3,0	35,4	28,8	46,6	70	44,3	96,6	12	2,0	25	320	73	681
C 0-20	10	6,1	5,4	6,6	2,9	1,3	4,6	36,3	29,4	46,5	68	24,9	93,8	18	6,0	35	362	254	448
C 20-40	10	6,2	5,5	6,9	2,1	0,0	3,7	36,5	29,0	48,9	73	51,0	97,7	10	2,0	31	348	108	665
COYO-COLORADO	40																		
NC 0-20	10	6,5	5,8	7,4	6,1	2,0	17,3	39,3	27,5	52,6	67	53,5	87,8	17	0,1	69	326	82	841
NC 20-40	10	6,8	6,2	7,9	4,2	1,1	13,9	40,8	27,1	49,8	64	30,3	89,6	8	1,0	35	285	38	649
C 0-20	10	6,3	5,6	7,0	5,4	2,1	15,6	41,4	22,1	55,8	70	43,8	89,7	10	0,5	53	490	101	1831
C 20-40	10	6,5	6,0	7,3	3,8	1,0	15,8	38,1	18,9	48,8	64	22,8	83,1	8	0,1	29	234	105	429
COTO SUR	12																		
NC 0-20	3	6,4	5,8	6,8	3,6	2,3	5,5	37,4	35,0	39,0	61	53,5	65,8	5	3,0	7	155	133	185
NC 20-40	3	6,6	6,4	6,7	2,2	1,1	4,2	39,9	37,5	43,0	66	58,2	81,1	4	1,0	7	157	150	167
C 0-20	3	6,4	6,2	5,6	5,0	3,6	7,0	42,7	22,1	55,8	70	43,8	84,9	3	1,0	5	164	120	193
C 20-40	3	6,5	6,3	6,7	2,3	1,5	3,9	34,5	18,9	43,7	65	43,1	78,9	4	0,1	6	153	118	171
LA PALMA	8																		
NC 0-20	2	6,0	6,0	6,1	16,1	14,8	17,3	30,6	27,5	33,8	56	55,4	57,1	2	2,0	2	112	82	142
NC 20-40	2	6,2	6,2	6,2	12,8	11,7	13,9	38,4	27,1	49,8	44	30,3	58,9	1	1,0	1	70	38	102
C 0-20	2	5,9	5,6	6,2	11,9	8,2	15,6	31,3	29,9	32,7	49	47,1	51,7	3	0,5	5	128	101	155
C 20-40	2	6,2	6,0	6,4	11,0	6,2	15,6	31,6	30,3	32,9	58	57,7	60,2	4	0,5	7	117	105	129
COTO NORTE	20																		
NC 0-20	5	6,8	6,2	7,4	3,6	2,0	5,9	43,9	36,0	52,6	75	65,4	87,8	30	0,1	69	518	244	841
NC 20-40	5	7,1	6,4	7,9	1,9	1,1	3,8	42,3	35,1	48,7	70	47,5	89,6	14	2,0	35	450	297	649
C 0-20	5	6,4	5,9	7,0	3,0	2,1	4,6	44,7	38,1	50,0	78	62,4	89,7	18	1,0	53	829	344	1831
C 20-40	5	6,6	6,2	7,3	1,7	1,0	2,8	42,8	31,1	48,8	66	22,8	83,1	13	0,1	29	330	212	429

NC = no cultivado

C = cultivado

n = número de muestras

Las dos primeras correlaciones coinciden con lo observado para la totalidad de las muestras y se explican de manera análoga. La correlación positiva con la materia orgánica coincide con la información de Krauskopf (5) quien indica que la materia orgánica puede absorber el Mn iónico y formar compuestos con este ión.

En la región de los ríos Coto y Colorado se encontraron niveles de Mn intercambiable entre trazas y 69 con un promedio de 11 ppm, como se ve en el Cuadro 3.

Un estudio de las correlaciones entre las variables y el Mn intercambiable en esta región indicó que no hay correlaciones significativas para estos datos, debido a la considerable variación de los suelos de esa región.

Aunque no hubo correlaciones significativas se notó que el promedio de Mn intercambiable es ligeramente superior en el suelo que en el subsuelo (Cuadro 3) con 13,5 ppm vs. 8 ppm, en forma similar a lo observado para el Valle de Diquís. Según se observa en el mismo cuadro, la mayor concentración correspondió

Cuadro 4.—Correlaciones (valores r), y grados de significancia, entre las variables estudiadas en el total de muestras de suelo.

	Prof	pH	Mat org	CIC	Frac fina	Mn inter	Mn red
Prof.	1,000 0,000						
pH	0,221 *	1,000 0,000					
Mat org	-0,199 NS	-0,212 *	1,000 0,000				
CIC	-0,046 NS	0,280 NS	-0,148 NS	1,000 0,000			
Frac fina	-0,033 NS	0,015 NS	-0,170 NS	0,436 **	1,000 0,000		
Mn interc.	-0,257 *	-0,269 *	-0,166 NS	0,133 NS	0,032 NS	1,000 0,000	
Mn red	-0,172 NS	0,092 NS	-0,315 **	0,287 **	0,288 **	0,319 **	1,000 0,000

* = significativo al 5%

** = significativo al 1%

NS = no significativo

a los suelos superficiales no cultivados, con un promedio de 17 ppm

Manganeso fácilmente reducible

Las concentraciones de manganeso fácilmente reducible variaron entre 38 y 1831 ppm para las muestras totales con un promedio de 339 ppm como se observa en el Cuadro 3. Esta información coincide con lo que encontraron Fassbender y Roldán (2) para

suelos centroamericanos ya que su promedio era de 353 ppm.

Al observar las correlaciones entre Mn fácilmente reducible y las otras propiedades detectadas se nota significancia negativa para la materia orgánica y positiva para la capacidad de intercambio catiónico, la fracción fina y el Mn intercambiable

La correlación con la materia orgánica se presenta en la Fig 4 con la fracción fina en la Fig 5 y con el Mn intercambiable en la Fig 2.

Cuadro 5.—Correlaciones (valores r), y grados de significancia, entre las variables estudiadas en las muestras de suelos del Valle del Diquís.

	Prof	pH	Mat org	CIC	Frac fina	Mn inter	Mn red.
Prof	1,000 0,000						
pH	0,218 NS	1,000 0,000					
Mat org	-0,419 **	-0,253 NS	1,000 0,000				
CIC	-0,061 NS	0,073 NS	0,307 *	1,000 0,000			
Frac. fina	0,070 NS	-0,309 *	0,389 *	0,145 NS	1,000 0,000		
Mn interc.	-0,449 **	-0,443 **	0,605 **	0,123 NS	-0,020 NS	1,000 0,000	
Mn red.	-0,074 NS	0,134 NS	-0,041 NS	0,180 NS	0,112 NS	0,132 NS	1,000 0,000

* = significativo al 5%

** = significativo al 1%

NS = no significativo

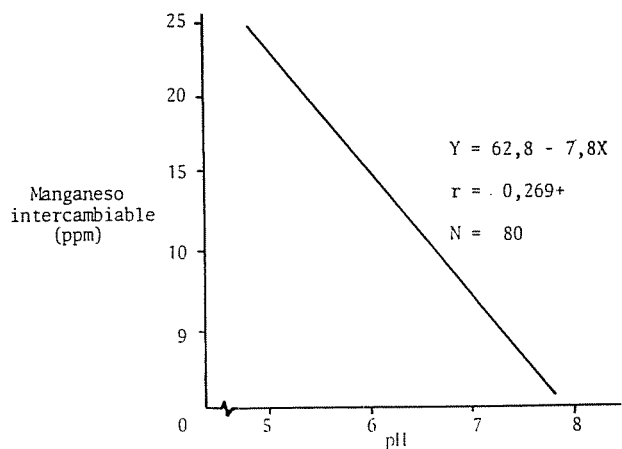


Fig. 3.—Relación entre los niveles de pH y manganeso intercambiable en el total de muestras de suelo.

La correlación con la fracción fina coincide con la información de Fassbender y Roldán (2) para suelos de Centroamérica y Ritchey (8) para suelos de la India.

Debido a que el Mn intercambiable y fácilmente soluble se mantiene en equilibrio dinámico (1) es fácil entender su correlación (Fig. 2).

Al estudiar los datos del Valle de Diquís se observan variaciones entre 73 y 681 ppm con un promedio de 344 ppm, valor similar al promedio de todas las muestras (Cuadro 3). Para este Valle, no se encontró ninguna correlación significativa entre esta propiedad y otras características estudiadas (Cuadro 5).

Un estudio breve de los datos del Cuadro 3 indica que los suelos y subsuelos y los suelos cultivados y no

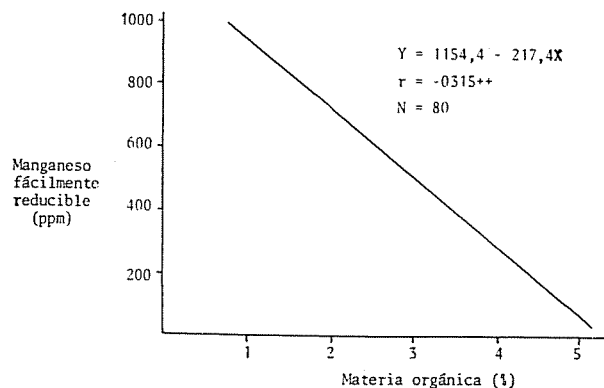


Fig. 4.—Relación entre el porcentaje de materia orgánica y el manganeso fácilmente reducible en el total de muestras de suelo.

cultivados tienen contenidos promedios de Mn fácilmente reducibles similares.

En la región Coto-Colorado el Mn fácilmente reducible varió entre 38 y 1831 ppm con un promedio de 335, similar al promedio total y al promedio del Valle de Diquís (Cuadro 3). El estudio de las correlaciones entre propiedades de los suelos de la región de Coto-Colorado y su contenido de Mn fácilmente reducible es presentado en el Cuadro 6.

Se observó una correlación negativa y significativa con la materia orgánica, otra positiva y significativa con la capacidad de intercambio catiónico y de manera positiva y altamente significativa (0,01) con la fracción fina y el manganeso intercambiable. Estas correlaciones coinciden con las que se detectaron para la totalidad de las muestras y tienen la misma explicación.

Cuadro 6.—Correlaciones (valores r), y grados de significancia, entre las variables estudiadas en las muestras de suelos del Valle del Coto-Colorado.

	Prof.	pH	Mat. org.	CIC	Frac. fina	Mn inter.	Mn red.
Prof.	1,000 0,000						
pH	0,237 NS	1,000 0,000					
Mat. org.	-0,193 NS	-0,018 NS	1,000 0,000				
CIC	-0,054 NS	0,275 NS	-0,357 *	1,000 0,000			
Frac. fina	-0,143 NS	0,384 *	-0,355 *	0,757 **	1,000 0,000		
Mn interc.	-0,161 NS	-0,126 NS	-0,253 NS	0,205 NS	0,034 NS	1,000 0,000	
Mn red.	-0,231 NS	0,103 NS	-0,359 *	0,336 *	0,417 **	0,422 **	1,000 0,000

* = significativo al 5%

** = significativo al 1%

NS = no significativo

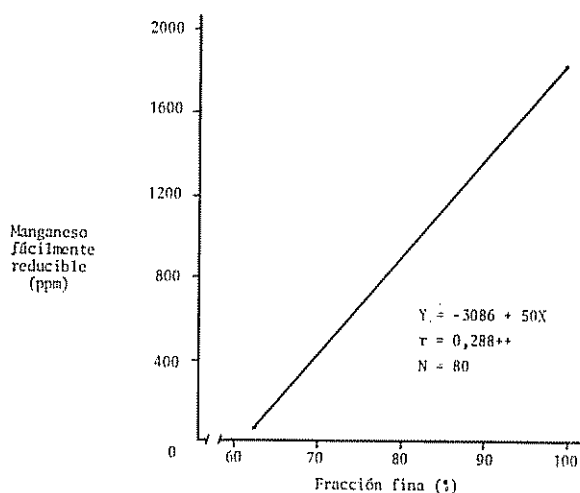


Fig 5 —Relación entre el manganeso fácilmente reducible y el porcentaje de la fracción fina en el total de muestras de suelo.

Al separar los suelos de los subsuelos se encontró menos Mn en los subsuelos (promedio de 260 ppm) que en los suelos (promedio de 409 ppm). Se notó también que el promedio para los suelos no cultivados fue menor (promedio de 307 ppm) que el de los cultivados (promedio de 362 ppm).

Resumen

Se estudiaron los contenidos de Mn intercambiable y extraíble con reductor de 80 muestras de 20 sitios del Pacífico Sur de Costa Rica. Se extrajeron muestras de los valles de Diquís y de los ríos Coto y Colorado de la región con 10 sitios en cada valle y en cada sitio muestras superficiales y subsuperficiales y de sitios ahora bajo cultivo o nó.

Para las 80 muestras se hicieron determinaciones de pH, materia orgánica, CIC, fracción fina del suelo (limo + arcilla) y las dos categorías de Mn y se establecieron las correlaciones entre estas propiedades.

Se observaron contenidos entre trazas y 69 ppm para Mn intercambiable y entre 38 y 1831 para Mn extraíble con reductor con promedios de 13 ppm y 339 ppm respectivamente.

Para el Mn intercambiable se detectaron correlaciones significativas negativas con pH, profundidad y positiva con Mn reducible.

Para el valle del Diquís se confirmaron las correlaciones negativas y se observó una correlación altamente significativa con materia orgánica. En el caso

del valle de los ríos Coto y Colorado se observaron correlaciones positivas entre el Mn soluble en reductor y la CIC y fracción fina y en forma negativa con la materia orgánica.

Literatura citada

- ADAMS, F. Manganese, Copper and Zinc. In Black, C. A. *et al.* eds. *Methods of Soils Analysis*. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy Inc. 1965. v. 2: 1013-1018, 1087-1089, 1098-1099.
- FASSBENDER, H. W. y ROLDAN, J. A. Formas y equilibrios del manganeso en suelos de América Central Turrialba 23(1): 30-36. 1973.
- FORSYTHE, W. Manual de Laboratorio de Física de Suelos San José, C.R., IICA, 1974. 212 p.
- GIDDENS, J., MORRIS, H. D. y PERKINS H. F. Factors affecting organic matter in Georgia soils. Georgia Agricultural Experimental Station, Technical Bulletin N° 10, 1957. 18 p.
- KRAUSKOPF, K. B. Geochemistry of micronutrients. In Mortvedt, J. J. *et al.* eds. *Micronutrients in Agriculture*. Madison, Wisc., Soil Science Society of America, 1972, pp 7-40.
- MANNIX, J. y RODRIGUEZ, R. M. Estudio sobre la toxicidad de cobre acumulativo en los suelos del litoral Pacífico Sur de Costa Rica. 13ª Reunión Anual PCCMCA, 1967. pp 77-80.
- PEECH, M. Determination of exchangeable cations and exchange capacity of soils. *Soil Science* 59: 25-38. 1945.
- RITCHIEY, K. D. A partially annotated bibliography of manganese with special attention to the tropics. Ithaca, N. Y., Cornell University, Agronomy Mimeo 74-76. 1974. 40 p.
- SAIZ DEL RIO, J. F. y BORNEMISZA, E. Análisis, químico de suelos, métodos de laboratorio para diagnóstico de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1962. 107 p.
- SHERMAN, G. D., McHARGUE, J. S. y HODGKINS, W. S. Determination of active manganese in soils. *Soil Science* 54: 253-257. 1946.
- TOSI, J. A. Mapa ecológico de Costa Rica. San José, C. R., Centro Científico Tropical, 1969.
- WALKLEY, A. y BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38. 1934.

Influencia de las propiedades de suelos del Pacífico Sur sobre su contenido de cationes menores. II. Cobre y zinc extraíbles^{*1/}

R. A. FLORES**, E. BORNEMISZA**, A. ALVARADO**

ABSTRACT

The 0.1N HCl extractable Zn and Cu content and some general properties (pH, organic matter, CEC and fine fraction) of soils and subsoils from twenty sites from the South Pacific area of Costa Rica was studied considering samples from cultivated and non cultivated sites.

Some areas showed very high Cu content (maximum 623 ppm), particularly at the Diquis Valley (average 103 ppm) where banana grew. In this valley, there was little difference between cultivated and non-cultivated soils (94 vs. 113 ppm).

It is believed that large floods have altered the Cu concentration in soils eliminating the differences. The Coto-Colorado Valley has smaller concentrations (21 ppm average) than the Diquis Valley and larger content in the cultivated soils (34 ppm). For this last area positive correlations were detected between Cu and CEC and the element and fine particle fraction. The extractable Cu concentration also correlated significantly with extractable Zn.

The highest Zn levels detected did not reach toxic levels and were found in the Diquis Valley (max. 65 ppm, average 12 ppm). The lowest data corresponded to the Las palmas area (0.1 ppm) where the soils were definitively deficient. Generally soil Zn levels were slightly higher than the subsoil levels. Negative correlations were observed between Zn and organic matter for all samples and for those from the Coto-Colorado Valley.

Introducción

LA agricultura intensiva que caracteriza amplias áreas de los valles del Pacífico Sur de Costa Rica, con cierta frecuencia resulta en acumulaciones excesivas o deficiencias de elementos menores, ya que a su manejo cuidadoso se dedica menos atención que al uso apropiado de los nutrimentos mayores. Sin embargo, la ley de Liebig se aplica por igual a todos los nutrimentos esenciales y la falta o excesos de elementos menores puede ser tan limitante para la producción, como la escasez de cualquier otro factor.

Existe poca información sobre cobre y zinc (1, 7, 8, 10) en Costa Rica, por lo que se tomaron muestras de suelos de los dos valles principales del Pacífico Sur, a fin de establecer correlaciones entre las propiedades de sus suelos, cultivados o no, y los niveles de cationes menores presentes.

En el primer trabajo sobre estos experimentos (4) se presentaron los contenidos de Mn intercambiable y extraíble con reductor, mientras que en el presente se incluye la información obtenida sobre los contenidos de Zn y Cu en estos suelos.

Materiales y métodos

Suelos

Se estudiaron ochenta muestras a dos profundidades (suelo y subsuelo) y bajo dos sistemas de manejo (cultivados o no cultivados) de veinte sitios, divididos igualmente entre los Valles de Diquis y de los

* Recibido para la publicación el 25 de abril de 1979.

1/ Trabajo realizado con el apoyo parcial del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), de Costa Rica. Los autores agradecen al Ing. Víctor Quiroga, M.S., por su ayuda en los aspectos estadísticos de este trabajo.

** Estudiante y profesores, respectivamente, de la Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria, San José, Costa Rica.

Ríos Coto y Colorado. Más detalles y la descripción de las muestras se encuentran en la primera parte de este trabajo (4) donde se indican también los sitios de muestreo. Los suelos fueron secados al aire y molidos con los cuidados necesarios para trabajar con elementos menores (12) al grado de fineza necesaria para las extracciones.

Métodos analíticos

Para la caracterización de los suelos se determinaron el pH en agua, el contenido de materia orgánica por oxidación húmeda (15) y la capacidad de intercambio catiónico con acetato de amonio (11). Las fracciones de diferentes componentes texturales se determinaron según el procedimiento adaptado por Forsythe (5). Para fines de este experimento se sumó el contenido de limo con el de arcilla, denominándose la

adición fracción fina; esto facilita la explicación de las relaciones de los elementos menores (6)

Las extracciones de Cu y Zn se hicieron con HCl 0,1 N de acuerdo con la metodología propuesta para cobre por Cheng y Bray (3) excepto que las determinaciones se realizaron usando un aparato de absorción atómica Perkin-Elmer 303.

Análisis estadísticos

Se hicieron análisis de correlación entre las variables estudiadas, tomando en cuenta la totalidad de las muestras, los datos separados por valles, de acuerdo con su manejo y las profundidades de toma de muestras. Se procedió de acuerdo al programa SAS utilizando la computadora del Centro de Información de la Universidad de Costa Rica.

Cuadro 1.—Promedios y ámbitos de las características físicas y químicas estudiadas separadas por uso y manejo de los suelos de cada área geográfica

Localidad uso del suelo y profundidad	n	pH agua			Materia orgánica (%)			CIC meq/100 g			Fracción fina (%)			Cobre			Zinc		
														(ppm)					
		Prom	min	max	Prom	min	max	Prom	min	max	Prom	min	max	Prom	min	max	Prom	min	max
DIQUIS	40																		
NC 0-20	10	6,1	5,6	6,6	3,5	1,6	7,4	36,8	31,6	48,2	70,9	49,7	93,7	115	8	566	16	5,5	65
NC 20-40	10	6,4	5,7	6,8	2,0	1,1	3,0	35,4	28,8	46,6	70,5	44,3	96,6	112	11	623	13	4,5	43
C 0-20	10	6,1	5,4	6,6	2,9	1,3	4,6	36,3	29,4	46,5	68,0	24,9	93,8	126	7	549	11	5,0	16
C 20-40	10	6,2	5,5	6,9	2,1	0,9	3,7	36,5	29,0	48,9	73,5	51,0	97,7	60	8	294	9	5,0	12
COTO-COLORADO	40																		
NC 0-20	10	6,5	5,8	7,4	6,1	2,0	17,3	39,3	27,5	52,6	67,7	53,5	87,8	8	2	14	9	0,1	20
NC 20-40	10	6,8	6,2	7,4	4,2	1,1	13,9	40,8	27,1	49,8	64,1	30,3	89,6	9	4	13	8	0,1	15
C 0-20	10	6,3	5,6	7,0	5,4	2,1	15,6	41,4	22,1	55,8	70,0	43,8	89,7	49	3	227	9	0,1	13
C 20-40	10	6,5	6,0	7,3	3,8	1,0	15,8	38,1	18,9	48,8	64,5	22,8	83,1	18	4	73	8	0,1	11
COFO SUR	12																		
NC 0-20	3	6,4	5,8	6,8	3,6	2,3	5,5	37,4	35,0	39,0	61,6	53,5	65,8	8	6	10	8	7,5	8
NC 20-40	3	6,6	6,4	6,7	2,2	1,1	4,2	39,9	37,5	43,0	66,8	58,2	81,1	8	7	8	8	6,5	9
C 0-20	3	6,4	6,2	6,6	5,0	3,6	7,0	42,7	22,1	55,8	70,1	43,8	84,9	98	4	227	10	8,5	13
C 20-40	3	6,5	6,3	6,7	2,3	1,5	3,9	34,5	18,9	43,7	65,2	43,1	78,9	32	4	73	8	6,5	9
LA PALMA	8																		
NC 0-20	2	6,0	6,0	6,1	16,1	14,8	17,3	30,6	27,5	33,8	56,2	55,4	57,1	3	2	4	1	0,1	1
NC 20-40	2	6,2	6,2	6,2	12,8	11,7	13,9	38,4	27,1	49,8	44,6	30,3	58,9	6	4	9	0	0,1	0
C 0-20	2	5,9	5,6	6,2	11,9	8,2	15,6	31,3	29,9	32,7	49,4	47,1	51,7	3	3	4	1	0,1	2
C 20-40	2	6,2	6,0	6,4	11,0	6,2	15,6	31,6	30,3	32,9	58,9	57,7	60,2	4	4	4	1	0,1	1
COTO NORTE	20																		
NC 0-20	5	6,8	6,2	7,4	3,6	2,0	5,9	43,9	36,0	52,6	75,8	65,4	85,8	9	5	14	13	10,0	20
NC 20-40	5	7,1	6,4	7,9	1,9	1,1	3,8	42,3	35,1	48,7	70,2	47,5	89,6	9	7	13	11	7,5	15
C 0-20	5	6,4	5,9	7,0	3,0	2,1	4,8	44,7	38,1	50,0	78,3	62,4	89,7	36	6	137	12	11,0	13
C 20-40	5	6,6	6,2	7,3	1,7	1,0	2,8	42,8	31,1	48,8	66,3	22,8	83,1	14	6	33	10	7,5	11

NC = no cultivado

C = cultivado

n = número de muestras

Resultados y discusión

El Cuadro 1 presenta los promedios y los ámbitos de las características físicas y químicas de los suelos estudiados, separándolos por profundidades y por uso del suelo.

Cobre

Se observa un ámbito muy amplio que llega a niveles tóxicos y cuyo promedio es alto debido a la influencia de sitios con un exceso de este elemento, especialmente en el Valle de Diquís (1); se estima que los niveles inferiores indican posibles deficiencias (2). Al comparar los datos de Cu con las demás variables se encontró una correlación positiva y altamente significativa ($r = 0,642$) entre los contenidos de Cu y Zn (Cuadro 2), lo que indica que los factores que influyen en la disponibilidad de estos elementos son parecidos. Para ilustrar esta correlación se calculó la ecuación de regresión $Y = 4,0 + 0,1X$, representada en la Fig 1.

Analizando por aparte los datos del Valle del Diquís se notó que en esta área se encuentran los valores más altos de este elemento, con un promedio de 103 ppm. Estos valores se deben a las altas aplicaciones de Cu en esta región, según lo informan Cordero, y Mannix y Rodríguez (1, 10). Al estudiar las correlaciones solamente se notó significancia entre los datos de Cu y Zn ($r = 0,665$) como se vió para la totalidad de las muestras y se cree que la explicación previamente propuesta se aplica aquí también.

Los niveles de Cu de suelos cultivados y no cultivados y de suelos y subsuelos mostraron diferencias

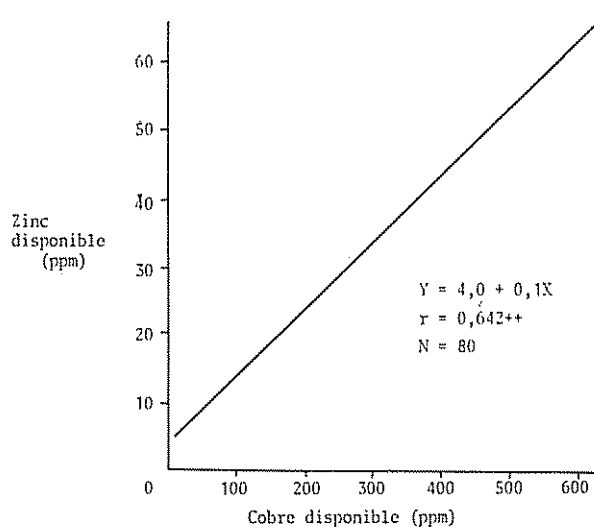


Fig 1—Relación entre los niveles de cobre disponibles y zinc disponible en el total de muestras de suelo

importantes, posiblemente por las inundaciones que ha sufrido la región resultando en la deposición de nuevas capas sobre superficies anteriores.

Los datos para el Valle del Coto-Colorado dan un promedio de 20,2 ppm de Cu, valores bajos dada la menor aplicación de fungicida en esta región. Los datos de las correlaciones se indican en el Cuadro 2 en el cual se nota una correlación significativa positiva con la capacidad de intercambio catiónico ($r = 0,368$) y con la fracción fina ($r = 0,336$). A diferencia de los casos anteriores, la correlación con el

Cuadro 2—Correlaciones y grados de significancia entre las variables en las muestras del Valle del Coto-Colorado.

	Profundidad	pH	Materia orgánica	CIC	Fracción fina	Cu	Zn
Profund.	1,000 0,000						
pH	0,237 NS	1,000 0,000					
Mat Org.	-0,193 NS	-0,118 NS	1,000 0,000				
CIC	-0,054 NS	0,275 NS	-0,357 *	1,000 0,000			
Frac Fina	-0,143 NS	0,384 *	0,355 *	0,757 **	1,000 0,000		
Cu	-0,183 NS	0,060 NS	-0,129 NS	0,368 *	0,336 *	1,000 0,000	
Zn	-0,157 NS	0,386 *	-0,735 **	0,474 **	0,566 **	0,262 NS	1,000 0,000

Cuadro 3—Correlaciones y grados de significancia entre las variables en el total de muestras de suelo

	Profundidad	pH	Materia orgánica	CIC	Fracción fina	Cu	Zn
Profund	1,000 0,000						
pH	0,221 *	1,000 0,000					
Mat Org	-0,199 NS	0,212 *	1,000 0,000				
CIC	-0,046 NS	0,280 NS	-0,148 NS	1,000 0,000			
Frac Fina	-0,033 NS	0,015 NS	-0,170 NS	0,436 **	1,000 0,000		
Cu	-0,109 NS	-0,163 NS	-0,086 NS	-0,134 NS	0,040 NS	1,000 0,000	
Zn	-0,133 NS	0,011 NS	-0,317 **	0,048 NS	0,182 NS	0,642 **	1,000 0,000

contenido de Zn no alcanzó significancia aunque casi lo logra alcanzar.

Se observa en el Cuadro 2 la correlación entre la fracción fina y el pH, la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico, hecho común observado en varios suelos (1, 13, 14).

En los suelos provenientes de diferentes capas y de diferentes regímenes de manejo, se observó que a los no cultivados les correspondía un promedio de 8 ppm de Cu para ambos niveles. Las áreas cultivadas que incluían suelos con exceso de Cu presentaron un promedio de 48 ppm para suelos y de 17,6 para subsuelos indicando claramente la acumulación en la capa superior.

Zinc

El contenido en todas las muestras varía desde trazas (considerados para fines estadísticos como 0,1 ppm) hasta 65 ppm, con un promedio de 10 ppm, como se observa en el Cuadro 1. Esto indica concentraciones no muy altas pero satisfactorias para las plantas (2).

En el Cuadro 3 se observa que el zinc correlacionó de manera negativa y altamente significativa con el contenido de materia orgánica ($r = -0,317$) y de una manera positiva y altamente significativa con el cobre ($r = 0,642$).

Cuadro 4.—Correlaciones y grados de significancia entre las variables en las muestras del Valle del Diquís.

	Profundidad	pH	Materia orgánica	CIC	Fracción fina	Cu	Zn
Profund.	1,000 0,000						
pH	0,218 NS	1,000 0,000					
Mat. Org	-0,419 **	-0,253 NS	1,000 0,000				
CIC	-0,061 NS	0,073 NS	0,307 *	1,000 0,000			
Frac. Fina	0,070 NS	-0,309 *	0,389 *	0,145 NS	1,000 0,000		
Cu	-0,110 NS	-0,070 NS	0,169 NS	-0,265 NS	-0,075 NS	1,000 0,000	
Zn	-0,134 NS	-0,040 NS	0,060 NS	-0,322 *	0,013 NS	0,655 **	1,000 0,000

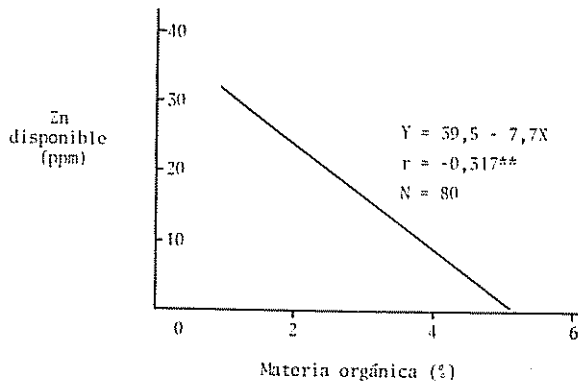


Fig. 2.—Relación entre los niveles de Zn disponible y el porcentaje de materia orgánica en el total de muestras de suelo

Esta correlación negativa difiere de lo indicado en la literatura (9, 13). Se estima que la materia orgánica en estas condiciones inmoviliza al Zn, actuando en forma negativa sobre su disponibilidad. En la Fig. 2 se observa la regresión lineal entre los niveles de Zn extraíble y la materia orgánica en el suelo.

En el Valle de Diquís, los datos de Zn disponible variaron entre 4 y 65 ppm con un promedio de 12,3 ppm, el cual es más alto que el promedio general. En el Cuadro 4 se observa que el Zn correlaciona de manera significativa y negativa con la CIC ($r = -0,322$). Se puede mencionar también la correlación con el Cu ya discutida para este elemento.

El contenido de Zn (Cuadro 1) en áreas no cultivadas da un promedio de 16,3 ppm para suelos y de 13 ppm para subsuelos. En áreas cultivadas, los suelos mostraron un promedio de 10,8 ppm y los subsuelos 8,5. Se observan dos tendencias, la acumulación del Zn en la capa superficial, mencionada en la literatura (9, 14) y una menor concentración en los suelos cultivados, debido a su uso intensivo, a que el Zn no forma parte de los abonos aplicados y a que es extraído por las cosechas.

En el Valle del Coto-Colorado se observan valores entre trazas y 20 ppm con un promedio de 8,5 ppm, valor cercano al ámbito crítico según Cox y Kamprath (2). En este valle (Cuadro 2) se encontró que el Zn presentó un valor negativo y altamente significativo con la materia orgánica ($r = -0,735$), en forma similar como para la totalidad de las muestras. Esto coincide con la observación general de que altas concentraciones de materia orgánica resultan en baja disponibilidad de Zn (7).

Se observó también una correlación positiva y significativa con el pH, lo que contradice a la literatura (7, 9, 14). De igual manera se notó una correlación altamente significativa y positiva con la fracción fina ($r = 0,566$) y la capacidad de intercambio catiónico ($r = 0,474$). La fracción fina y la capacidad de intercambio son propiedades muy relacionadas, como lo indica su correlación ($r = 0,757$), probablemente debido a que la mineralogía de este valle es relativamente

uniforme. Al estudiar los datos correspondientes a diferentes profundidades se notó que para las áreas no cultivadas el Zn en los suelos varió entre trazas y 20 ppm con un promedio de 9 ppm y para los subsuelos entre trazas y 15 ppm con un promedio de 8 ppm. Los datos anteriores indican una distribución bastante uniforme y la existencia de sitios con muy bajas concentraciones como La Palma y La Cuesta. En áreas cultivadas los niveles para suelos variaron entre trazas y 31 ppm con un promedio de 9,4 ppm y para subsuelos entre trazas y 11 ppm con un promedio de 7,5 ppm.

Las diferencias entre suelos y subsuelos son pequeñas y no significativas. Sin embargo, para los suelos cultivados se notó una pequeña acumulación del Zn en la capa superficial, tal vez como resultado de aplicaciones de plaguicidas que contienen este elemento.

Resumen

Se estudió el contenido de Zn y Cu extraídos con HCl 0,1N y algunas propiedades (pH, materia orgánica, CIC, fracción fina) de los suelos y subsuelos de veinte sitios del Pacífico Sur de Costa Rica, tomando muestras en un lugar cultivado y otro no cultivado en cada sitio.

Se encontraron algunas áreas con muy altos contenidos de Cu (máximo 623 ppm), especialmente en el Valle del Diquís (promedio 103 ppm), en sitios previamente sembrados de banano. En este valle se encontraron pocas diferencias entre suelos cultivados o no cultivados (94 ppm *vs* 113 ppm) ya que inundaciones fuertes han alterado la distribución del Cu en ellos. En el Valle del Coto-Colorado existen menores contenidos promedios (21 ppm) que en el Valle del Diquís y mayores contenidos en los suelos cultivados (34 ppm). En este último valle se encontraron correlaciones positivas entre el contenido de Cu, la fracción fina y la CIC. La cantidad de Cu extraíble correlacionó significativamente con el Zn disponible.

Los niveles más altos de Zn no llegaron a niveles perjudiciales y se encontraron en el Valle del Diquís (máximo 65 ppm, promedio 12 ppm) y los más bajos en la región de La Palma (0,1 ppm). Estos últimos datos indican una deficiencia de este elemento en el sitio antes mencionado. En general, hubo ligeramente mayores concentraciones en los suelos que en los subsuelos. Se notaron correlaciones negativas entre zinc y materia orgánica para la totalidad de las muestras y en el Valle de Coto-Colorado.

Literatura citada

1. CORDERO, A. Research proposal for a study in copper accumulation in Costa Rican soils and toxic effects in different crops and grasses. Dep. de Agronomía MAG (Costa Rica) y Soil Science Dep. North Carolina State University. 1976. 80 p. (mimeografiado).

2. COX, F. R. y KAMPRATH, E. J. Micronutrient soil tests. In: Mortvedt J. J. *et al.*, eds. Micronutrients in agriculture. Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America, 1972. pp 289-317.
3. CHENG, K. L. y BRAY, R. H. Two specific methods for determining copper in soils and plant material. Analytical Chemistry 25: 655-659 1963.
4. FLORES, R. A., BORNEMISZA, E. y ALVARADO, A. Influencia de propiedades de suelos del Pacifico Sur sobre el contenido de cationes menores. I. Manganeso intercambiable y soluble en reductor. Turrialba 29 (2): 1979.
5. FORSYTHE, W. Manual de laboratorio de fisica de suelos. San José, IICA, 1974 212 p.
6. GIDDENS, J., MORRIS, H. D. y PERKINS, H. F. Factors affecting organic matter in Georgia soils. Georgia Agricultural Experimental Station, Technical Bulletin NS. 10 1957. 18 p.
7. IGUE, K. y BORNEMISZA, E. El problema de zinc en suelos y plantas de regiones tropicales y de zonas templadas. Fitotecnia Latinoamericana 4 (1): 29-41 1967.
8. KOSS, J., CARVAJAL, J. F. y SOLANO, J. A. Nutrición por cobre en algunos suelos cafetaleros de Costa Rica. Turrialba 23 (2): 208-215. 1973.
9. LUCAS, R. E. y KNEZEK, B. D. Climatic and soil conditions promoting micronutrient deficiencies in plants. In: Mortvedt, J. J. *et al.*, eds. Micronutrients in Agriculture. Madison, Wisc. Soil Science Society America 1972. pp 265-288.
10. MANNIX, J. y RODRIGUEZ, R. M. Estudio sobre la toxicidad del cobre acumulado en los suelos del litoral Pacifico Sur de Costa Rica. 13a Reunión Anual PCCMCA. 1967. pp 77-80.
11. PEECH, M. Determination of exchangeable cations and exchange capacity of soils. Soils Science 59: 25-38. 1945.
12. SAIZ DEL RIO, J. F. y BORNEMISZA, E. Análisis químico de suelos, métodos de laboratorio para diagnóstico de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1962. 107 p.
13. SHUMAN, L. M. The effect of soil properties on zinc adsorption by soils. Soil Science Society of America Proceedings 39 (3): 454-458 1975.
14. SILLANPAA, M. Trace elements in soils and agriculture. Roma, SIDA-FAO, Bulletin N° 7, 1972. 67 p.
15. WALKLEY, A. y BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-38. 1934.

Notas y Comentarios

Medalla Agrícola Interamericana 1979

La Medalla Agrícola Interamericana de 1979 fue otorgada al Dr. Paulo de Tarso Alvim, destacado científico brasileño, actualmente Director Científico del Comité Ejecutivo del Plan de Cacao del Brasil (CEPIAC). El honor fue conferido por el Consejo Técnico Consultivo del IICA, en su vigésima cuarta reunión, en La Paz en mayo de 1979.

Paulo de Alvim es un fitofisiólogo que se ha destacado en el mundo por sus contribuciones sobre la relación planta-agua; un especialista en el cultivo del cacao que ha realizado una labor innovadora en la zona cacaotera en el estado Bahía; un funcionario internacional que ha dejado huellas de su labor en diversos países americanos.

Graduado en la Escuela Superior de Agricultura en Viçosa, Minas Gerais, el estado en el que nació, realizó estudios de posgrado en la Universidad de Cornell, donde realizó investigaciones sobre el mecanismo de comportamiento de los estomas. Antes y después de su viaje a Cornell fue profesor de botánica y fisiología en Viçosa, de 1941 a 1950. En 1951 fue contratado por el IICA, como investigador y profesor de la Escuela para Graduados. En julio de 1955 fue trasladado a la Zona Andina del IICA, en Lima, donde permaneció hasta 1963 fecha en que fue llamado por el gobierno de su país para encabezar el planeamiento de los departamentos científicos y técnicos del CEPLAC, labor que culminó con la formación del Centro de Pesquisas de Cacao (CEPEC), uno de los mejores organismos de investigación en regiones tropicales. A esta labor administrativa una la de investigación que continúa realizando siempre. Entre sus contribuciones más importantes se cuentan algunas invenciones, como la del "Porómetro Alvim" usado para evaluar el nivel de falta de agua en la planta mediante la apertura de los estomas; y el de un tipo de dendrómetro, denominado "fitotensiómetro", para medir el

crecimiento del diámetro de los árboles, y también para identificar el efecto de la falta o exceso de agua sobre la fisiología de las plantas. (Cf. *Turrialba* 25:445).

Sus numerosas publicaciones en diversos medios de difusión confirman su prestigio y son una muestra del rigor científico y claridad de expresión que le caracterizan.

H. Calvert Anderson 1911-1979

Durante su paso por el IICA, H. Calvert Anderson contribuyó a la ampliación de los servicios de comunicación, principalmente en el programa de adiestramiento en comunicaciones (ADECO), auspiciado por la Agencia de Desarrollo Internacional (AID) de los Estados Unidos. Se ganó allí las simpatías de todos los que trabajaron a su lado o que tuvieron contactos con él. Como dice Armando Samper, ("Diez años de progreso en comunicaciones agrícolas" IICA, 1959): "en 1958, Calvert Anderson..., hombre de extraordinario sentido humano y excelente administrador, vigorizó el Servicio de Intercambio Científico (SIC) imprimiéndole el sello de su atrayente personalidad".

Nacido en Walla-Walla, estado de Washington, en 1911, fue de joven editor del Pacific Northwest Farm Bureau News y editor de ciencias agrícolas en la Universidad del Estado de Washington. Después de actuar en la Marina durante la Segunda Guerra Mundial, en la que participó como comandante de un LST (Landing Ship Troops), en las invasiones de Normandía y Okinawa, Cal Anderson sirvió en programas de ayuda exterior en Italia, Grecia y Turquía.

Ingresó al IICA en 1958 en el SIC, en Turrialba, Costa Rica, como coordinador del convenio de comunicaciones de AID, hasta 1961. De allí pasó a ser Director en América del Sur, del Programa Interamericano de Información Popular (PIIP), con sede en Montevideo, un programa asociado del IICA y de la American International Association, auspiciado por el Rockefeller Brothers Fund. De Montevideo regresó en 1968 a su país, donde trabajó algunos años más hasta su retiro. Su deceso ocurrió en su ciudad natal el 13 de enero.

Field occurrence and identification of Southern Bean Mosaic Virus (Cowpea strain) in Nigeria*

S. A. SHOYINKA**, R. F. BOZARTH***, J. REESE****, B. O. OKUSANYA†

COMPENDIO

Durante un reconocimiento sobre la incidencia de virus en campos comerciales de caupí (Vigna unguiculata) en Nigeria Occidental en 1973, se encontró, en tres lugares diferentes, un virus transmisible por semilla, identificado serológicamente como Mosaico Sureño de Frijol - Raza Caupí (SBMV-CS). En todos los casos el virus se presentó como una infección mezclada con el Virus del Mosaico Amarillo del Caupí (CYMV). Se separaron mediante las diferencias en el ámbito de sus hospedantes y sus propiedades físicas.

La inoculación de uno de los aislamientos del SBMV-CS a diferentes hospedantes indicó que el ámbito del virus estaba restringido a las leguminosas. Las reacciones de 25 cultivares de caupí a la inoculación manual con el virus varió desde inmune hasta infección severa que conducía a la muerte de las plantas. El virus fue transmitido mediante las semillas de por lo menos una variedad local.

Las propiedades del virus en la savia cruda fueron: inactividad termal (10 min. de exposición) a 90°C (ocasionalmente a 95°C) pero no a 85°C; punto final de dilución, 10^{-6} — 10^{-7} ; y senectud in vitro, 15 días.

Las preparaciones purificadas de virus contenían partículas esféricas de $28,0 \pm 1,0$ nm de diámetro las que sedimentaban como un componente único en una gradiente de densidad de sucrosa o ultracentrifugación analítica a $S_{20, W} = 114$.

El antisuero preparado contra el virus reaccionaba con la raza de frijol, la raza de caupí, y la raza de Ghana de caupí de SBMV. La formación de espolones indicó que el organismo aislado está relacionado pero distinto a los aislamientos previamente aislados de SBMV.

Introduction

ALTHOUGH many viruses have been reported as infecting cowpeas in Nigeria (3, 10, 11, 12, 18), positive identification based on morphological and serological data was not achieved in most cases.

Consequently, confusion still exists regarding the identities of cowpea viruses which cause widespread disease in Nigeria. The characterization of virus isolates by morphology and serology and their subsequent identification are fundamental aspects of the virus research program of the Plant Pathology Division of the Institute of Agricultural Research and Training.

Since Shepherd and Fulton (14) first described the cowpea strain of southern bean mosaic virus (SBMV-CS) and the disease it induced in affected hosts, the virus has been reported in the crop in many other parts of the world (2, 7, 8). In the late season (August - December) 1973 while conducting a survey of virus incidence in the Western State of Nigeria, SBMV-CS was

* Received for publication October 21st, 1977.

** Plant Virologist, Institute of Agricultural Research and Training, University of Ife, P. M. B. 5029, Ibadan, Nigeria.

*** Professor of Life Science, Indiana State University, Terre Haute, Indiana 47809.

**** Kitchawan Research Laboratory, Brooklyn Botanical Garden, Ossining, New York 10562.

† National Cereals Research Institute, P. M. B. 5042, Ibadan, Nigeria.

identified serologically and found to occur in mixed infections with cowpea yellow mosaic virus (CYMV) (1,3) in three commercial farms located in widely separated areas. This paper reports the isolation and characterization of the virus and its separation from its more commonly occurring partner, CYMV.

Virus strains and culture. Virus isolates collected from many areas of the Western State of Nigeria were cultured in cowpea (*Vigna unguiculata* cv. 'Victor Brabham 892 A') in insect-proof glasshouses. Infective sap extracted in 0.1 M phosphate buffer, pH 7.0 was manually inoculated on to the primary leaves of seedlings which had been dusted with Carborundum. One isolate (Oyo 4) collected from Oyo, 37 miles north of Ibadan, was selected for detailed studies and subsequent comparison with other isolates.

Other viruses used in these experiments were SBMV bean strain (SBMV-B) originally obtained from I. R. Schneider, U.S.D.A., Beltsville, Md., U.S.A.; cowpea yellow mosaic (CYMV) (Shoyinka, unpublished data); cowpea severe mosaic virus (CSMV) from N. Vakili, U.S.D.A., Mayaguez, Puerto Rico; and cowpea mottle virus (CMeV) (15).

Host range. All plants inoculated throughout the investigation were started from seeds and grown in a glasshouse at 23 C - 30 C. The glasshouse was kept insect-free by a twice-weekly application of Dimethoate (Rogor 40) insecticide. At least 5 plants of each species or cultivar were inoculated in this investigation. Reisolations to 'Brabham 892A' cowpea seedlings were made from both inoculated and non-inoculated leaves of test plants about 2 weeks after inoculation. When necessary, tests were repeated with certain host range species if initial results were inconclusive.

In-vitro properties. Physical properties were determined with crude infective cowpea sap without addition of distilled water or buffer.

Virus purification. After the initial identification in Nigeria, the virus was sent to the second author for more detailed studies. There the virus was manually inoculated to seedlings of *Vigna unguiculata* cv. 'Calif. Blackeye N° 5' (George Taite Seed Co., Norfolk, Va.) in which it produced a very mild systemic mottle.

Two to 3 weeks after inoculation, the systematically infected leaves were ground in a Waring Blender containing an equal weight of 0.1 M potassium phosphate buffer, clarified by low-speed centrifugation at 10,000 rpm for 10 min. and subjected to 3 cycles of differential centrifugation. The final high-speed pellets were resuspended in buffer and further purified by centrifugation on sucrose density gradient in the Beckman Ti-15 (Beckman, Palo Alto, Calif.) zonal rotor.

Details of subsequent analysis by sucrose density gradient centrifugation, fractionation of gradients, analytical ultracentrifugation, ultraviolet spectroscopy, and electron microscopy have been previously described (6).

Serology. Density gradient purified virus was mixed 1:1 with Freund's complete adjuvant (Difco, Detroit, Mich.) and injected intramuscularly into rabbits at intervals of 3 weeks. Rabbit normal sera was withdrawn prior to the first injection.

Ouchterlony immunodiffusion tests (4) by the senior author were conducted in 100X 15 mm plastic petri dishes containing 20 ml of 0.8% Ionagar N° 2 (Colab, Glenwood, Ill.) and 0.02% (wt/vol) sodium azide. Wells were made in the agar with a Shandon gel punch (Shandon Scientific Co., London, U.K.) equipped with 7 mm diameter bores spaced 1.0 cm apart. Antigens were placed in the peripheral wells and the antiserum in the central well.

Serological reactions carried out by the second and third authors were made on glass slides using Gelman immunodiffusion equipment (Scientific Products, Chicago, Ill.) in 1.0% Agar Noble dissolved in 0.85% saline and 0.01% sodium azide. Test antigens consisted of leaf extracts of systemically infected leaves diluted 1:1 with 0.85% saline or purified virus at a concentration of approximately 0.2 mg/ml. In addition to the antiserum prepared against the virus, the following antisera were used: SBMV-CS from C. W. Kuhn, Univ. of Georgia, Athens, Ga., U.S.A.; SBMV-CS PVAS-11 from the American Type Culture Collection (ATCC), Rockville, Md.; SBMV-B PVAS-2 from ATCC; CSMV and CYMV which were passed onto us from Agrawal (1) via H. A. Wood of Boyce Thompson Institute, Yonkers, N. Y.; and CMeV (15).

Results

Host range and symptoms. Inoculations of various cultivars of *V. unguiculata* with isolates from different geographical origins resulted in different symptoms which were classified visually as shown in Table 1.

Initial symptoms of the disease included inconspicuous chlorotic spots which appeared on the inoculated primary leaves 5 - 7 days after inoculation. Some varieties reacted by clearing of the main and secondary veins. The initial symptoms were followed by a mild to severe systemic mottle or mosaic, depending on the variety. In very susceptible varieties, other symptoms such as leaf distortion, reduction in size of leaves, and dwarfing accompanied the severe mosaic manifestations.

Virus was not recovered from plants of the following symptomless species after repeated attempts: *Cucumis sativus*, *Lycopersicon esculentum*, *Datura stramonium*, *Physalis peruviana*, *Chenopodium quinoa*, *C. amaranticolor*, *C. murale*, *Nicotiana tabacum* cv. 'White Burley', *N. clelandi*, *N. rustica*, *N. glutinosa*, *Petunia hybrida*, *Canavalia ensiformis*, *Capsicum frutescens* cvs. 'Tabasco' and 'Rodo', *Zinnia elegans*, *Phaseolus vulgaris* cvs. 'UK Commercial', 'French Dwarf', and 'Prince', *P. lunatus* (Acc. 64009), *P. lathyroides*, *P. acutifolius* var. *latifolius*, *P. aureus*, *P. mungo*, and *Glycine max*.

Stability in crude juice. The *in vitro* properties in crude juice were thermal inactivation point between 90

Table 1.—Reaction of some cowpea varieties to infection by a Nigerian isolate of southern bean mosaic virus (cowpea strain).

Immune	Mild	Moderate	Susceptible	Very Susceptible
Kano 1696	New Era G8 Victor TVu 410 TVu 470	Nigeria B4 Ima Farin Juda	Nigeria B7 Blackie Nigeria A104 Debora Ife Brown Victor Brabham 892A	Prima Early Ramshorn I Early Ramshorn II I 7 DS 213 Kano 2479 Igbirra Faru 13 Albino Bulk F3 Mala Banikido-3

C - 95 C after 10 min. exposure, a dilution end-point 10^{-6} — 10^{-7} , and longevity of 15 days at laboratory temperatures of 22 - 24 C. The separation of CYMV from SBMV-CS was achieved by inoculating *C. amaranicolor* and subsequent local lesion transfer of CYMV. SBMV was separated by heating sap to 85 C for 10 min., inoculating cowpea leaves, and subsequent local lesion transfer of SBMV.

Purification and serology.—Preliminary results using leaf-dip electron microscopy and sucrose density gradient analysis of a partially purified preparation indicated that we were dealing with a single component spherical virus and that no rod-shaped particles were present. After purification by differential and zonal centrifugation, the virus was concentrated and analyzed by sucrose density gradient centrifugation. A single band was obtained (Fig. 1).

The virus sedimented at $S_{20,w} = 114$ in the analytical ultracentrifuge. The ultraviolet spectrum was typical

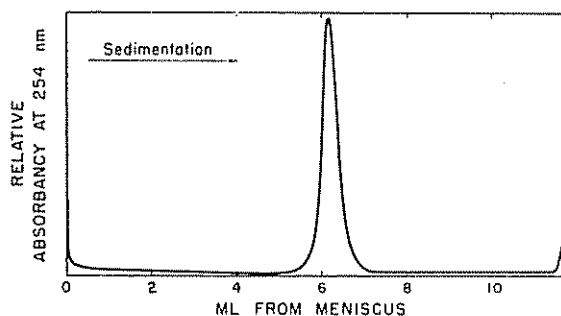


Fig. 1.—Ultraviolet absorbance scanning patterns of SBMV-CS(N) following centrifugation for 2.5 hr at 39,000 rpm on 10-40% sucrose density gradients.

for nucleoprotein with maximum absorbance at 260 nm and minimum absorbance at 242 nm. The ratio of absorbance at 260/280 was 1.67. An electron micrograph of the preparation showed only virus particles which measured 28.0 ± 1.0 nm diameter (Fig. 2).

Results of the serological tests are shown in Fig. 3. Fig. 3A indicates that the antiserum against SBMV-CS (N) reacted with its homologous antigen and with the strain, SBMV-B; however, a spur is formed between the 2 lines of reaction. The normal sera (NS) of the rabbit did not react with SBMV-CS(N). Fig. 3B shows the

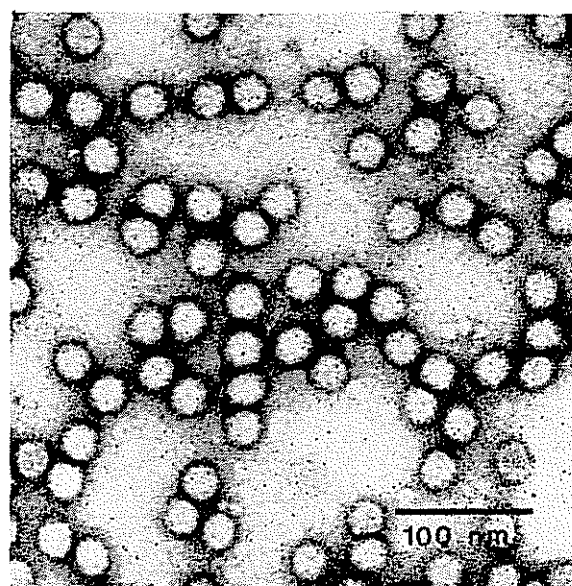


Fig. 2.—Electron micrograph of SBMV-CS(N) negatively stained with 1% uranyl acetate.

positive reactions of SBMV-CS(N) and SBMV-B with antisera to SBMV-B, and negative reactions of SBMV-B antiserum with CYMV, CSMV, and CMeV. The spurs in these tests are reciprocal to those in Fig. 3A. Fig. 3C shows spur formation in the reaction between antiserum to the cowpea strain of SBMV, (SBMV-CS) with SBMV-B and SBMV-CS(N). No reaction occur-

red with CSMV, CYMV or CMeV. Negative reactions were also obtained between all SBMV strains and antisera to CSMV, CYMV, and CMeV.

Discussion

That SBMV-CS(N) is related to other strains of southern bean mosaic virus reported from other parts of the world seems certain. Its physical properties and serological reactions indicate that it is a strain of SBMV. A comparison of host ranges and physical properties of strains of SBMV reported in literature is given in Tables 2 and 3.

The various particle diameters listed for SBMV in Table 3 probably represent differences in preparation for electron microscopy, accuracy in measurement, and calibration of the magnification of the electron microscope. Probably the best estimate of the diameter of SBMV is 28.6 nm made by Leonard *et al.* (9) using small angle scattering of X-rays. The sedimentation coefficients reported by all workers are essentially the same. Serological results indicated strong positive relationships between the bean strain (SBMV-B), the cowpea strain (SBMV-CS), and SBMV-CS(N) although there was evidence that they were not identical.

Table 2.—A comparison of the host range of southern bean mosaic virus (SBMV) isolates reported in literature with SBMV-CS(N).

Species	Virus Strain			
	SBMV-CS (14) ^a	SBMV-CS (7) ^a	SBMV-GH (8) ^a	SBMV-CS(N) (This paper)
<i>Vigna unguiculata</i> (<i>V. sinensis</i>)	S ^b	L,S	L,S	L,S
<i>V. sesquipedalis</i>	L,S	+	—	—
<i>V. cylindrica</i>	—	+	—	—
<i>Glycine max</i>	S	+	0	0
<i>Pisum sativum</i>	S	0	0	0
<i>Phaseolus vulgaris</i>	0	0	L,T	0
<i>P. aureus</i>	—	—	L	0
<i>Cyamopsis tetragonoloba</i>	L,S	0	—	—

^a Literature citation

^b L = local lesions; S = systemic infection with symptoms;

T = systemic infection without symptoms; 0 = not susceptible under conditions of test; — = not tested; + = positive reaction without details

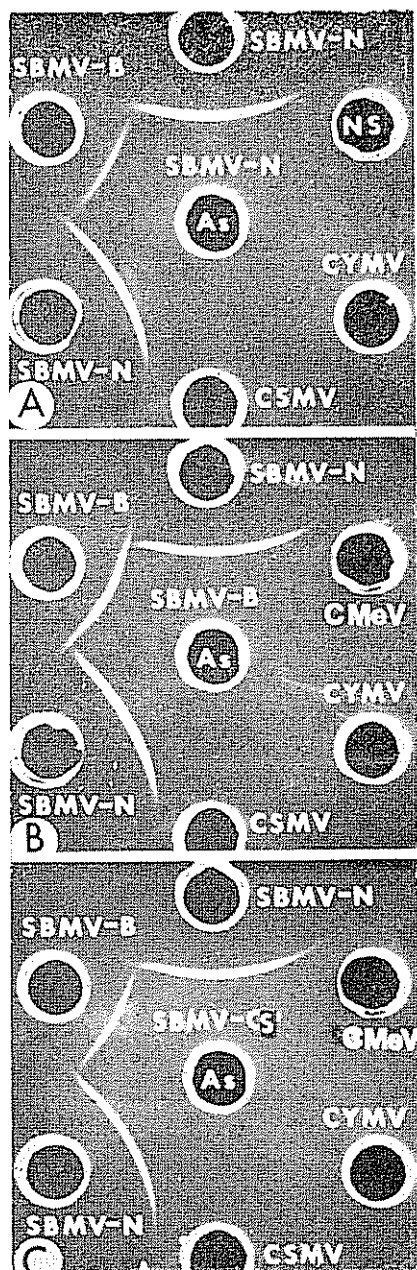


Fig 3 —Ouchterlony double-diffusion serological tests of cowpea viruses and antisera. Center wells contain the antisera indicated. A. SBMV-N from the Nigerian strain SBMV-CS(N) prepared in this research; B. SBMV-B (ATCC, PVAS-2); C. SBMV-CS (ATCC, PVAS-11). Outer wells contain normal sera (NS) or the antigens indicated: SBMV-B, bean strain of southern bean mosaic virus; CSMV, cowpea severe mosaic virus; CYMV, cowpea yellow mosaic virus; CMeV, cowpea mottle virus.

Table 3.—Comparison of properties of southern bean mosaic virus isolates reported in the literature with SBMV-CS(N).

Virus Isolate	Physical Properties ^b			Particle Diameter (nm)	S _{20,w}	Mode of Transmission			Serological Relationships
	TI	DEP	LIV (Days)			Sap	Seed	Vector	
SBMV-CS(14) ^a	85 C	10 ⁻⁵	15	33-35 26 ^c	115	+	+	<i>Cerotoma trifurcata</i> ^d	SvBMV SBMV-CS SBMV-B
SBMV-CS (7) ^a	90 C	10 ⁻⁷ -10 ⁻⁸	19	33		+	+		SBMV-CS
SBMV-GH (8) ^a	90 C	10 ⁻⁷ -10 ⁻⁸	7	30	115	+	+		SBMV-B SvBMV
SvBMV (19) ^a	92 C	10 ⁻⁷	165	26.3 ± 2.2 ^c		+	—		SBMV-B SBMV-CS
SBMV-CS (N) (This paper)	90- 95 C	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁷	15	28.0 ± 1.0	114	+	+	<i>Ootheca mutabilis</i>	SBMV-CS SBMV-GH SBMV-B

^a Literature citation

^b TI = Thermal inactivation point; DEP = Dilution end-point; LIV = Longevity *in vitro*

^c Grogan and Kimble (5)

^d Walters (17)

Our results have been confirmed by Hamilton (personal communication) who found that a cowpea strain of SBMV obtained from Ghana (SBMV-GH) was serologically related, but not identical, to SBMV-CS(N) in agar double-diffusion tests. The host range of SBMV-CS(N) differs from other strains of SBMV in the following ways: whereas the Ghanaian isolate (8), SBMV-GH, and severe bean mosaic virus isolate (SvBMV) (19) infected both bean and cowpeas, SBMV-CS(N) infected only cowpeas, as did cowpea strains reported by Shepherd and Fulton (14) and Kuhn (7). The failure of SBMV-CS(N) to infect hosts other than *V. unguiculata* may be due to strain and environmental differences. The physical properties of SBMV-CS(N) are in agreement with the earlier reports (7, 8, 13, 14, 19). Differences in host reactions seem to reflect strain effects which is confirmed by serological evidence. This may also support the evolution theory suggested for strains of the virus (8). The transmissibility of SBMV-CS(N) through seeds (3 out of 56 of a local white cowpea variety) and by the beetle, *Ootheca mutabilis*, which is also the vector of CYMV (D. J. Allen, personal communication) agrees with results obtained by Walters (16, 17) who reported that a beetle, *Cerotoma trifurcata*, transmitted cowpea mosaic virus and SBMV in the U.S.A. The occurrence of mixed infections of CYMV and SBMV in widely scattered locations in southern Nigeria and the trans-

mission of both viruses by the same vector pose a serious threat to current efforts to boost legume production and reduce protein malnutrition in this area which traditionally has low animal-protein supply.

Summary

During a survey for virus incidence in commercial cowpea fields in Western Nigeria in 1973, a seed-transmissible virus identified serologically as southern bean mosaic (SBMV-CS) was found at three different locations. In all instances the virus occurred as a mixed infection with cowpea yellow mosaic virus (CYMV). They were separated by employing the differences in their host ranges and physical properties.

Inoculation of one of the isolates of SBMV-CS to different hosts indicated that the host range of the virus was restricted to the Leguminosae. Reactions of twenty-five cowpea cultivars to manual inoculation with the virus varied from immune to severe infection leading to death of plants. The virus was transmitted through the seeds of at least one white-seeded local cowpea variety.

Properties of the virus in crude sap were: thermal inactivation (10 min exposure) at 90 C (occasionally at 95 C) but not at 85 C; dilution end-point, 10⁻⁶ — 10⁻⁷; and ageing *in vitro*, 15 days.

Purified virus preparations contained spherical particles 280 ± 1.0 nm diameter which sedimented as a single component in sucrose density gradient or analytical ultracentrifugation at $S_{20,w} = 114$.

Antiserum prepared against the virus reacted with the bean strain, the cowpea strain, and the Ghana cowpea strain of SBMV. Spur formation indicated that the isolate was related but distinct from previously studied isolates of SBMV.

Acknowledgements

The authors would like to thank Professor C. W. Kuhn, University of Georgia, Athens, Georgia, U.S.A., for the generous provision of antiserum to southern bean mosaic virus (cowpea strain) and Dr. R. I. Hamilton, Canada Agricultural Research Station, Vancouver, Canada, for complementary serological studies.

The senior author is grateful to the Director, Institute of Agricultural Research and Training, for providing funds to carry out part of the investigations and for permission to publish the results. Portions of this research by the second and third authors were carried out at the Boyce Thompson Institute, Yonkers, New York 10701, U.S.A. Travel of the second author to Nigeria was sponsored by the National Science Foundation of the U.S.A. (INT 76/10717) under the Scientists and Engineers for Economic Development program.

Literature cited

1. AGRAWAL, H. O. Identification of cowpea mosaic virus isolates. Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen 64-5, 1964. 53 p.
2. BRANTLEY, B. B., and KUHN, C. W. Inheritance of resistance to southern bean mosaic virus in southern pea, *Vigna sinensis*. Journal of the American Society of Horticultural Science 95: 155-158. 1970.
3. CHANT, S. R. Viruses of cowpea, *Vigna unguiculata* L. (Walp.) in Nigeria. Annals of Applied Biology 47: 565-572. 1959.
4. CROWLEY, A. J. Immunodiffusion. New York. Academic Press, 333 p. 1961.
5. GROGAN, R. G., and KIMBLE, K. A. The relationship of severe bean mosaic virus from México to southern bean mosaic virus and its related strain in cowpea. Phytopathology 54: 75-78. 1964.
6. HIBBEN, C. R. and BOZARTH, R. F. Identification of an ash strain of tobacco ringspot virus. Phytopathology 62: 1023-1029. 1972.
7. KUHN, C. W. Field occurrence and properties of the cowpea strain of southern bean mosaic virus. Phytopathology 53: 732-733. 1963.
8. LAMPHEY, P. N. L., and HAMILTON, R. I. A new cowpea strain of southern bean mosaic virus from Ghana. Phytopathology 64: 1100-1104. 1974.
9. LEONARD, B. R., JR., ANDEREGG, J. W., SHULMAN, S., KAESBERG P. and BEEMAN W. W. An X-ray investigation of the sizes and hydrations of three spherical virus macromolecules in solution. Biochimica et Biophysica Acta 12: 499-507. 1953.
10. LISTER, R. M., and THRESH J. M. A mosaic disease of leguminous plants caused by a strain of tobacco mosaic virus. Nature (London) 175: 1047-1048. 1955.
11. ROBERTSON, D. G. Cowpea virus research in Nigeria. 1st Nigerian Grain Conf., Samaru, Zaria, 1963. p. 75-76.
12. ROBERTSON, D. G. Seed-borne viruses of cowpea in Nigeria. B. Sc. Thesis, Univ. of Oxford. 1966. 111 p.
13. SHEPHERD, R. J. Southern bean mosaic virus. In Descriptions of Plant Viruses (Ed. A. J. Gibbs, B. D. Harrison, and A. F. Murant). Kew, Surrey, Commonwealth Mycological Institute, N° 57. 1971.
14. SHEPHERD, R. J. and FULTON, R. W. Identity of a seedborne virus of cowpea. Phytopathology 52: 489-493. 1962.
15. SHOYINKA, S. A., BOZARTH R. F., REESE, J. and ROSSEL, H. W. Cowpea mottle virus: a seedborne virus with distinctive properties infecting cowpeas in Nigeria (Copy submitted to Phytopathology). 1977. in Nigeria. (Copy submitted to Phytopathology). 1978. Phytopathology 68: 693-699.
16. WALTERS, H. J. Transmission of bean pod mottle virus by bean leaf beetles. Phytopathology 54:240. 1964.
17. WALTERS, H. J. Transmission of the cowpea strain of southern bean mosaic virus by bean leaf beetle. Phytopathology 55: 1081. (Abst.) 1965.
18. WEST, J. A preliminary list of plant diseases in Nigeria. Kew Bulletin N° 6: 199-201. 1938.
19. YERKES, W. D., JR. and PATIÑO G. The severe bean mosaic virus, a new bean virus from México. Phytopathology 50: 334-338. 1960.

Notas y Comentarios

Publicaciones

Ciencia e Prática. Desde 1977, está apareciendo la revista *Ciencia e Prática*, de periodicidad semestral, órgano de la Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais. Contiene artículos originales de investigación (unos nueve en cada número) sobre temas diversos como café, manzano, zanahoria, pera, cebolla, cítricos, algodón, trigo, irrigación, genética y ecología. La dirección es: E S A | L., Caixa Postal 37, 37 200 Lavras, MG Brasil.

Publicaciones

Revista Grama. En La Paz, Bolivia, ha aparecido, en el primer semestre de 1979, la *Revista Grama*, órgano de la Carrera de Bibliotecología y Ciencias de la Información de la Universidad Mayor de San Andrés, destinada a ser "vehículo eficaz de comunicación de ideas, fruto de distintas investigaciones y experiencia". El primer número contiene nueve artículos de temas relacionados con la bibliotecología, los bibliotecarios y su acción en Bolivia. La dirección es: Programa UMSA-OEA, Casilla N° 3279, La Paz. El director es Constantino Tancara.

Efecto de las propiedades físicas del suelo sobre la distribución de las raíces del mango (*Mangifera indica* L.)*

LUIS AVILAN R **, LUIS MENESES**

ABSTRACT

Root distribution of mango trees (Mangifera indica L) growing in soils with different physical and chemical characteristics, located in the Aragua valleys, East plains (Mesas) and West plains (Llanos) of the country was described, being the "trench" method the one used for the study of the root system

Results obtained showed that the soil profile textural sequency exerts some remarkable influence on the lateral and vertical root distribution of these plants. Zone of highest concentration of finer roots occurred about 15 m far around the trunk of the stem of the trees, in coarse and medium textured soils, and about 25 m. in fine textured soils, respectively. For that reason the frequent practice of applying the fertilizer in a circumference projected by the longest lateral branches does not appear to be the better practice. At soil macroporosity values of 3 to 4% root penetration was not observed

Introducción

LOS FRUTALES en Venezuela han adquirido importancia dentro del sector agrícola, habiéndose incrementado notablemente en los últimos años la superficie bajo cultivo estimulada a través del Plan Frutícola Nacional, mediante otorgamiento de créditos para el establecimiento de huertos comerciales.

El mango constituye uno de los frutales más difundidos en el país, ocupando una superficie de 6.102 ha (20), teniendo en la zona Central una influencia significativa en los volúmenes de la producción del cultivo. (22).

Se realizó el presente estudio, con el objeto de determinar el efecto que ejercen las propiedades físicas, químicas y el manejo de los suelos sobre el desarrollo y distribución del sistema radical del cultivo. Esta información es de relevante importancia, (24), pues el conocimiento de los hábitos radicales permite, por una parte, una adecuada selección de las áreas para el establecimiento de nuevas plantaciones, así como también un mejor uso de las prácticas agronómicas empleadas como son, el sitio de ubicación del fertilizante, el riego,

densidad de siembra, etc., fundamentales para un manejo racional y por ende para incrementar la productividad de los huertos.

Los resultados reportados conforman parte de un sub-proyecto que en la actualidad se conducen en este Centro (CENIAP), el cual involucra los principales suelos y cultivos del país

Revisión de literatura

El efecto que ejercen las propiedades químicas y físicas de los suelos, así como su manejo, sobre el desarrollo radical ha sido en líneas generales ampliamente establecido (10). Popenoe (23), al recomendar suelos para el cultivo del mango, afirma que mucho más importante que la configuración "mecánica" o química del terreno, lo es el drenaje. Singh (27) señala que el suelo debe poseer una profundidad no menor de 1,20 m, textura franca a franco arenosa, estructura granular y la mesa de agua a 1,80 m, de profundidad en todas las estaciones del año. Bojappa y Singh (4), en árboles de mango injertado, encontraron que la mayor actividad radical se situó a 1,20 m, lateralmente del tronco y a 15 cm, de profundidad.

En diferentes estudios realizados sobre el sistema radical en varios cultivos, se ha puesto de manifiesto que factores como la presencia de horizontes compactados

* Recibido para la publicación el 27 de setiembre de 1978

** Ings. Agrs. del Instituto de Investigaciones Agrícolas Generales Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias-CENIAP-FO-NAIAP Apartado 4653, Maracay 200, Venezuela

(9, 28, 14, 30), nivel freático (7, 25, 11, 8), y el estado nutricional (15) de los cultivos, constituyen junto al manejo de los suelos (6), los factores que más afectan la distribución radical e inciden sobre la producción

Serpa (26), estudiando la distribución radical de los cítricos en diferentes suelos del país, estableció una correlación positiva entre la profundidad de las raíces y la productividad por árbol.

Materiales y métodos

El presente estudio radical se realizó empleando el método de la "Trinchera", descrito por Kolesnikov (13). O diferentes distancias laterales del tallo fueron ubicados varios perfiles con una profundidad de 1,20 m, de ancho. Después de separados los horizontes del perfil y luego de expuestas las raíces, se realizó el conteo de las mismas, agrupándolas en función de sus respectivos diámetros.

Arboles de mango, en plena producción de 7, 9 y 17 años de edad fueron seleccionados respectivamente en plantaciones localizadas en los Valles Centrales, Mesas Orientales y Llanos Centrales del país, ubicados en

suelos que diferían en cuanto a sus características físicas y químicas.

En el Valle Central (1), fue seleccionado un suelo del orden Entisol caracterizado por presentar una secuencia textural de franco arenosa a arenosa en los primeros horizontes y la presencia de horizontes enterrados, bien drenados y con una mediana fertilidad natural (Cuadro 1).

Los suelos de las Mesas Orientales (2) se caracterizan por presentar una granulometría gruesa en todo el perfil (Cuadro 1), bien drenados y baja fertilidad natural (18) y de acuerdo a la 7ª aproximación, fueron clasificados como Cuartzipsamment (17).

En los Llanos Centrales (3) fue seleccionado un suelo caracterizado por una secuencia textural franco a franco arcillosa, drenaje deficiente y baja fertilidad natural. Westin *et al.* (29) de acuerdo a la 7ª aproximación, los clasificaron como Udic Paleustalf.

Fueron colectados muestras de suelo de los horizontes separados en cada estudio y analizados con fines de fertilidad, de acuerdo con los métodos empleados por el Laboratorio de Suelos del CENIAP (5). La determinación de la macro y microporosidad en los suelos de los Llanos Centrales se realizó por el método de Leamer y Shaw (16).

Cuadro 1.—Algunas características físicas y químicas de los suelos de los valles centrales, mesas orientales y llanos centrales determinados en los estudios del sistema radicular del mango (*Mangifera indica* L.)

Regiones	Profundidad cm	Distribución de tamaño de partículas (mm)			Textura	pH-H ₂ O	Materia Orgánica %	Relac C/N	Densidad Aparente g/cc	Conduc. Eléctrica mm hos/cm. 25° C
		Arena	Limo	Arcilla						
Valles Centrales	0 — 26	61,6	26,8	11,6	Fr. Arenoso	6,2	2,45	11	1,59	0,2
	26 — 52	79,7	15,4	4,9	Arenoso	6,3	0,77	8	1,47	0,1
	52 — 92	87,8	9,8	2,4	Arenoso	6,4	0,25	5	1,47	0,1
	92 — 110	73,3	21,4	5,3	Fr. Arenoso	6,2	0,60	10	1,55	0,1
	110 — 170*	93,8	4,2	2,0	Arena	6,2	0,25	—	1,48	0,3
	170 — +	21,8	75,2	5,7	Fr. limoso	6,2	0,18	—	1,31	0,2
Mesas Orientales	0 — 12	95,0	2,6	2,4	Arena	6,6	—	15	1,75	0,2
	12 — 30	92,3	3,3	4,4	Arena	5,7	—	15	1,68	0,2
	30 — 50	88,3	4,5	7,2	Arenoso	4,9	—	13	1,65	0,1
	50 — 90	84,4	6,4	9,2	Arenoso	4,4	—	6	1,64	0,2
	90 — 120	87,9	4,9	7,2	Arenoso	4,6	—	—	1,69	0,1
	120 — 145	88,0	5,6	6,4	Arenoso	4,6	—	—	—	0,1
	145 — 170	84,5	11,1	4,4	Arenoso	4,7	—	—	—	0,1
Llanos Centrales	0 — 25	40,0	39,3	27,7	Franco	6,3	1,99	—	1,41	0,04
	25 — 55*	33,0	40,3	26,7	Franco	6,3	1,13	—	1,52	0,04
	55 — 150	30,0	37,3	32,7	Fr. Arcilloso	6,3	0,16	—	1,55	0,05

* Presencia de un acentuado proceso de gleyzación.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos de la distribución radical en los diferentes suelos estudiados y perfiles muestreados, se presentan en forma gráfica en las Figuras 1, 2 y 3.

En los suelos de los Valles Centrales (Figura 1) se puede observar que el mayor número de raíces de menor diámetro (menores de 1 cm), se encuentran localizados lateralmente del tallo a 1,5 m, más concentrados hacia capas más profundas. Las raíces de mayor diámetro (mayores de 5 cm), se concentran alrededor del tallo, originándose de la base misma, en lugar de una simple raíz principal hecho anteriormente observado por Khan (12). En los perfiles situados a 3,5 m y 5 m del tallo, ubicados dentro y fuera respectivamente del perímetro de la proyección de la copa (4,5 m) mostraron el menor número de raíces, siendo a los 5 m muy escasas. La presencia de piedras de regular tamaño entre 110 y 170 cm de profundidad, incrementa el número de raíces y actúa como impedimento físico, obligando a las raíces a cambios de dirección e inducen a la raíz a ramificarse.

La napa de agua a los 180 cm de profundidad marca el límite del sistema radical efectivo en los diferentes perfiles observándose muy poco y en mal estado, por debajo de esta profundidad.

En suelos de las Mesas Orientales del país (2), se realizó el segundo estudio. Estos suelos se caracterizan por ser de una granulometría gruesa en todo el perfil (Cuadro 1) y de muy baja fertilidad natural (18). La mayor concentración radical lateral (Figura 2) especialmente de diámetro inferior a 0,5 cm se ubican a 1,5 m del tronco. A distancias laterales de 3 m y 4,5 m del tronco, las concentraciones decrecen en el mismo sentido. Se determinó que la mayor concentración en el sentido vertical, se ubica entre los 30 y 90 cm de profundidad, característica común para las diferentes distancias laterales muestreadas. Se observa que el pequeño cambio textural (Cuadro 1) de arena a

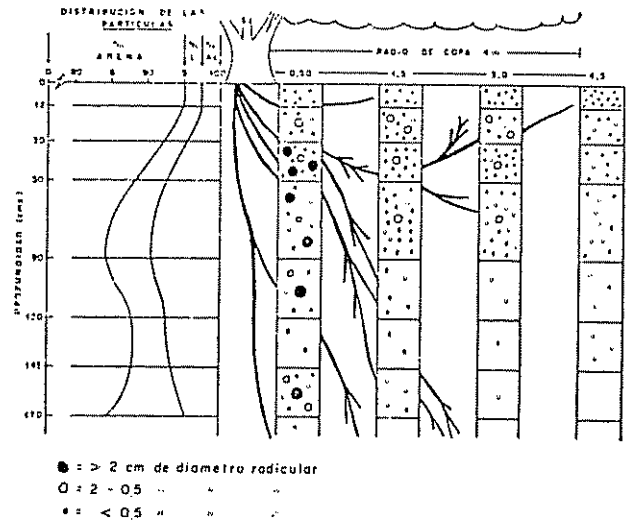


Fig. 2.—Distribución radical de un mango Haden de 9 años ubicado en un Cuartzipsamment en la estación experimental de Guanipa (Edo Anzoategui).

arenoso por incremento de las partículas más finas, es la causa de la misma. Los contenidos de limo y arcilla entre los 30 y 120 cm de profundidad se incrementan notablemente, lo cual permite una mayor retención de humedad en comparación a los otros estratos del perfil.

Las raíces de mayor grosor, mayores de 2 cm, se encuentran localizadas muy cercanos al tronco, dirigidos hacia abajo en un ángulo de 45° con respecto a la superficie del suelo. De igual forma se observó que raíces de grosor medio (entre 2 cm y 0,5 cm) se dirigen de los estratos intermedios hacia la superficie donde se ramifican. Las tendencias observadas en las raíces de mayor grosor se podrían explicar en función de la obtención de agua (Hidrotropismo) de las capas más profundas del suelo. En el segundo caso, Metro y Beau-corps (19), en poblaciones de eucaliptos (*Eucalyptus camaldulensis*), en suelos arenosos de Rharb, observaron la misma tendencia, señalando la intensa exploración que las raíces de la superficie húmifera del suelo. En nuestro caso, debe señalarse como causa la práctica de la fertilización que se emplea, localizando el abono superficialmente. Henin *et al.* (10) mencionan que las raíces no son atraídas por un horizonte enriquecido, pero en él, se desarrollan más abundantemente.

En los Llanos Centrales del país (3), se estudió un mango de la variedad 'Haden' de 17 años de edad injertado sobre mango 'Criollo', en un suelo de secuencia textural franco sobre franco arcilloso cuyos resultados se presentan en la Figura 3.

En general la mayor concentración radical se situó alrededor de los primeros 40 cm de profundidad y a partir de la misma el número de raíces es relativamente escaso, observándose algunas hasta una profundidad de 150 cm, cuyo crecimiento lo realizan a través de las fisuras presentes en el perfil. Las raíces de mayor diámetro mayores de 5 cm y entre 5 y 2 cm, se observaron situadas a corta distancia laterales, respectivamente del

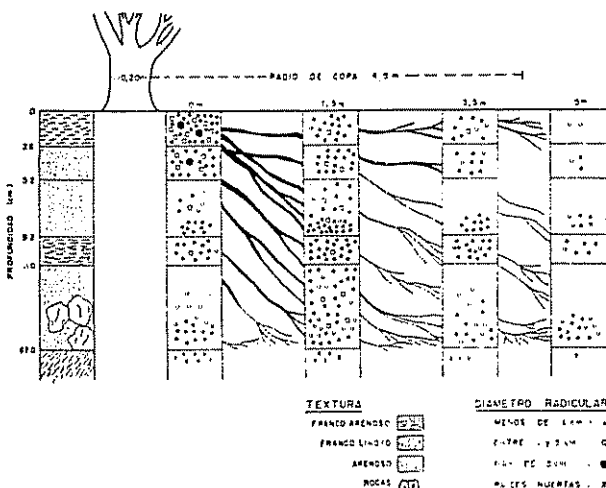


Fig. 1.—Distribución radical de un mango Haden de 7 años en un entisol (serie Maracay).

Cuadro 2.—Resultados de las determinaciones de la macroporosidad, microporosidad y densidad aparente (Expresada en volumen %) en un suelo de los llanos centrales.

	P R O F U N D I D A D				
	0 — 25	25 — 40	40 — 80	80 — 110	110 — +
SATURACION	45,30	42,45	41,32	42,40	42,72
MICROPOSIDAD	41,71	36,49	38,16	39,18	38,05
MACROPOROSIDAD	3,59	5,96	3,16	3,22	4,26
DENSIDAD APARENTE	1,44	1,52	1,63	1,64	1,64

tronco, ubicándose las mismas a unos 70 cm aproximadamente. La mayor concentración de raíces con diámetros menores (menores de 0,5 cm y entre 0,5 cm y 2 cm), se sitúan en los perfiles muestreados alrededor de los 2 m de distancia.

En la descripción morfológica del perfil (Cuadro 1), se destaca en estos suelos la ocurrencia de un acentuado proceso de gleyzación, que pone en evidencia la presencia de un nivel freático fluctuante o permanente en el suelo. Bajo estas condiciones de exceso de humedad o aeración deficiente se suceden cambios en las condiciones químicas y físicas de los suelos que afectan directa o indirectamente varios procesos fisiológicos vitales para el desarrollo de las raíces (8, 25). Esto explica el reducido número de raíces a partir de los 40 cm de profundidad del mango en estos suelos.

Los valores de macroporosidad determinados, los cuales se presentan en el Cuadro 2, señalan limitantes

por orden físico, que afectan la penetración radical a partir de los 40 cm, al presentar valores de 3,1 y 3,2 por ciento entre los 40 y 110 cm de profundidad. Kopecky citado por Herin *et al.* (10), presenta valores mínimos de macroporosidad necesarios, para asegurar un crecimiento normal en algunos cultivos (trigo, avena, cebada y gramíneas) las cuales varían entre 20 y 6 por ciento.

Los resultados obtenidos en los diferentes suelos estudiados, ponen en evidencia que la secuencia textural constituye uno de los factores que más influyen sobre la distribución radical, al estar la textura directa o indirectamente relacionada con la infiltración, retención y flujo del agua, así como también sobre el grado de agregación de los suelos.

En los suelos de las Mesas Orientales de textura gruesa, la mayor concentración radical se determinó entre 50 y 120 cm de profundidad, donde se incrementa la fracción fina (arcilla + limo) lo cual mejora la retención de humedad, que en el perfil, por la textura gruesa predominante, es muy baja. En los suelos de los Llanos Centrales, donde predomina la textura fina unida al fuerte grado de estructuración de los suelos, dificultan el buen drenaje de los mismos. La elevada retención de humedad, en detrimento de la aeración, crea un ambiente desfavorable para el desarrollo radical. Por ello el desarrollo del sistema radical en estos suelos se sitúa muy superficialmente. En los suelos de los Valles Centrales de secuencia textural franco arenoso a arenoso, se presenta una situación intermedia entre los suelos anteriormente citados por lo cual el volumen de suelo explorado por el sistema radical es mucho mayor.

En los tres tipos de suelos estudiados, se observa que la mayor concentración radical lateral, especialmente de las raíces de menor diámetro, considerados como los de mayor capacidad de absorción, se sitúan alrededor de los 1,5 m, cuando las texturas son gruesas o medias y a 2,5 m, cuando las texturas son finas. Los resultados obtenidos concuerdan con los reportados por

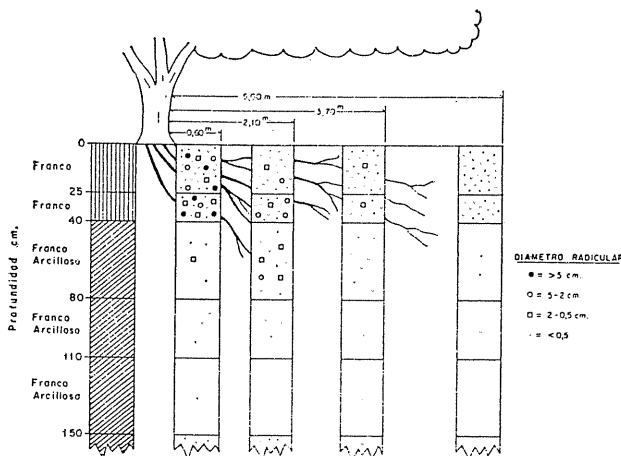


Fig. 3.—Distribución radicular de un mango 'Haden' de 17 años de edad, cultivado en un suelo (serie Cachimbo) del orden Alfisol (Udic Paleustalf) de los llanos centrales de Venezuela.

Bojappa y Singh (4), motivo por el cual, la difundida práctica de colocar el fertilizante al nivel de la proyección de la copa de los árboles, no parece ser la más adecuada.

Conclusiones

- a) Las características físicas y químicas así como el manejo de los suelos influyen acentuadamente sobre la distribución horizontal y vertical del sistema radical.
- b) La secuencia textural es uno de los factores de mayor relevancia en la distribución radical.
- c) La mayor concentración de raíces de menor diámetro se sitúa lateralmente en los suelos de texturas media o gruesas a 1,5 m y en suelos de texturas finas a 2,5 m respectivamente del tallo.
- d) A valores de macroporosidad de 3 a 4 por ciento no se observó penetración radical.

Resumen

Se estudió la distribución radical del mango (*Mangifera indica* L.), cultivado en los Valles Centrales, Mesas Orientales y Llanos Centrales del país, cuyos suelos diferían marcadamente en sus características físicas y químicas, siendo el método de estudio radical empleado, el de la "Trinchera". Los resultados obtenidos, señalan que la secuencia textural influye acentuadamente en la distribución lateral y vertical de las raíces. La mayor concentración de raíces de menor diámetro, se situó lateralmente a 1,5 m en los suelos de texturas gruesas a medias y los suelos de texturas finas a 2,5 m respectivamente del tallo; por ello, la difundida práctica de colocar el fertilizante al nivel de la proyección de la copa de los árboles, no parece ser la más adecuada. A valores de macroporosidad de 3 a 4 por ciento no se observó penetración radical.

Literatura citada

1. AVILAN, L. Sistema radicular del Mango (*Mangifera indica* L.) en un Regosol Aluvial Agronomía Tropical 24 (1): 3-10. 1974.
2. ——— CHAURAN, O. y FIGUEROA, M. Evaluación del estado nutricional del Mango (*Mangifera indica* L.) y el Aguacate (*Persea americana* Mill) y distribución radicular del Mango, cultivado en los suelos de las Mesas Orientales de Venezuela Agronomía Tropical (En prensa) 1977.
3. ———, MENESES, I. y GUADARRAMA, A. Estudios de los sistemas radiculares del Mango (*Mangifera indica* L.) variedad Haden y Grapefruit (*Citrus paradisi* McFadyen) variedad Foster cultivados en suelos de los Llanos Centrales de Venezuela. In XXVI Annual Congress American Society for Horticultural Science Tropical Region. Santiago, Chile, Julio 31-4 de agosto 1978.
4. BOJAPPA, y SINGH, R.N. Root activity of mango radiotracer technique using 32 P. Indian Journal of Agricultural Science 44 (4): 175-180 1974.
5. CHIRINOS, A.V. Análisis rápidos de suelos con fines de fertilidad. In Curso análisis químicos de suelos, Maracay, Edo. Aragua S.V.C.S. 1972 43 p.
6. De ROO, H.C. Tillage and root growth. In Root Growth, W.J. Whittington, (Editor), London, Butterworths 1969 pp 339-357.
7. FORD, H. Eight years of root injury from water table fluctuations. The Citrus Industry 56 (6): 10-16, 1973.
8. GRABLE, A. Soil aeration and plants growth. Advances in Agronomy 18: 57-106. 1966.
9. GREACEN, E.L., BARLEY, K.P. y FARREL, D.A. The mechanisms of roots growth in soils with particular reference to the implications for root distribution. In Root growth, W. J. Whittington, (Editor) London, Butterworths. 1969. pp. 256-268.
10. HENIN, S., GRAS, R. y MONNIER, G. El perfil cultural, estado físico del suelo y sus consecuencias agronómicas Trad. C. Roquero de Laburú, Madrid, Mundi-Prensa, 1972. 342 p.
11. JENSEN, J. Some studies of root habits of sugar cane in Cuba. New York, Tropical Plants Research Foundation Scientific contribution N° 21, 1931. 37 p.
12. KHAN, M. Root systems of mango. Punjab Fruit Journal 23 (82-83): 113-116. 1960.
13. KOLESNIKOV, V. The root systems of fruits plants, Moscow, Mir 1971. 269 p.
14. KONG, I. Effect of soil compaction on the growth of young cane plant. Soil and Fertilizer in Taiwan, 1968 75 p.
15. LAL, K.N.; MEHROTRA O.N., y TANDON, J. Growth behavior, root extension and juice characters of sugar cane in relation to nutrient deficiency and drought resistance. Indian Journal of Agricultural Science 38 (5): 790-810' 1968.
16. LEAMER, R y SHAW, B. A simple apparatus for measuring non capillary porosity and extensive scale. Journal of the American Society of Agronomy 33: 1003-1008. 1941.
17. IUQUE, O. y TENIAS, J. Avance de un Estudio Agrológico Semidetallado de la Mesa de Guanipa, (Estado Anzoátegui). CENIAP-FONAIAP-MAC. 1974. 15 p.
18. LUQUE, O. y AVILAN, L. Clasificación con fines de fertilidad de los suelos de la Mesa Guanipa Estado Anzoátegui. IV Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. 22-27 de Agosto, Maturín, 1976. U D. O., S. V. C. S. 1976. 4 p.
19. METRO, A. y BEAUCORPS, G. Influencias de las poblaciones de eucaliptos sobre la evaluación de los suelos arenosos de Rharb. Fertilité 4:3-13. 1958.
20. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y CRIA. Anuario Estadístico Agropecuario, Cuadro 227, Caracas, 1975.
21. OTEHA Estudio Agrológico Semidetallado de la Zona de Riego del Sistema Guárico. Caracas, 1953.
22. PARRAGA de MILLAN, F. y MILLAN, M. El mercado Nacional de Frutas Frescas. In II Seminario Nacional de Fruticultura, Caracas, Diciembre 1973, Fondo de Desarrollo Frutícola. Tomo IV, 706-746, 1973.

23. POPENOE, W. El aguacate y el mango. *In* Manual of tropical and sub-tropical fruit Trad. F. Morales, La Habana, Cárdenas y Cía, 1926.
24. RENNIE, D.A. The practical importance of root investigations. *Indian Society for Nuclear Technique in Agricultural and Biology (I.S.N.A.)* 3 (2): 21-23, 1974.
25. ROWE, R. y BEARDSELL D. Waterlogging of fruit tree. *Horticultural Abstracts* 43 (9): 533-548 1973.
26. SERPA, D. Areas de vida de los cítricos en la región Central de Venezuela. Tesis U.C.V. Facultad de Agronomía, Maracay, 1969. 64 p.
27. SINGH, E.E. The Mango London, World Crops Books 1960. 438 p.
28. TROCME, S. y GRAS R. Suelo y fertilización en fruticultura Trad. J.I. de la Vega Madrid, Mundi-Prensa, 1966.
29. WESTIN, F.C., AVILAN, J., BUSTAMANTE, A. y MARIÑO M. Characteristics of some Venezuelan soils. *Soil Science* 105 (2): 92-102, 1968.
30. YANG, C. Soil hardness in relation to root growth in sugar cane. *Soil and Fertilizer in Taiwan* 27: 18-29, 1970.

Notas y Comentarios

Jean Monnet 1888 - 1979

Jean Monnet, el "padre de la Comunidad Europea" y el modelo universalmente respetado del servidor civil supranacional de hoy, falleció en marzo de 1979, a los 90 años, en su casa campestre cerca de París. Los que trabajan por los mismos ideales de solidaridad y cooperación internacional que Monnet soñó y realizó en Europa, no pueden hacer menos que unirse a los homenajes que hicieron en su tumba, el canciller federal de Alemania, el presidente de la república francesa, y otros líderes de muchas naciones, al lado de sus numerosos colaboradores y discípulos.

Monnet tenía ya varias carreras detrás de él al estallar la Segunda Guerra Mundial. Se convirtió en el inspirador de la Europa moderna comunitaria a una edad cuando la mayoría de los hombres se retiran. Su éxito en la creación y presidencia de la Comunidad Europea del Carbón y del Acero abrió la huella para la creación del Mercado Común, establecido por el Tratado de Roma de 1957.

Mantuvo sus poderes de persuasión casi hasta los últimos meses. No los ejerció mediante la oratoria o la frase florida. Empleó la paciencia, la diligencia, y una dedicación total a una idea central simple, que persiguió con flexibilidad de método y constancia de meta.

Como dice Roy Jenkins, actual presidente de la Comunidad Económica Europea (*The Economist*, 24-III-79), no fue un utopista, aunque tenía un inextinguible optimismo a largo plazo. Nunca dudó de la rectitud de sus propias ideas. En su ser interior no fue modesto. Si lo hubiese sido, si hubiese sufrido de dudas sobre sí mismo, no habría nunca jugado la parte que jugó en cambiar la faz de Europa.

Pero su orgullo estaba todo dirigido a la creación y no al autoengrandecimiento. Quizás su dicho favorito fue uno de Dwight Morrow: "Hay dos clases de personas: aquellos que quieren ser algo, y aquellos que quieren hacer algo". No hay duda sobre la categoría a la que Monnet pertenecía. Hizo tanto que es difícil imaginarse a Europa sin él. Pero lo que consideraría como más importante es que la Europa que él soñó y forjó debe avanzar sin él.

Control biológico de nematodo de la papa

Nematólogos del Centro Internacional de la Papa (CIP), con sede en Lima, Perú, han descubierto un hongo que destruye del 80 al 90 por ciento de los huevos de nematodos

del nudo de la raíz (*Meloidogyne* spp.). El hongo, (*Paecilomyces lilacinus*), no es dañino a las plantas, y bien podría llegar a constituir un controlador biológico natural de nematodos (*Circular del CIP*, marzo 1979).

A principios de 1978 este nematófago fue aislado por nematólogos del CIP de una muestra de raíz infectada, traída de Huánuco, en la región central del Perú. Desde entonces se condujeron pruebas de patogenicidad para determinar el empleo de este hongo como control biológico.

El hongo es un hifomiceto que parasita los huevos del nematodo del nudo de la raíz y los del nematodo dorado de la papa (*Globodera rostochiensis*). El hongo penetra en el huevo, crece en él y finalmente destruye el embrión. Como la masa de los huevos está depositada en la superficie de la raíz, son fácilmente atacados por el hongo. Las hembras en desarrollo también son destruidas por el parásito.

Según el Dr. Parviz Jatala, Jefe del Departamento de Nematología del CIP, la casi total destrucción de los huevos de los nematodos hace de este hongo un control biológico excepcional.

Después de haberse encontrado que el hongo prospera en condiciones de invernadero, los nematólogos del CIP proyectan conducir pruebas de campo. Se realizarán estudios de dinámica de poblaciones en condiciones más parecidas a las del cultivo comercial.

Según el Dr. Parviz Jatala, Jefe del Departamento de Nuevos cultivos, pudieran incluir el espolvoreo de las semillas con esporas del hongo, la incorporación del hongo al suelo con el agua de riego o en combinación con fertilizantes.

El control químico de los nematodos es costoso y con frecuencia no está al alcance del agricultor de los países en desarrollo. Hasta ahora, el mejor método de control es el empleo de variedades resistentes. Este hongo puede ser una alternativa al control químico y una herramienta adicional en una campaña de sanidad de los cultivos de papa.

Publicaciones

Agricultural Wastes. Con fecha febrero de 1979 ha aparecido la revista trimestral *Agricultural Wastes, An International Journal*, publicado por Applied Science Publishers, de Inglaterra, con artículos originales que tratan de todos los aspectos del manejo y tratamiento de los desechos agrícolas. El primer número contiene siete artículos de autores de lugares como Suecia, Australia, Singapur, Alemania, Japón y Gran Bretaña, y que tratan de la producción de algas en desechos animales, de producción de metano de desechos animales, y de un fermentador anaeróbico. El comité Editorial lo componen especialistas de Europa, Asia, Australia y Estados Unidos. Los editores son Pether Hobson, de Aberdeen, Escocia y Paul Taigamides, de Singapur. La dirección es: Applied Science Publishers Ltd, Ripple Road, Barking, Essex, England.

Effect of microclimatic parameters on the floral physiology and yield of seed cotton^{*1/}

C VENKATACHALAM^{**}, MR. IRUTHAYARAJ^{***}, TR. SRINIVASAN^{****}

COMPENDIO

Se estudió durante la estación de invierno de 1974-1975, la influencia que sobre la producción de flores, caída de flores y rendimiento de algodón en rama, tienen los parámetros microclimáticos del ambiente, los que fueron modificados mediante el uso de caucho negro, caucho blanco y paja de mijo perlado (Pennisetum glaucum) como coberturas en el algodón 'MCU 5', bajo riego, en la Universidad Agrícola Tamil Nadu, Coimbatore, India. Se calcularon correlaciones simples y múltiples, incluyendo también la edad como un factor fisiológico. El análisis indicó que además de la temperatura, la presión de vapor prevalente en la mañana tuvo una correlación alta, de 0,89, con la producción de flores. La presión de vapor también tuvo influencia en la caída de flores pero en menor grado. La temperatura del suelo en la tarde tuvo una correlación negativa con el rendimiento. La humedad relativa temprano en la mañana tuvo una correlación negativa mientras que la de la tarde tuvo una correlación positiva, lo que indica el papel de la humedad relativa del ambiente en decidir el rendimiento. Estos estudios de correlación han indicado también la posibilidad de predecir el rendimiento basándose en las condiciones microclimáticas.

Introduction

COTTON has been studied in India largely from the breeding point of view being an important cash crop. Very little attention has been paid to the study of its physiological aspects in relation to climatic conditions (6). The yield of a crop is governed by several factors. Even for the same variety grown under adequate moisture, nutrition and plant protection, the yield is found to vary considerably and this is attributed to the environmental conditions (11). The cotton crop is no exception to this. The number of flowers produced by the plant, the shedding of floral parts and the number of bolls that ultimately

mature to give yield are reported to be determined by the environmental factors. Environment in its broadest sense includes both soil factors and climatic factors (15). One method to modify the environment would be the application of mulches on the soil in the vicinity of the plant. The potentiality of the mulches in effecting a change in the environment depends on the colour, texture and nature of the mulches. The waste black and white material of the rubber factory and the easily available pearl millet straw were used to study the response of plant to such modifications of the environment as manifested in flower production, flower shedding and yield of seed cotton at the Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India, on 'MCU 5' cotton.

Materials and methods

Coimbatore is situated at 11°N, 77°E and at altitude of 498 m above mean sea level with an annual average rainfall of 645 mm. The experiment was conducted in the fields of Department of Agronomy, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore on

* Received for publication November 13th, 1978

1/ Forms part of the M.Sc (AG) Thesis of the first author and submitted to the Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore 641003, India

** Deputy Agricultural Officer, Mayuram, India

*** Associate Professor of Agronomy, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore 641003, India

**** Scientist (Agronomy), Sugarcane Breeding Institute, Coimbatore 641007, India

clay loam soil of medium fertility during the winter season of 1974-1975 on MCU 5 cotton under irrigation.

The treatments adopted were (I) control (no mulch), (II) black rubber waste, (III) white rubber waste and (IV) pearl millet straw as mulches. The rubber wastes are factory rejects of the tyre industry. The black material was in the form of 5 mm x 30 cm long and 15 to 30 cm broad. The white rubber waste was in the form of flats of 5 mm thickness, 30 cm long and 15 to 30 cm broad. The pearl millet straw was made into small bundles of 5 to 6 plants so that they could not be disturbed by wind. The experiment was laid out in a randomised block design with seven replications. The crop was sown on 13/8/1974 at the rate of two seeds per hole adopting a spacing of 75 x 22.5 cm. Thinning was done on the 15th day of sowing thus leaving only one seedling per hill. The mulches were applied on 22/9/1974 i.e. 41 days after sowing. White and black rubber wastes were spread at the rate of 31.0 t/ha while 7.1 t/ha alone was used in the cases of pearl millet straw. The picking of seed cotton commenced on 11/12/1974 and ended on 15/1/1975 with six weekly pickings. The following climatic parameters were recorded in one replication only.

I) *Soil temperature*:—This was measured in centigrade at 5 cm depth daily at 0630 a.m. and 1430 p.m. from 7th to 23rd week after sowing.

II) *Mulch temperature*:—The temperature within the mulch was recorded in centigrade from 7th to 23rd weeks after sowing daily at 0630 and 1430 hours.

III) *Temperature above mulch*:—The microclimatic temperature of the crop environment was recorded by using Assmann's Psychrometer at the top surface of the mulch and 30 cm above the mulch in centigrade from 64th to 126th day (10th to 18th week) daily at 0640 and 1440 hours.

IV) *Relative humidity and vapour pressure*:—From the wet and dry bulb temperature values recorded by the Assmann's Psychrometer the relative humidity and vapour pressure were computed by referring to the Tables prepared (1).

V) *Air temperature*:—The maximum and minimum temperatures recorded in centigrade at the agrometeorological observatory situated one kilometer away from the experimental site were taken as the macroclimate air temperature due to the crop canopy.

Results and discussion

In the present study, the plants environment was modified by the application of mulches to cover the soil, thus protecting the soil from direct solar radiation, except in control. The effect of mulches was manifested in the changes in the temperature of the soil

as well as in the plant environment. In addition, the vapour pressure and relative humidity were also modified by the mulches, providing different environment in the same field. To express more clearly the effect of microclimatic parameters of the environment and the physiological reaction of the plant, expressed in the number of flowers produced, shedding of flowers and yield of seed cotton, in mathematical terms, simple and multiple correlations were worked out, by taking into account, the soil temperature, above mulches, relative humidity and vapour pressure at the surface and 30 cm height as independent variables and the number of flowers produced, number of flowers shed and the yield of seed cotton as dependent variables.

As the effect of the environment may be cumulative the microclimatic parameters prevailing during the previous 2, 3 and 4 weeks were considered for working out the correlations and the correlation coefficients. As the response of the plant may vary with its age, the age of the crop was also included in working out the correlations with its responses in respect of the above dependent variables. The significant correlations are discussed below.

Flower production

The data on correlations are presented in Table 1. It may be seen from the Table 1 that the microclimatic temperature at the surface and at 30 cm prevailing in the morning for the period of two weeks preceding flower production had a greater influence than those prevailing during the previous three weeks, in increasing flower production. Soil temperature also had a positive influence, but the coefficient of correlation was slightly lower. This brings out clearly the importance of morning temperature on the production of flowers. Though the physiological processes depend on temperature, in case of flower production the vapour pressure in the morning, prevailing during the previous three weeks also appeared to exercise a greater influence as may be seen by the high coefficient of +0.89. This factor alone could account for 79.52 per cent of the variation in flower production.

Flower production is not always linear. It is said to be related to age of the crop to a certain extent (5). This can also be seen from the negative correlations of 0.57 between age and flower production. In order to study the influence of climatic factors, in relation to the age of the crop, an attempt was made by working out multiple correlation coefficients. Among the various factors that were considered, based on simple correlation coefficients, morning surface temperature and vapour pressure of previous three weeks as well as temperature at surface and 30 cm height for two weeks were found to be effective.

The vapour pressure of the previous three weeks and age of the crop had greater influence as seen from the higher multiple correlation coefficient of +0.82. With these two factors put together 67.75 per cent of flower production could be determined. The relative importance of vapour pressure in the environment have been brought out in this study. The

Table 1.—Relationship between climatic parameters and flower production.

S. No.	Independent variable	Weeks	n	r	Regression equation	R	Regression equation with age (X ₁) as additional independent factor
1.	Soil temp. a.m.	3	24	0.42*	-1343.45 + 70.88 X	0.18	-1417.09 + 0.93X ₁ + 73.33X ₂
2.	Soil temp. a.m.	2	24	0.54*	-1214.50 + 66.08 X	0.30	-1466.41 + 4.58X ₁ + 73.74X ₂
3.	Age in weeks	—	16	-0.57*	1176.28 — 51.90 X	—	—
4.	Temp. above mulch surface a.m.	3	16	0.66**	-2867.67 + 154.25 X	0.48*	-1651.71—25.49X ₁ +116.59X ₂
5.	Temp. above mulch 30 cm a.m.	3	16	0.58*	-1744.70 + 101.58 X	0.42	— 502.02—32.40X ₁ + 65.38X ₂
6.	V.P. above mulch surface a.m.	3	16	0.89**	-1945.16 + 139.52 X	0.82**	1474.78—16.38X ₁ +125.80X ₂
7.	Temp. above mulch surface a.m.	2	20	0.72**	-1358.52 + 83.87 X	0.51*	-1345.58— 0.40X ₁ + 83.43X ₂
8.	Temp. above mulch 30 cm a.m.	2	20	0.70**	-1059.58 + 69.92 X	0.48*	— 951.40— 3.24X ₁ + 66.96X ₂
9.	V.P. above mulch surface a.m.	2	20	0.63**	-1017.93 + 84.54 X	0.42	— 677.77—10.72X ₁ + 73.42X ₂
10.	V.P. above mulch 30 cm a.m.	2	20	0.60**	-1006.10 + 87.25 X	0.41	— 560.53—15.67X ₁ + 73.47X ₂

** Significant at 1% level * Significant at 5% level Temp. Temperature
 V. P. Vapour Pressure

Table 2.—Relationship between climatic parameters and flower drop.

S. No.	Independent variable	Weeks	n	r	Regression equation	R	Regression equation with age (X ₁) as additional independent factor
1.	Temp. above mulch surface a.m.	3	24	0.42*	1859.26 + 100.19 X	0.23	—4455.97 + 51.86 X ₁ + 187.21 X ₂
2.	V.P. above mulch surface a.m.	3	24	0.42*	1558.66 + 108.47 X	0.20	—2929.52 + 30.94 X ₁ + 161.97 X ₂
3.	V.P. above mulch 30 cm a.m.	3	24	0.41*	-1664.83 + 119.16 X	0.18	—2470.18 + 18.02 X ₁ + 151.91 X ₂

** Significant at 1% level * Significant at 5% level Temp. Temperature
 V. P. Vapour Pressure

increased amount of water vapour would have reduced the transpiration rate and helped the leaves to maintain its turgor for a longer period in the mornings. The rate of transpiration depends on the steepness of the vapour pressure gradient from plant tissue to air and hence the water vapour pressure of the air is the most useful (14). A deeper study under controlled environment may throw more light on this aspect.

Drop of flowers

The influence of microclimate on flower drops was assessed and presented in Table 2. The mean morning temperature of the previous three weeks as well as the vapour pressure at the surface level and 30 cm above the surface had significant positive correlations with this factor. It is interesting to note that the vapour pressure in the morning influenced the production of flowers, and the same factor has influenced the shedding of flowers as may be seen by the coefficients of correlation furnished in the Table 2. However in the latter cases, the coefficients are only 0.42 and 0.41, thus accounting for only less than 18 per cent of the variation.

Joshi *et al.* (13) opined that shedding of buds which appear quite early in the season is due to incongenial quality of the sap and that subsequent shedding of both the buds and bolls which occurred increasingly throughout the period of their formation is the result of food shortage in the plant. Dastur and Mukhtar Singh (8) and Dastur and Gopani (7) in their studies on cotton growth have shown that application of nitrogen increased the production of flowers as well as their retention. It is also possible to have better nutrient availability in the soil at higher temperatures due to better microbial activity (3). The temperature in this case showed only a weak correlation accounting only for 17.5 per cent of the variation. It was seen earlier that sudden fluctuations in the environment, caused by major factors like rainfall and sudden decrease in temperature increased flower shedding. Carver (4) stated that there was a general tendency for low yields in rainy years and high yields in dry years. As rainfall is associated with cloudiness, lower sunshine and low temperature which might have induced higher rates of shedding.

Yield of seed cotton

The data on simple and multiple correlations worked out between the various microclimatic factors and yield of seed cotton are presented in Table 3.

When the yield was related to age of the crop, it was noticed that during initial stages i.e. up to 19th week there was a positive trend ($r=0.88$). But when the analysis was extended to later periods, there was a negative correlation ($r=-0.40$), although it was not significant. This is evident from the yield data presented in Table 4. That the yield increased upto the 3rd picking and declined thereafter in all treatments. Among the various climatic factors, there was

a negative trend between the soil temperature in the afternoon and yield ($r=-0.41$). The high temperature in the afternoon might have increased the respiratory rate and a loss of photosynthesis, thus giving a reduced yield.

The relative humidity appeared to exercise greater influence on yield. As the relative humidity increased in the early morning particularly during the previous two weeks there was reduced yield. On the other hand, an increase in the relative humidity in the afternoon tended to increase the yield as seen by the positive correlation. This indicates that an equitable level of relative humidity appears to be favourable for yield. This applies equally for vapour pressure of the environment. This may probably be due to shedding floral parts as too low a temperature in the early morning would increase the relative humidity and vapour pressure near the ground level. Rainfall also increased the moisture of the environment causing increased shedding of flowers. On the other hand the increase in relative humidity and vapour pressure in the afternoon, when temperature would be higher than in the morning, would have reduced the transpiration and maintained the turgidity of the leaves, thus contributing to increased photosynthesis. Gates (10) and Ashton (2) reported that as the cells lose their turgor and begin to wilt, the stomata are closed leading to inhibition of photosynthesis.

In addition, a high relative humidity acts as a thermo-regulator and consequently can exert an effect on plant growth by way of temperature (16). As in the case of flower counts and the drop of buds and bolls, the yield of cotton crop is a function of the age itself. If, during this period, a better environmental condition is made available for the conversion of photosynthate into a storage material, the lint and seed production in the present case can be increased. This is again indicated by the significant effect of various microclimatic parameters other than soil temperature and the age of the crop. In all cases the coefficients of multiple correlation were found to be of higher order ranging from 0.79 to 0.87. The highest value of coefficient of correlation was found to be in case of vapour pressure at the surface in the morning and at 30 cm height (0.87). In general, these multiple regression analysis indicated the importance of the environmental conditions during the entire period of development of bolls and their bursting period around 4 weeks. Huxley (12) concluded that the yield of cotton is not dependent only upon the vegetative growth made by the crop, but influence of environment upon flowering and fruiting can limit the yield, which ultimately depends not only upon one, but upon a complex interplay of many limiting factors which operate at various times throughout the life of the crop, on processes concerned both with growth and development.

In living organisms the response to these environmental parameters, need not always be linear. Further as suggested by Dorland and Went (9) the optimum requirements of temperature varies with the age. Hence, in order to find out the optimum of environ-

Table 3.—Relationship between climatic parameters, age and yield of seed cotton.

S. No. (1)	Independent variable (2)	Weeks (3)	r (4)	r (5)	Equation (6)	R (7)	Regression equation (8)	R (9)	Quadratic equation with age (X_1) as additional factor (10)
1.	Age in weeks	—	24	—0.40		0.18	— 25.23 — 21.89 X_1 + 33.09 X_2	0.36	—28228.20 — 40.30 X_1 + 2559.67 X_2 — 55.76 X_3
2.	Soil temp. a.m.	4	24	0.40		0.18	— 50.34 — 21.91 X_1 + 34.88 X_2	0.28	—22152.20 — 28.76 X_1 + 2021.71 X_2 — 44.50 X_3
3.	Soil temp. a.m.	2	24	0.40		0.28	2011.55 — 31.87 X_1 — 36.40 X_2	0.51	44017.50 — 26.83 X_1 — 836.33 X_2 + 13.48 X_3
4.	Soil temp. p.m.	4	24	—0.41*	1572.40 — 42.53 X	0.86**	—4530.13 + 190.50 X_1 + 73.67 X_2	0.86**	
5.	Age in weeks	—	12	0.89**	—2102.68 + 137.55 X	0.86**	—4549.26 + 192.67 X_1 + 73.49 X_2	0.88**	
6.	Temp. above mulch surface a.m.	4	12	—0.54		0.80**	—2567.51 + 133.17 X_1 + 17.97 X_2	0.81**	—10382.90 + 184.29 X_1 + 678.21 X_2 — 15.30 X_3
7.	Temp. above mulch 30 cm a.m.	4	12	—0.53		0.79**	44.18 + 128.47 X_1 — 22.04 X_2	0.81**	—14922.50 + 181.52 X_1 + 1157.10 X_2 — 27.72 X_3
8.	Temp. above mulch surface p.m.	2	12	0.53		0.81**	2234.02 + 89.82 X_1 — 38.97 X_2	0.79**	—11286.00 + 155.27 X_1 + 593.03 X_2 — 9.52 X_3
9.	R.H. above mulch surface a.m.	4	12	—0.65*	15418 — 167.14 X	0.79**	—1884.04 + 136.89 X_1 — 2.34 X_2	0.81**	— 810.57 + 128.24 X_1 — 2.38 X_2 — 0.11 X_3
10.	R.H. above mulch surface a.m.	2	12	—0.86**	9175.81 — 98.64 X	0.81**	1139.81 + 98.34 X_1 — 28.91 X_2	0.79**	— 333.75 + 88.87 X_1 + 19.56 X_2 — 0.33 X_3
11.	R.H. above mulch 30 cm a.m.	4	12	—0.55		0.79**	—1884.04 + 136.89 X_1 — 2.34 X_2	0.81**	—40807.67 + 138.97 X_1 + 877.23 X_2 — 4.97 X_3
12.	R.H. above mulch 30 cm a.m.	2	12	—0.85**	7901.51 — 85.81 X	0.81**	1139.81 + 98.34 X_1 — 28.91 X_2	0.85**	— 4441.87 + 96.91 X_1 + 99.58 X_2 — 0.74 X_3
13.	R.H. above mulch surface p.m.	4	12	0.79**	—2145.03 + 38.85 X	0.82**	—2413.38 + 104.13 X_1 + 4.07 X_2	0.80*	8700.14 + 104.74 X_1 — 329.25 X_2 + 2.65 X_3
14.	R.H. above mulch surface p.m.	2	12	0.15		0.81**	—2600.60 + 157.15 X_1 — 7.5 X_2	0.82**	— 3497.25 + 136.51 X_1 + 54.52 X_2 — 0.20 X_3
15.	R.H. above mulch 30 cm p.m.	4	12	0.72**	—1677.86 + 32.55 X	0.81**	—2470.50 + 131.06 X_1 + 7.56 X_2	0.81**	5086.39 + 119.38 X_1 — 225.17 X_2 — 1.84 X_3
16.	R.H. above mulch 30 cm p.m.	2	12	0.39		0.87**	—4515.63 + 195.67 X_1 + 73.46 X_2	0.87**	850.99 + 132.60 X_1 — 95.27 X_2 + 0.79 X_3
17.	V.P. above mulch surface a.m.	4	12	—0.58*	1841.45 — 92.45 X	0.86**	—1143.91 + 188.07 X_1 + 74.18 X_2	0.88**	—10661.80 + 189.08 X_1 + 895.53 X_2 + 26.67 X_3
18.	V.P. above mulch surface a.m.	2	12	—0.47		0.87**	—1143.91 + 188.07 X_1 + 74.18 X_2	0.88**	— 8685.70 + 186.78 X_1 + 679.87 X_2 — 20.04 X_3
19.	V.P. above mulch 30 cm a.m.	4	12	—0.57		0.85**	—1163.61 + 191.21 X_1 + 71.19 X_2	0.87**	—11181.90 + 183.95 X_1 + 1009.48 X_2 — 30.71 X_3
20.	V.P. above mulch 30 cm a.m.	2	12	—0.48		0.87**	—1156.49 + 189.79 X_1 + 75.32 X_2	0.88**	— 7833.42 + 187.46 X_1 + 583.95 X_2 — 17.48 X_3
21.	V.P. above mulch surface p.m.	4	12	0.67*	—1575.26 + 92.67 X	0.84**	—2475.77 + 114.72 X_1 + 37.29 X_2	0.89**	— 1659.24 + 110.23 X_1 — 42.66 X_2 + 2.15 X_3
22.	V.P. above mulch surface p.m.	2	12	0.39		0.82**	—2409.74 + 130.61 X_1 + 19.83 X_2	0.83**	— 4727.42 + 131.80 X_1 — 230.45 X_2 — 4.82 X_3
23.	V.P. above mulch 30 cm p.m.	4	12	0.65*	—1611.16 + 100.57 X	0.82**	—2444.79 + 118.16 X_1 + 35.03 X_2	0.85**	6543.08 + 118.92 X_1 — 864.01 X_2 + 22.41 X_3
24.	V.P. above mulch 30 cm p.m.	2	12	0.46		0.82**	—2375.98 + 127.82 X_1 + 21.93 X_2	0.82**	— 2654.52 + 127.87 X_1 + 48.75 X_2 — 0.65 X_3

** Significant at 1% level

* Significant at 5% level

Temp. Temperature
R. H. Relative humidity
V. P. Vapour Pressure

mental conditions for obtaining the highest yield, an attempt was made in the present investigation by extending the multiple regression analysis by taking age as well as the linear and the quadratic terms of the environmental conditions into account. However, as the number of observations available were limited, this could give only broad indications.

The details of significant multiple correlation coefficients are presented in Table 3. It may be observed from the values of coefficient that the quadratic term fits in better than linear term alone. This may help in finding out the optimum requirement of temperature in relation to age of the crop. The regression analysis has brought out clearly the effect of the microclimatic vapour pressure, temperature and relative humidity in predicting the yield of cotton. Based on the prediction equation, the expected values of yield for a given temperature, relative humidity and vapour pressure of the surface and crop canopy were worked out for the factors which gave higher coefficients of correlations of about 0.85, and found to fit well.

Thus the multiple regression analysis has brought out clearly the effect of microclimatic parameters as modified by mulches on the yield of 'MCU 5' cotton to the extent of predicting the yield fairly accurately based on the temperature, vapour pressure and relative humidity prevailing in the crop environment. The study has also brought out clearly the use of mulches as a tool for modifying the environment of the crop to obtain greater yield.

Summary

The influence of microclimatic parameters of the environment on production of flower, flowers shedding and yield of seed cotton as modified by the use of black rubber, white rubber and pearl millet straw as mulches on MCU 5 cotton were studied during 1974-1975 winter season under irrigation at the Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India. Simple and multiple correlations were worked including age also as a physiological factor. The analysis indicated that in addition to temperature, vapour pressure prevailing in the morning had a high correlation of 0.89 with flower production. Vapour pressure also influenced flower shedding but to a lesser extent. Soil temperature in the afternoon had a negative correlation with yield. Relative humidity in the early morning has a negative correlations while in the afternoon had a positive correlation, indicating the role of relative humidity of the environment in deciding the yield. These correlation studies have also indicated the possibility of predicting the yield based on microclimatic conditions.

Literature cited

- 1 AGRIMEI. Technical Circular N^o 3. Director, Agricultural Meteorology, Poona, India 1955.
- 2 ASHTON, F.M. Effects of a series of cycles of low and high soil water on the rate of apparent photosynthesis in sugarcane *Plant Physiology* 31: 266-271. 1956.
- 3 CARPENTER, W.J. and WATSON, D.P. Effects of corn cob mulches and incorporated soil moisture on physical and chemical properties of the soil *Soil Science* 78:225-229. 1954.
- 4 CARVER, W.A. Cotton varieties for Florida. Florida Agricultural Experimental Station Bulletin 285. 1935.
- 5 DASTUR R.H. Physiological comparison of American cotton plant in Punjab and Sind. *Indian Cotton Growing Review* 4: 1-25. 1950.
- 6 ———, ASANA, R.D., SAWHNEY, K.; SIKKA, S.K.; VASUDEVA, R.S.; KHAN, Q.; RAO, V.P. and SETHI, B.L. Cotton in Indian Bombay, India. *Indian Central Cotton Committee Vol. II* 1960.
- 7 ——— and GOPANI, D.D. The effect of spacing on the growth and yield of cotton in South Gujarat (Surat) *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 22: 113-137. 1952.
- 8 ——— and MUKHTAR SINGH. Studies on the periodic partial failures of the Punjab-American cotton in the Punjab IX. The interrelation of manurial factors and water supply on the growth and yield of cotton on light sandy soils. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 13: 610-619. 1943.
- 9 DORLAND, R.E. and WENT, F.W. Plant growth under controlled conditions. *American Journal of Botany* 34:393-401. 1947.
- 10 GATES, C.T. The response of the young tomato plant to brief period of water shortage. *Australian Journal of Biological Science* 8:196-214. 1955.
- 11 GREGORY, F.G. The effect of climatic conditions on the growth of barley. *Annals of Botany* 40: 1-26. 1926.
- 12 HUXLEY, P.A. Some effect of artificial shading on the growth of upland cotton seedlings. *Empire Cotton Growing Review* 41: 100-111. 1926.
- 13 JOSHI, K.V.; GODE, R.B. and SHAH, A.K. *Science Monograph N^o 1. Indian Central Cotton Committee, Bombay, India. 1941.*
- 14 KRAMER, P.J. Transpiration and Water Economy of Plants. In "Plant Physiology - A treatise". Ed. Steward, F. G. New York, Academic Press. Vol. II. 1959, 633 p.
- 15 WELLENSICK, S.J. The plant and its environment. In "Control of the Plant Environment". Ed. Hudson, J.P., Butterworths Scientific Publications. 1957.
- 16 WENT, F.W. The Experimental Control of Plant Growth. Waltham, Mass. *Chronica Botanica*. 1957. 295 p.

Uso de energía en los sistemas de cultivo de maíz y frijol en El Salvador^{*1/} _____ JOAQUIN FRANCISCO LARIOS**

ABSTRACT

Modern agriculture is characterized by the growing use of inputs and machinery. The agriculture of the countries on the way of development such as El Salvador, tend to follow the same way. This aspect, analyzed from an energetic point of view, is studied in this work that intends to provide information about the efficiency in the use of energy of 18 cropping systems of corn and bean in El Salvador. Determining the energetic value of the inputs and activities of each crop (cultural energy) in relation to the total energetic yield and of the digestible energy, it was found that there exist notable differences in the efficiency of the use of "cultural energy" between the cropping systems. As the supply of "cultural energy" increases, the total and digestible energy increases also.

The digestible energy yielded less in bean (9500 Mcal ha⁻¹ year⁻¹). The digestible energy yield decline when the cultural energy exceeds 1100 Mcal ha⁻¹ year⁻¹. The index of energetic efficiency (digestible energy/cultural energy = Y) in function of cultural energy (= X en Mcal ha⁻¹ year⁻¹) followed a negative exponential model ($Y = 6540 X^{-0.876}$). The maximum energetic efficiency corresponds to the systems of associated crops. In the best case (hybrid corn + bean lowest use of inputs), for each calorie of "cultural energy" it was obtained 21.9 calories, with 1016 Mcal ha⁻¹ year⁻¹. The protein yield per Mcal of cultural energy followed a similar trend, with a maximum of 82.4 g of protein/Mcal invested in a system of corn associated with bean and with minimum of 8.0 g in monocrop with high use of inputs.

It is possible to improve the energetic efficiency of the use of energy in the production of grains in El Salvador improving and stimulating the adoption of those systems and technologies that consume less energy and that produce higher yields.

Introducción

DESDE sus orígenes, la agricultura ha tenido al sol como fuente de energía primaria. Todavía en el siglo pasado, la mayor parte de la humanidad se alimentaba de las cosechas producidas con únicamente el aporte de energía humana y animal. La naturaleza en cada finca proveía la energía solar, los nutrimentos y el agua. Hoy día, sin embargo, el hombre ha aprendido que puede incrementar la productividad de sus cultivos

modificando el ambiente de la planta para maximizar la captura de la radiación solar incidente. La tecnología desarrollada para este propósito depende de los llamados combustibles fósiles, de ahí que desde el punto de vista energético, la agricultura moderna se ha conceptualizado como una asociación de energía solar y energía de combustibles fósiles y a la empresa agrícola como colectora y almacenadora de energía solar en forma de energía alimenticia en productos vegetales y animales (11). En este proceso, los agricultores deben gastar energía combustible en la preparación del suelo, fertilización, irrigación, cosecha y procesamiento para ayudar a los cultivos a convertir las calorías de la luz del sol en calorías de energía alimenticia para el hombre. Calorías adicionales se invierten en productos químicos y máquinas para acelerar la transformación de calorías alimenticias en comida para animales.

* Recibido para la publicación el 19 de febrero de 1979.

1/ Parte de este trabajo fue presentado en el II Simposium de Ingeniería, Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas", San Salvador, El Salvador, Febrero de 1979.

** Profesor-Investigador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador.

De toda la energía combustible que los agricultores avanzados gastan en la producción de cosechas, muy poca es convertida en energía alimenticia. La creciente inversión de energía combustible en la agricultura simplemente ayuda a los cultivos a convertir las calorías de la luz del sol en calorías de energía alimenticia. De aquí que la energía gastada para cultivar las plantas ha sido descrita como "energía cultural" (10) y como una "energía de subsidio" (20). A través de esta clasificación se han desarrollado métodos para evaluar la eficiencia energética, como el de Heichel (10): si se cosechan más calorías de energía alimenticia que la gastada en forma de energía cultural, hay una ganancia neta. La proporción de energía alimenticia cosechada en relación a la energía cultural se le llama ganancia calórica y se usa tal proporción como una medida de la eficiencia energética del cultivo. Varios autores (11, 13, 17, 20, 23) han utilizado una metodología con enfoque similar con ciertas variaciones. En general, el resultado obtenido ha indicado que, desde el punto de vista energético, la agricultura moderna se ha desarrollado a medida que utiliza más energía cultural para más altos rendimientos económicos, pero en el sentido de menor eficiencia energética. Desde el punto de vista energético la agricultura primitiva ha resultado ser más eficiente (1, 7, 12, 14).

En nuestros países no se han efectuado estudios en el campo del uso de energía, excepto el de Strout (24) a nivel de economía centroamericana. No se han hecho comparaciones de sistema de cultivo bajo el enfoque de eficiencia energética. Dichos estudios son de suma importancia puesto que la agricultura de nuestros países tiende a desarrollarse siguiendo las pautas dictadas por la tecnología agrícola de los países más avanzados, es decir, tendiendo al uso de más insumos. El caso de la revolución verde es un ejemplo de ello (15, 19). Por otro lado, no se conocen estudios energéticos comparativos que involucren los sistemas tradicionales de cultivo asociados propios del trópico, por lo que se justifica este estudio que intenta proveer información sobre la eficiencia energética de los sistemas y modalidades de cultivo maíz y frijol en El Salvador en diferentes niveles de intensidad de manejo.

Metodología

Eficiencia

La definición usual de eficiencia es la proporción de producto útil de energía y cuán completamente son transformados los insumos en productos. Como muy poca o nada de la energía cultural es transformada en tejido vegetal, la definición anterior no es aplicable. Esta situación ya ha sido señalada por Heichel (10) y por ello se ha seguido la metodología por él propuesta, algo modificada. Los agricultores invierten calorías en energía en la preparación del suelo, fertilizantes, plaguicidas, irrigación, cosecha y procesamiento para ayudar a los cultivos a convertir las calorías de la luz en calorías que el hombre o los animales pueden digerir.

Calculando la ganancia calórica o sea la proporción de calorías producidas por cada caloría de energía cultural (cal. cal^{-1}), para cada método de cultivo de maíz-frijol, se descubre si la inversión energética se ha multiplicado, permanecido estática o si ha declinado. Contrastando la ganancia calórica entre sistemas de cultivo, se revela la eficiencia comparativa de la utilización de energía cultural.

Sistemas de cultivo y niveles de intensidad de manejo.

Se analizaron 18 modalidades y sistemas de cultivo de maíz y frijol, que comprendían cada uno su propio conjunto de prácticas culturales. Estos sistemas incluyeron varios niveles de intensidad de manejo: nivel bajo (agricultura no tecnificada); nivel de manejo intermedio, y nivel de manejo alto. Su descripción se resume en el Cuadro 1. Los datos incluidos son el resultado de una encuesta efectuada a nivel nacional en El Salvador durante el año agrícola 1974-1975, por la División de Estadísticas Agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Energía Cultural

La energía cultural se calculó a partir del gasto de energía humana y animal, uso de insumos, maquinaria y costos fijos derivados de las estadísticas antes mencionadas.

Las cantidades de insumos, rendimientos por sistema de cultivo, y los valores equivalentes de energía de megacalorías por unidad de producto, se encuentran en el Cuadro 2. Los costos fijos incluyen la depreciación de equipo y se dedujeron de la cantidad de tiempo, uso de tractores, equipo y herramientas agrícolas. Así, una modalidad de cultivo que emplea tractor por 40,5 horas tiene una tasa de depreciación (costo fijo) 4 veces mayor que el de otro cuyo uso de maquinaria es solo de 10 horas. A los cultivos no tecnificados no se les cargó costo fijo por ser despreciables; no utilizan maquinaria ni equipo de fumigación.

Para cada cultivo, el gasto de mano de obra en horas por hectáreas fue convertido a energía a la tasa de 175 kilocalorías (kcal hr^{-1}) dado por Altman y Dittmer (1) citado por Heichel (10). Cuando se registró el uso de tracción animal, en cuyo caso fueron siempre bueyes, el trabajo animal se convirtió a energía a la tasa de 2400 kcal hr^{-1} (12).

Rendimiento de los cultivos

Se tomó como criterio de rendimiento económico la parte útil de la planta de maíz y frijol; el grano cosechado, que reportó la encuesta antes citada. La biomasa o producción de materia seca (rendimiento) excepto raíces, se calculó de los índices de cosecha publicado para maíz (7) y frijol (2, 3, 4). Incluye el rendimiento económico más el resto de la planta.

Cuadro 2.—Insumos, requerimientos de energía por insumo, rendimientos y eficiencia energética de 18 modalidades y sistemas de cultivo de maíz y frijol en El Salvador, 1974 - 1975.

Insumo o producto	Sistemas y modalidades de cultivo																		Uso de energía/insumo ^a
	1***	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13a ¹	14a ²	15a ³	16a ⁴	17a ⁵	18a	
Energía humana	470	600	465	481	555	426	524	484	433	437	457	425	466	472	671	440	694	474	0,175 Mcal/hr
Tracción animal	13,4	401	40	22,6	56,7	0	36	47	0	16,4	32	5,8	34,8	0	84	0	50,8	0	2,400 Mcal/hr
Maq. (Combustible)	24,9	6	0	10,7	0	0	0	0	0	5,6	0	0	0	0	0	0	0	0	59,712 Mcal/hr
Insecticidas	10,1	20,1	0	10,9	10,4	0	20,9	8,6	0	25,5	1,3	0	0	0	7,2	0	0	0	24,243 Mcal/kg
Fertilizante Simple	247	201	149	142,8	214	142,8	131,6	0	0	93	117	145	145	0	169	0	145	65,8	3,463 Mcal/kg
Fertilizante Compuesto	201	175	0	181,7	169	0	262	237	165	268	155	120	72	0	168	0	99	0	3,821 Mcal/kg
Semillas	19,2	19,7	18,8	17,2	16,2	15,3	61	61	67,7	70	71	70	46	46	60,5	49,2	46	43	3,240 Mcal/kg*
Costos fijos	30	13,25	0	16,40	6,78	0	6,5	6	0	10,8	5,6	0	5,9	0	146	0	8,6	0	17,4 Mcal/\$ ²
Total por año (Energía)	3553	2771	816	2571	2043	619,2	2499	1653	970	2723	1428	1324	1217	256	2144	305	1443	469	
Total por año (Energía Cultural anual)	12689	9896	2914	11686	9286	2814	12495	8285	4850	13615	7140	6620	4346	914	7147	1016	5154	1675	
Estación de Cultivo	año	0,28	0,28	0,28	0,22	0,22	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,28	0,28	0,30	0,30	0,28	0,28	
Rendimiento Económico	kg/ha	2869	2139	1474	1785	1428	1448	1059	829	597	1026	487	118,4m/460f/	855m/329f/	2369	1382	1052	842	
Energía Digestible (estacional)	Mcal/ha	9295	6929	4776	5767	4628	4690	4153	3250	2342	4023	2502	1909	5642	4060	10642	11148	10175	7575
Proteína	g x 10 ³	963	718	495	761,9	610	618,6	1149	899	647,7	1113,2	692,2	528,4	356,3f/	255f/	742m/	433m/	353m/	282,7m/
Energía Digestible/Energía Cultural	cal/cal	2,60	250	5,85	2,24	2,26	7,58	1,66	1,97	2,40	1,48	1,75	1,44	4,60	15,90	5,0	21,9	4,7	10,3

* Duplicado en el caso de semilla de maíz híbrido.

** Según U. de Florida (25) maíz, 3,240 Mcal/kg de grano cosechado; frijol, 3,920 Mcal/kg.

*** Número de código según Cuadro 1.

1/ La letra "a" después del número significa sistema de cultivo de maíz y frijol asociado.

2/ Según Heichel (10).

3/ Las estimaciones de rendimiento de proteína y energía por kg de maíz y frijol se obtuvieron de la Universidad de Florida (25).

4/ Todas las otras equivalencias provienen de diversas fuentes: (13, 14, 16, 17 y 21).

f/ Frijol.

m/ Maíz.

Cuadro 3.—Contribuciones relativas de insumos y actividades a la energía cultural total de varias modalidades de cultivo de maíz y frijol.

Clave*	Insumos y Actividades (% de la energía cultural)						
	Mano de obra	Tracción animal	Combustible	Insecticidas	Fertilizantes	Depreciación	Otros ^{1/}
1	2,3	0,9	41,8	6,9	29,9	14,6	3,6
2	3,8	3,5	12,9	17,6	49,3	8,3	4,6
3	9,9	11,8	—	—	63,4	—	14,6
4	3,3	2,1	24,9	10,3	46,2	11,1	2,1
5	4,7	6,7	—	12,3	67,9	5,8	2,6
6	12,1	—	—	—	79,9	—	8,0
7	3,7	3,4	—	20,3	58,5	4,5	9,6
8	5,1	6,8	—	12,6	54,7	6,3	14,5
9	7,8	—	—	—	64,8	—	27,4
10	2,8	1,4	12,3	22,7	43,8	6,9	10,1
11	5,6	6,6	—	2,2	59,2	6,9	19,5
12	5,6	1,1	—	—	72,6	—	20,7
13a	6,8	6,9	—	—	63,9	8,3	14,1
14a	32,7	—	—	—	—	—	67,3
15a	5,5	9,4	—	8,2	57,2	6,8	12,9
16a	25,3	—	—	—	—	—	74,7
17a	8,4	8,5	—	—	61,0	10,3	11,8
18a	17,7	—	—	—	48,6	—	33,7

* Ver Cuadro 1.

^{1/} Incluye principalmente la semilla de siembra.

Energía cultural y Rendimiento de Energía Total

Un modelo de tendencias se distingue entre los 21 sistemas de cultivo para los cuales se calculó el rendimiento de energía total (Fig. 1). El maíz híbrido (clave N° 3) y el frijol (clave 12) produjeron los valores más bajos de energía total, aunque no requirieron las valores más bajos de energía cultural. Los sistemas de monocultivo de maíz híbrido y frijol responden sustancialmente a leves aumentos de energía cultural (clave N° 1-3 y 7-12). En cambio el monocultivo de maíz criollo responde poco (Nos. 4-6, Fig. 1). Los sistemas de cultivo asociado de maíz con frijol (indicados con los números clave seguidos de la letra a, Fig. 1), están entre los más eficientes sistemas. El cultivo de maíz híbrido asociado a frijol en un nivel de manejo bajo (N° 16a, Fig. 1) produce 40 veces más energía total que la energía cultural que recibe, y por lo tanto rinde máxima energía. También un sistema asociado (N° 15a, cuadro 1) es el que produce el máximo rendimiento de energía total (68900 Mcal ha⁻¹ año⁻¹) con sólo 7150 Mcal ha⁻¹ año⁻¹ de energía

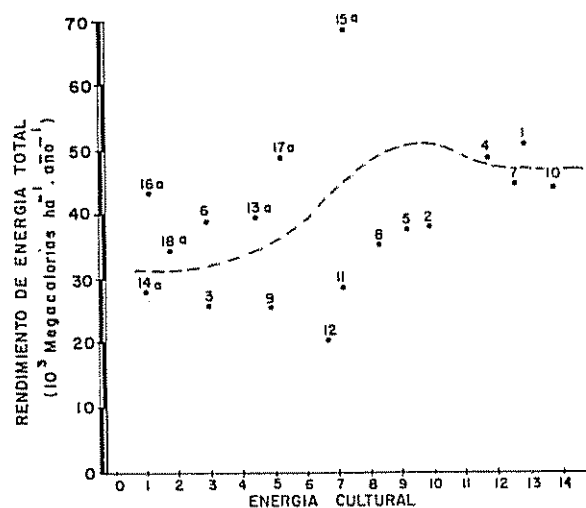


Fig 1.—Consumo de energía cultural y rendimiento de energía total en 18 modelos de cultivo de maíz y frijol representativos en El Salvador, 1974.

cultural, en un nivel de manejo intermedio (Fig. 1 y Cuadro 1)

Energía Cultural y Rendimiento de Energía Digestible.

El rendimiento de energía total analizado en la Fig. 1 indica la energía que sería disponible para el agricultor, si toda la energía fuera digestible. Esto no es así, ya que cada cultivo tiene un margen de rendimiento económico previamente definido como índice de cosecha. Por ejemplo, Ascensio y Fargas (2) determinaron que, del peso seco total del frijol, el 53 por ciento le correspondía al grano; en maíz, 40 a 45 por ciento de la masa seca de la planta es grano (10)

Los rendimientos de energía digestible en función de la energía cultural (Fig. 2), siguen una tendencia muy similar a la del rendimiento de energía total (Fig. 1). Los rendimientos más bajos de energía digestible corresponden al cultivo de mayo y de agosto con manejo bajo (Nos 9 y 12, Cuadro 1), con rendimientos de 9500 a 12300 Mcal ha⁻¹ año⁻¹.

Los rendimientos de energía digestible declinan cuando la energía cultural excede los 11000 Mcal ha⁻¹ año⁻¹, lo cual concuerda bastante bien con análisis similares hechos por Heichel (10) en sistemas de cultivo de varias partes del mundo y de varias épocas a partir de 1910. Al hacer el análisis con base en aumento en el uso de insumos, se revela claramente que en todas las 18 modalidades de cultivo, al aumentar la energía cultural aumenta el rendimiento de energía digestible. Esta tendencia es más acentuada en los sistemas de cultivo asociado (código N° 13a - 18a, Fig. 2).

Entre las 18 modalidades de cultivo de la Figura 2 existe un máximo de rendimiento de energía digestible en aquellos que requieren alrededor de 11 a 12000 Mcal ha⁻¹ año⁻¹ para los sistemas de monocultivo y de 7000 Mcal ha⁻¹ año⁻¹ para los sistemas de cultivo asociado. En el cultivo de maíz híbrido con manejo bajo (código 3, Fig. 2) al intensificar su manejo (código N° 1, Fig. 2) se multiplicó 4 veces

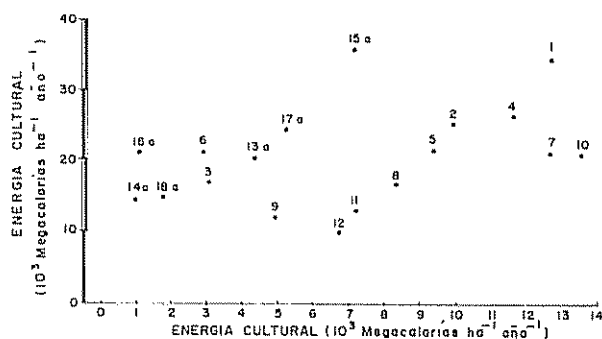


Fig. 2.—Consumo de energía cultural y rendimiento de energía digestible en 18 modelos de cultivo de maíz y frijol representativos en El Salvador, 1974

la energía cultural, lográndose que el rendimiento de energía digestible se duplicara. Al comparar estos resultados con los de maíz criollo se observa que estos cultivares son menos eficientes o el uso de insumos no está tecnificado, ya que un aumento de 1,3 veces de energía digestible, se alcanzó únicamente al agregar 4 veces más energía cultural (Fig. 2, Nos 4-6).

En los sistemas de cultivo asociado (Fig. 2, Nos 15a - 16a), de maíz híbrido con frijol, un gasto de 7 veces más energía cultural provocó una y media veces más energía digestible. En el mismo sistema de frijol asociado pero con maíz no mejorado, 5 veces más energía cultural produjo un incremento de 1,4 veces más energía digestible (Fig. 2, Nos. 17a y 18a). No obstante, es necesario destacar que los aumentos son del orden de los 10000 a 15000 Mcal ha⁻¹ año⁻¹. El análisis de resultados en forma relativa, solamente indica que los rendimientos de energía digestible de los sistemas de cultivo asociado de maíz y frijol son menos sensibles a los cambios en el uso de energía cultural, un hecho de mucha trascendencia agro-ecológica y económica.

Eficiencia y Ganancia Calórica

Si se obtiene la relación entre rendimiento de energía digestible y energía cultural, es posible comparar la eficiencia en el uso de cada caloría de insumo en diferentes sistemas y modelos de cultivo. Estas relaciones se han trazado en la Figura 3; en la cual resalta la mayor eficiencia de los sistemas de cultivo asociado (Fig. 3, Nos. 13a - 18a) con respecto a los monocultivos de frijol y maíz. Por otra parte, la tendencia general de los sistemas analizados es que a medida que aumentamos el uso de energía cultural (insumos, maquinaria), la eficiencia energética disminuye. En maíz híbrido asociado con frijol en un nivel de manejo bajo, por ejemplo, por cada caloría de energía cultural aportada al sistema, se obtienen 21,9 calorías (Fig. 3, N° 16a). Al agregar 6 a 7 veces más energía cultural a los sistemas de cultivo asociado (Fig. 3, N° 15a y 17a), la eficiencia energética disminuye en una proporción similar.

Los monocultivos de frijol no responden positivamente a aumentos en el uso de energía cultural (Fig. 3, Nos. 7-12), pero tampoco se reduce apreciablemente su eficiencia, de por sí más baja que la de los sistemas cuyo componente es maíz solo. Pareciera que el frijol es eficiente únicamente cuando se cultiva en sistemas asociados.

Energía Cultural y Rendimiento de Proteína

La relación que existe entre el rendimiento de proteína por unidad de energía cultural se puede observar en la Fig. 4. El modelo que explica mejor esta relación es de tipo exponencial negativo al igual que en el caso de la ganancia calórica (Fig. 3): a más

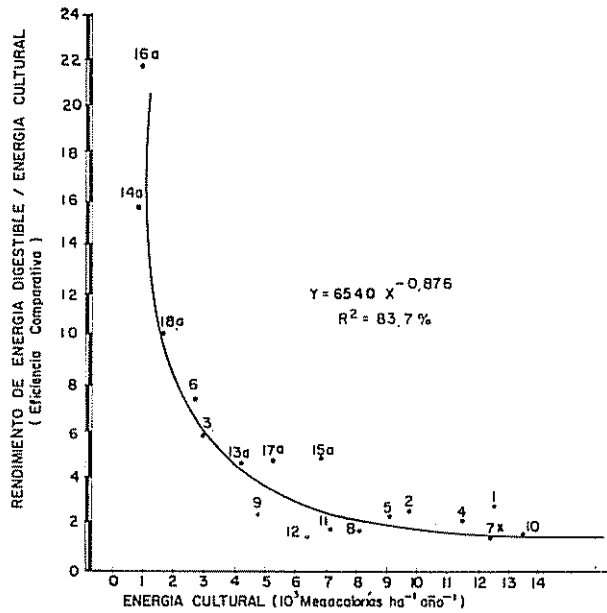


Fig. 3.—Eficiencia del uso de energía expresada como rendimiento de energía digestible en relación a la inversión de energía cultural en 18 modelos de cultivo de maíz y frijol en El Salvador, 1974.

gasto de energía cultural la eficiencia en el rendimiento de proteína se reduce. El sistema maíz más frijol presenta una tendencia de mayor eficiencia. Al aumentar el aporte de energía cultural (Fig. 4, Nos. 13a, 15a y 17a), estos sistemas se desvían del modelo general en el sentido de mayor eficiencia (por encima de la curva de la Fig. 4).

Pareciera que los monocultivos de maíz o de frijol no mejoran la eficiencia de producción de proteína por unidad de energía cultural al incrementar el

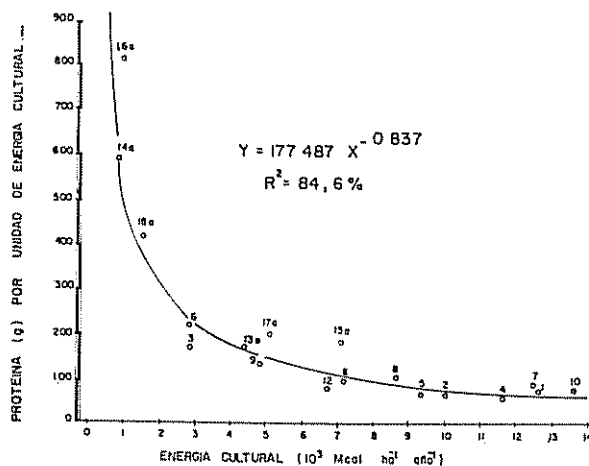


Fig. 4.—Rendimientos de proteína por unidad de energía cultural en 18 modalidades y sistemas de cultivo de maíz y frijol en El Salvador.

aporte de energía fósil. En el rango de más de 9000 Mcal ha⁻¹ año⁻¹ de energía cultural, la eficiencia de rendimiento de proteína no sufre alteraciones, ya que, a partir de esta cifra la curva tiende a volverse asintótica al eje horizontal (Fig. 4).

Los sistemas con un nivel de manejo alto en insumos son los menos eficientes (Fig. 4, Nos. 1, 4, 7 y 10) y rinden alrededor de los 80 g de proteína por cada Mcal invertida. El frijol y el maíz criollo e híbrido con un nivel de manejo bajo (Fig. 4 Nos. 3, 6 y 9) tienen eficiencia más alta, entre 134 y 220 g de proteína por unidad de energía cultural. Los cultivos de maíz asociado con frijol logran hasta 824 g de proteína por Mcal invertida.

Discusión

A medida que el hombre ha aumentado el control del medio ambiente de los agro-ecosistemas, ha necesitado adicionar más energía cultural. Es indudable que en el caso de El Salvador, los rendimientos económicos de maíz han aumentado siguiendo en gran parte esta ruta de incremento de energía cultural, pero no se ha tomado en cuenta hasta donde es adecuado hacerlo. Con el encarecimiento y agotamiento de los combustibles fósiles y sus derivados (como los fertilizantes) es ya tiempo de analizar si estamos obteniendo buenos retornos de nuestras inversiones energéticas y cuanto podemos mejorar la eficiencia del uso de la energía y la productividad. Los resultados obtenidos nos indican que existen fuertes diferencias en los requerimientos de energía para cultivar maíz y frijol según la modalidad de producción que se use, y que en igual forma existen respuestas distintas en sus rendimientos y eficiencia energética. Puede afirmarse entonces que es posible producir maíz y frijol con mayor eficiencia si se estimula la investigación y el cultivo de aquellas modalidades más destacadas, como los sistemas de cultivo asociado de maíz-frijol. Heichel (10, 11), Pimentel (16), Slessor (21), Odum (14) y Leach (13), entre otros, han comparado la eficiencia energética de diferentes sistemas de cultivo de varias partes del mundo, de varios grados de desarrollo y también, en estimaciones de gasto y ganancia de energía de la agricultura en diferentes épocas. Las conclusiones han sido en todos los casos que a medida que la agricultura se intensifica (o se moderniza) su utilización de energía se ha vuelto menos eficiente. Este es el modelo obtenido en nuestro estudio. No obstante, el cultivo asociado no parece seguir esta regla. Hasta ahora, ninguno de los estudios citados habían incluido a este sistema. Heichel (10, 11), sugiere la investigación de la combinación de cultivos y prácticas culturales que requieren menos cantidad de energía cultural para producir las necesidades calóricas y proteínicas de un hombre. El aspecto energético ya ha sido analizado. El rendimiento proteínico en función de la energía podría estudiarse mediante la comparación de índices de rendimiento de proteína por unidad de energía cultural. Al tomar el mejor sistema resultante de este trabajo (maíz más frijol,

Nº 16a) en cuanto a rendimiento calórico y obtener el rendimiento de proteína por unidad de energía cultural, se determinó un valor de 824 g de proteína por cada mil Mcal de energía cultural. Este valor es superior al mejor obtenido por Heichel (11) de 13 sistemas de producción de proteínas examinadas, entre los cuales incluía alfalfa, soya, trigo y cerdos.

Por otra parte, rinde un producto mejor balanceado nutricionalmente (5, 6). Otras ventajas han sido documentadas por Soria *et al.* (22) y Hart (8, 9).

Dentro de las prácticas de cultivo se destaca la fertilización, como la práctica que más contribuye al total de energía cultural de las modalidades de cultivo de maíz y frijol en El Salvador. En ningún caso fue menor del 30 por ciento, excepto en 2 sistemas en los que no se utilizó fertilizante (Nos clave 14a y 16a), por lo tanto cualquier incremento en eficiencia en el uso de fertilizantes tendría repercusiones significativas en la eficiencia y rendimientos energéticos. Similar situación, aunque menos apreciable, sería la optimización en el uso de plaguicidas porque su participación en la energía cultural no sobrepasó el 25 por ciento más que en una oportunidad (cultivo Nº 1). En los casos en que se aplicaron insecticidas, este representó entre el 12 y el 25 por ciento.

El uso óptimo de fertilizantes y de plaguicidas está entre los objetivos de muchos programas de investigación agrícola, pero con un enfoque casi exclusivamente de economía privada y no social. Hasta hace pocos años se ha acentuado este último aspecto pero como resultado indirecto del énfasis dado al impacto ecológico de determinadas prácticas agrícolas. Los costos del mal uso de la energía se comparten con toda la población; de ahí el interés socio-económico de este aspecto.

El enfoque energético llama la atención hacia la adopción e investigación de los sistemas y prácticas cuya rentabilidad energética es mayor. El análisis de sistemas y métodos de cultivo a la luz de la energía utilizada y producida se basa en unidades de medida más estables en el espacio y en el tiempo y con más trascendencia social que las unidades monetarias y por ello se sugiere su utilización como un criterio adicional importante en la evaluación de sistemas de producción así como en la orientación de la política de investigación y fomento agrícola de nuestros países.

Resumen

Se estudia en este trabajo la eficiencia en el uso de energía de 18 sistemas de cultivo de maíz y frijol en El Salvador. Al determinar el valor energético de los insumos y actividades de cada cultivo ("Energía cultural") en relación al rendimiento energético total y de energía digestible se encontró que existen fuertes diferencias en la eficiencia de uso de "energía cultural" entre los sistemas y modalidades de cultivo de maíz y frijol. A medida que aumenta el aporte de energía cultural, aumenta el rendimiento energía

total. Los rendimientos de energía digestible fueron más bajos en el cultivo de frijol (9500 Mcal ha⁻¹ año⁻¹). Los rendimientos de energía digestible declinan cuando la energía cultural excede las 11000 Mcal ha⁻¹ año⁻¹. El índice de eficiencia energética (energía digestible/energía cultural = y) en función de la energía cultural (= X en Mcal ha⁻¹ año⁻¹), siguió un modelo exponencial negativo ($Y = 6540X^{-0.576}$). La máxima eficiencia energética correspondió a los sistemas de cultivos asociados, en cuyo mejor caso (maíz híbrido + frijol, poco uso de insumos), por cada caloría de energía cultural se obtienen 21,9 calorías, con sólo 1016 Mcal ha⁻¹ año⁻¹.

El rendimiento de proteína por Mcal de energía cultural siguió una tendencia semejante, con máximos de 824 g de proteína/Mcal en un sistema de maíz asociado con frijol y con mínimo de 80 g en monocultivos con alto uso de insumos.

Es posible mejorar la eficiencia energética del uso de energía en la producción de cereales en El Salvador si se mejora y estimula la adopción de aquellos sistemas y tecnologías que consumen menos energía y que producen mayores rendimientos.

Literatura citada

1. ALTMAN, P. I. y DITIMER, D. S. ed. *Metabolism*. Bethesda, Md. Federation of American Societies for Experimental Biology, 1968.
2. ASCENSIO, J. y FARGAS, J. Análisis del crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. 'Turrialba-4') cultivado en solución nutritiva. *Turrialba* 23 (4): 420-428. 1973.
3. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe Anual 1974. Cali, Colombia. 1975.
4. ———. Informe Anual 1975. Cali, Colombia, 1976.
5. DESIR, S. y 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.
6. GARCIA M, J. y PINCHINAT, A.M. Producción asociada de maíz y soya a diferentes densidades de siembra. *Turrialba* 26 (4): 409-411. 1976.
7. HANWAY, J.J. y RUSSELL, W.A. Dry-matter accumulation in corn (*Zea mays* L.) plants: comparison among single-cross hybrids. *Agronomy Journal* 61: 947-951. 1969.
8. HART, R.D. A bean, corn and manioc polyculture cropping system I. The effect of interspecific competition on crop yield. *Turrialba* 25(3): 294-301. 1975.
9. ———. A bean, corn and manioc polyculture cropping system II. A comparison between the yield and economic return from monoculture and polyculture cropping systems. *Turrialba* 25 (4): 377-384. 1975.
10. HEICHEL, G.H. Comparative efficiency of energy use in crop production. New Haven, Connecticut Agricultural Experimental Station, Bulletin 739. 1973. 26 p.
11. ———. Agricultural production and energy resources. *American Scientist* 64(1): 64-72. 1976.

12. INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE Annual Report. Plant Physiology and Agricultural Engineering Sections. Los Baños. Philippines 1964
13. LEACH, G y SLESSER, M. Energy equivalents of network inputs to food producing processes. Glasgow, University of Strathclyde, 1976.
14. ODUM, H. T. Environment, Power and Society New York, Wiley-Interscience, 1971. 331 p.
15. PADDOCK, W.C. How green is the revolution? Bio-Science 20: 897-902 1970.
16. PIMENTEL, D. Energy use in cereal grain production. In Proceedings of the First International Conference Energy Use Management New York, Pergamon 1977. (separata del autor).
17. PIMENTEL, D., HURD, L.E., BELLOTTI, A.C., FORSTER M.J., OKA, I.N., SHOLES, O.D. y WHITMAN, R.J. Food production and the energy crisis. Science 182: 443-449. 1973.
18. RAPPAPORT, R.A. The flow of energy in an agricultural society. Scientific American 225: 117-122, 127-132. 1971.
19. SAARI, E.E y WILCOXSON, R.D. Plant disease situation of high-yielding dwarf wheats in Asia and Africa. Annual Review of Phytopathology 12: 49-68 1974.
20. SLESSER, M. Energy subsidy as a criterion in food policy planning. Journal of the Science of Food and Agriculture 2:4: 1193-1207. 1973.
21. ————. How many can we feed? Ecologist 3: 216-220. 1973.
22. SORIA, J., BAZAN, R., PINCHINAT, A.M., PAEZ, G., MATEO, N., MORENO, R., FARGAS, J., y FORYSTHE, W. Investigación en sistemas de producción agrícola para el pequeño productor del trópico. Turrialba 25: 283-293 1975.
23. STEINHART, J.S. and STEINHART, C.E. Energy use in the US food system. Science 184: 307-316 1974.
24. STROUT, A.M. Energy and economic growth in Central America. Annual Review of Energy 2: 291-305 1977.
25. UNIVERSIDAD DE FLORIDA. Tablas de composición de alimentos para América Iatina. Gainesville, Florida. 1974. 60 p.

Notas y Comentarios

Progresos en la fotosíntesis artificial

Melvin Calvin, quien ganó el Premio Nobel de Química de 1961 por establecer lo que sucede cuando una planta asimila dióxido de carbono, recientemente pronosticó que la fotosíntesis artificial no está muy lejana. En un escrito en *Accounts of Chemical Research* (Vol. 11, p. 369) describe sistemas químicos que cumplen los requerimientos básicos de un artificio efectivo de energía solar: la captura de un cuanto de luz, seguida por su conversión a alguna otra forma de energía y su almacenamiento indefinido en una forma recuperable.

Fotosíntesis natural. La imitación de la manera en que las plantas verdes convierten la luz solar en energía química debe comenzar con la comprensión de cómo ocurre el proceso en la naturaleza. Hay dos procesos fotosintéticos naturales principales: bacterias fotosintéticas, que reducen el dióxido de carbono a carbohidratos, pero que no pueden oxidar el agua a oxígeno; y las plantas verdes, que pueden oxidar el agua a oxígeno. Para el almacenamiento práctico de la energía solar en forma combustible, este paso oxidativo es el medio por el cual el hombre produciría hidrógeno del agua para reemplazar el gas natural, cuando este se agote en el futuro.

Durante los últimos 30 años, ha quedado claro que la fotosíntesis involucra dos reacciones fotoquímicas, fotosíntesis I y II (FS I y FS II) que se operan en la membrana celular. Un fotoelectrón es donado por un compuesto de manganeso a un pigmento en la FS II.

Las moléculas del pigmento, de las que la clorofila es un componente principal, actúan como antenas que captan la luz incidente, transfiriendo la energía de molécula a molécula hasta que llega a la trampa reactiva central. Aquí, una molécula excitada electrónicamente reduce una molécula de plastoquinona.

La transferencia de electrones continúa a través de un número de pigmentos hasta que llega al FS I, cuya trampa es probablemente la proteína de azufre-hierro conocida como

ferredoxina ligada. La transferencia de electrones continúa a través de ferredoxina libre y NADPH (fosfato dinucleotido nicotinamida adenina). Aquí sigue la parte mejor conocida del proceso, el ciclo Calvin, en el que NADPH y ATP (fosfato de adenosina) hechos en las reacciones lumínicas de FS I y FS II reducen el dióxido de carbono a carbohidrato, en la oscuridad.

Fotosíntesis artificial. Calvin no está sólo en acercarse a la producción de un sistema fotosintético artificial (Ver también *Turrialba* Vol. 19, p. 8). Sir George Porter, director de la Royal Institution y ganador del Premio Nobel de Química en 1967, está también cerca de esta meta. Ambos grupos están tratando de crear un modelo de FS II, ya que, según Porter comentó a G. Wilkinson (*New Scientist* 15 de marzo de 1979, p. 867), "el FS I excitado realmente no es problema". Escribiendo en *Proceedings of the Royal Society of London* (Vol. 362, p. 281), Porter explica el porqué. Expresa que FS II es lógicamente el primer paso en la fotosíntesis ya que el paso de la oxidación del agua es el menos comprendido, y el uso solo de FS II puede sobrepasar esto. El FS II puede convertir el agua y la quinona en oxígeno e hidroquinona: esto suministra un proceso cíclico para el almacenamiento y liberación de energía solar.

El enfoque de Calvin al problema toma en cuenta el hecho de que para que la reacción de transferencia de electrones sobreviva el tiempo suficiente para realizar algún cambio químico, el electrón debe ser transferido a través de un linde de fase. Su grupo, en consecuencia, ha estado intentando obtener fotosíntesis artificial en las fronteras de las fases sólida-líquida y líquido-líquida.

La primera es un método novedoso que usa cristales semiconductores y, al decir de Calvin, es un "movimiento de la química a la física". La simulación de FS I y FS II puede ser obtenida usando la valencia y las bandas de condición de un cristal semiconductor. Calvin y su equipo han simulado ya la FS II con óxido de zinc preparado para mejorar la cosecha de luz y sensitivizado con rosa de Bengala para absorber la región luminosa visible, con lo que consigue una eficiente cuántica total de alrededor de 10 por ciento. Hasta ahora, los investigadores pueden hacer que este semiconductor particular, sensitivo en el ámbito visible, genere corriente (pero no gases) usando ftalocianina como trampa, pero todavía les falta construir un semiconductor positivo para FS I para hacer uso del espectro solar entero.

Mientras que el enfoque físico tiene sus atractivos, una frontera líquido-líquida representa más estrechamente el sistema natural. En lugar de intentar la difícil tarea de hacer una membrana plana que actúe como frontera sobre la superficie del agua, o entre dos capas de agua, los investigadores idearon usar vesículas (donde la membrana está enrollada en una esfera). Sin embargo, esto involucra poner un tinte y el sistema generador de hidrógeno en el interior, y otro tinte y el sistema generador de oxígeno en el exterior, una tarea nada fácil.

Así, para simplificar el sistema, ellos hacen micelas aceite/agua; estas son agregados, de tamaño coloidal, de moléculas. Ocurre una fotorreacción en la interfaz de una micela y la otra sobre una micela completamente diferente. El grupo de Calvin obtuvo resultados promisorios con la transferencia fotoelectrónica del *n*-alquilporfirina (C_{10}) en (o sobre) la micela de aceite a, 2-sulfonato de quinona en la capa acuosa. Sin embargo, con la porfirina incorporada en una vesícula fosfolípida (fosfatidilcolina), la transferencia de electrones desde la porfirina excitada hasta el aceptador de quinona es 100.000 veces más grande en la fase de la frontera que en una solución homogénea. Calvin intuye que con el oxidante en una fase y el reductor en la otra debería ser posible separar las fases, almacenarlas separadamente y más tarde hacerlas regresar juntas para recuperar la energía de la reacción contraria, consiguiendo así los requerimientos básicos para un artificio útil de energía solar.

Cosechando la luz. En el Reino Unido, el grupo de Porter ha estado estudiando los otros aspectos de la fotosíntesis, uno de los cuales es el mecanismo para cosechar la luz, usando particularmente la fotólisis repentina (flash). Aunque el grupo tiene una buena comprensión de cómo funciona esto y puede especificar lo que se requiere, los intentos de hacer un sistema artificial han fracasado hasta ahora. Sin embargo, después de mejorar su comprensión de la transferencia de electrones de la clorofila a la quinona, los investigadores británicos parecen estar aun más cerca que Calvin en obtener con éxito la reacción FS II.

Siguiendo el trabajo de Calvin con complejos de manganeso en los comienzos de los novecientos sesenta, Porter y Anthony Harriman están usando porfirinas y ftalocianinas de manganeso porque en la naturaleza el manganeso parece estar involucrado en el paso de dividir el agua en la fotosíntesis de las plantas verdes que ellos recientemente consiguieron. Mientras que subrayan la naturaleza preliminar de su trabajo, creen que tienen *in vivo* la reacción general de la FS II, que genera oxígeno e hidroquinona a partir de agua y quinona. Desafortunadamente, la cantidad de oxígeno fue pequeña, pero Porter cree que una razón importante es que el oxígeno emitido "envenena" la reacción. Los que trabajan en el laboratorio de Calvin acaban de resolver ambos problemas, y, en realidad, han generado oxígeno usando un catalizador completamente diferente que opera sobre el mismo principio.

La baja solubilidad del complejo de manganeso es otro problema. Sin desanimarse, Porter y Harriman incorporaron sus reactivos en micelas y vesículas, para que el manganeso se disuelva mucho más. Porter ha dicho que este sistema es "merecedor de estudio intensivo como una posible ruta al almacenamiento económico de la energía solar".

Parece como si estos grupos de investigadores están en la última vuelta de una de las más importantes carreras en la química: ambos están acelerando hacia la meta.

Toros de probeta

Una colección de toros reproductores de Montana, Estados Unidos, han alcanzado cierta forma de inmortalidad, debido a que su semen preservado ha probado ser una herramienta excelente y de bajo costo para medir el éxito de un programa de mejoramiento (*Agricultural Research*, Vol. 26, N° 12).

En Miles City, Montana, en la US Range Livestock Experiment Station, Ray R. Woodward y Joseph J. Urlick, del Departamento de Agricultura, reconocieron que los efectos del mejoramiento selectivo podrían ser determinados almacenando semen de reproductores por un número de años y

comparando después su progenie (obtenida por inseminación artificial) con la progenie de reproductores contemporáneos.

El medir las tendencias de la producción en un hato de ganado después de años de selección es una tarea difícil debido a que las técnicas de manejo generalmente también mejoran la producción, y la productividad aumentada del ganado puede o no ser el resultado del programa de crianza.

El método estándar de evaluar el éxito de un programa de mejoramiento ha sido mantener un hato testigo, esto es, una población de ganado que no ha sido criado selectivamente. Este método es muy caro porque puede inmovilizar hasta el 50 por ciento del ganado e instalaciones de un programa durante toda la duración del proyecto.

El uso de semen conservado para estimar el progreso de un programa de mejoramiento es no sólo considerablemente menos costoso que mantener un hato testigo, sino también es más exacto en sus evaluaciones. Los hatos testigo a menudo sufren una "deriva genética", lo que hace difícil o imposible comparar exactamente los productos del programa de mejoramiento con el ganado original, o con ganado muy similar. Por supuesto, no hay deriva genética con el semen almacenado.

Al comienzo de un programa de mejoramiento, el semen es colectado de un grupo de reproductores y después almacenado indefinidamente mediante el congelamiento. Para una ulterior verificación del progreso obtenido, el semen de la primera generación de toros se descongela y se usa en un grupo de vacas no relacionadas escogidas al azar. Estas vacas son tan iguales como sea posible en producción potencial a otro grupo de vacas que son apareadas con la última generación de toros. La progenie de toros de ambas generaciones se compararon entonces mediante evaluaciones de corral de engorde y de la canal. Las progenies de vacas son comparadas en su crecimiento y comportamiento maternal después de producir terneros.

Lo técnica del semen almacenado fue usada por primera vez en la Estación de Miles City para evaluar el progreso de dos líneas endocrizadas de Herefords. El semen fue colectado de varios reproductores de las Líneas 1 y 10 en 1955 y 1966. Después que se habían sucedido dos generaciones, el semen de esos toros se probó contra el semen de toros nacidos en los novecientos sesenta. En ambas líneas, todos los pesos de la progenie de los toros de la generación más joven sobrepasan los pesos de la progenie de los toros de la generación más antigua, lo que indicaba que se habían obtenido mejoras en las líneas.

Urlick y Woodward proyectan comparar dos toros nacidos en 1953 y uno nacido en 1955 con varios reproductores de la línea 1 nacidos recientemente. Esta comparación representa aproximadamente un intervalo de cinco generaciones entre reproductores, una imposibilidad sin el uso de semen almacenado.

Se puede afirmar que en los programas de mejoramiento de ganado, lechero o no, donde se pueda congelar el semen, la técnica descrita puede usarse para evaluar el progreso del programa.

Publicaciones

Third World Agriculture. Con fecha de abril de 1979, ha comenzado a circular una nueva revista mensual, *Third World Agriculture*. Dedicada a divulgar nuevos productos, técnicas y esquemas, así como también a señalar obstáculos y debilidades que afecten a la agricultura de los países en desarrollo. El estilo es similar a *World Crops*, *La Hacienda*, y otras revistas comerciales. El primer número contiene artículos, noticias, datos estadísticos de producción y comercio. Tiene cuatro páginas en castellano para lectores de América Latina, incluso un artículo en que Jacques Chonchol insiste en su viejo dogma de que la modernización es inútil sin reforma agraria (las cifras que presenta tratan sólo del tamaño de la tenencia pero no de producción). Los otros artículos principales tratan de la langosta migratoria, la cebada en zonas semiáridas, veterinarios móviles en África, y la cría de abejas. El editor es Jerry Orme, y la dirección es: 10 Park Road, Turnbridge Wells, Kent, England.

Etude de quelques aspects de la résistance à la sécheresse du sorgho grain* ————— P M SAINT-CLAIR**

ABSTRACT

Studies on drought resistance of grain sorghum were undertaken in controlled environment with three cultivars adapted to the semiarid conditions of Senegal and five others liable to behave alike. Germination tests involving the osmotic polyethylene glycol or PEG and heat resistance tests ($1h \times 51,5^{\circ} C$) using 40, 54 and 68-days old plants were employed. The heat treatment was done through the leaf disc-conductivity method

The results from both series of experiments indicated that most of the cultivars were able to reasonably withstand the adverse conditions. They suggested that the germination technique which is easier to perform might be more practical than the heat test to screen grain sorghum toward drought resistance.

Age apparently had no direct effect on the heat resistance of the cultivars. It influenced however to a certain extent the relation between this aspect and maturity length. The relevant correlation coefficients were -0.22 , -0.44 and -0.61 for 40, 54 and 68-day old plants respectively. They reflected thus the tendency of plants with long growth duration to become more and more heat resistant in the course of the time.

Introduction

LA plus grande partie du sorgho récolté dans le monde s'obtient sans le concours de l'irrigation et il est peu probable que cette situation change avant de nombreuses années (15). Dans les régions semi-arides comme la zone sahélo-soudanienne, la culture de la plante est menacée par des perturbations climatiques qui affectent particulièrement l'unique période pluvieuse. Il ne fait donc pas de doute que toute investigation visant à apporter plus de lumière sur la résistance à la sécheresse du sorgho est très pertinente

Le phénomène de la résistance à la sécheresse des plantes est très complexe comme en témoigne la pluralité des définitions qui existent (3, 4, 5, 7, 8, 9, 18, 21). Il est lié au caractère inséparable des aspects suivants: morphologie, physiologie et biochimie végétales, conditions du sol et de l'atmosphère (22). On sait

déjà qu'il n'existe pas toujours une corrélation entre les propriétés (des plantes) considérées comme associées à la résistance à la sécheresse. Blum et Ebercon (1) par exemple n'ont trouvé aucun rapport entre la résistance à la dessiccation du sorgho et d'autres propriétés telles que accumulation de proline libre et restauration de la turgescence pendant et après la sécheresse respectivement. Une des nombreuses autres difficultés auxquelles se heurtent les chercheurs qui s'intéressent à la résistance à la sécheresse des plantes est certainement la variabilité des facteurs ambiants. C'est pourquoi on recourt de plus en plus à des travaux effectués en condition contrôlée. Parmi ces derniers il faut mentionner le test osmotique de germination et le test de résistance à la chaleur par la méthode disques foliaires - conductivité électrique. Le premier a, entre autres avantages, ceux de simuler une contrainte hydrique uniforme au niveau des semences et de contourner les difficultés qu'entraîne la mesure de l'état hydrique du complexe sol-plante. Gautreau (2) a trouvé que les réponses des cultivars d'arachide a des tests de germination au sucrose sont liées à leur résistance à la sécheresse dans les conditions naturelles. Cependant maints auteurs ont déjà critiqué l'emploi des glucides

* Manuscrit reçu le 21 mars 1979

** Professeur, Département de Phytologie, Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Université Laval, Ste Foy, Qué G1K 7P4, Canada

comme agents osmotiques en physiologie végétale. La supériorité du polyéthylène glycol ou PEG sur le sucrose et le mannitol et celle du PEG de faible poids moléculaire sur les autres formules ont fait l'objet de commentaires de la part de Manohar (6), Ordin, Applewhite et Bonner (10), Slavik (13) et Thimann, Loos et Samuel (19).

L'utilisation du test osmotique de germination au PEG pour comparer des cultivars de sorgho du point de vue de la résistance à la sécheresse a commencé en 1976 quand Saint-Clair (11) utilisa cette technique pour étudier les réponses de 11 cultivars. L'auteur conduisit son investigation avec du PEG de poids moléculaire 400 (nom commercial Carbowax 400). Il a observé que les cultivars classés comme résistants à la sécheresse ont accusé les plus forts pourcentages de germination à la pression osmotique maximale de -11 bars environ. Outre sa raisonnable efficacité, cette technique s'est révélée très pratique pour deux raisons. D'une part elle exige très peu de temps: 18 h. D'autre part elle permet de supposer qu'un nombre important de cultivars peuvent être sélectionnés moyennant une main d'oeuvre adéquate.

Le test de résistance à la chaleur par la technique disques foliaires - conductivité électrique est sans doute plus laborieuse que le test de germination mais il constitue un pas important dans les investigations sur la résistance à la sécheresse des plantes et du sorgho en particulier (15, 16). Contrairement aux techniques traditionnelles, il n'utilise pas des plantes entières. De plus il réduit à 1 h au maximum le traitement chaleur qui peut durer jusqu'à 24h avec les autres méthodes (20, 22). Des détails sur son utilisation et son efficacité sont disponibles (15, 16, 18).

En dépit des progrès enregistrés dans l'étude de la résistance à la chaleur du sorgho, il existe une indigence d'information sur d'importants aspects de cette propriété, notamment l'influence du cycle de la plante et celle de son âge. Smit (14) a considéré ce premier aspect comme négligeable. Il a de plus fait observer que dans les conditions de champ, les températures ambiantes peuvent affecter la résistance à la chaleur. Sullivan *et al.* (16) ont trouvé que dans les conditions de serre, la résistance à la chaleur du cultivar de sorgho M 35-1 restait la même, que les plantes soient âgées de 19 ou de 27 jours. Il a signalé le contraire dans le cas du cultivar RS626.

Le présent travail met à profit toutes les considérations susmentionnées. Il a été réalisé en 1977 à l'Université Laval de Québec avec huit cultivars de sorgho choisis en fonction des conditions semi-arides du Sénégal. Les objectifs visés peuvent se résumer comme suit:

- Etudier les réactions du matériel végétal au test osmotique de germination au PEG et au test de résistance à la chaleur par la méthode disques foliaires - conductivité électrique
- Déterminer l'influence de l'âge et du cycle des plantes sur leur résistance à la chaleur.

- Comparer les résultats obtenus avec ces deux tests et évaluer la capacité des cultivars à s'adapter aux conditions du Sénégal.

Matériel et méthodes

Détails sur le matériel végétal

Les cultivars utilisés pour le test osmotique de germination et le test de résistance à la chaleur présentés ci-après sont au nombre de huit: CE-90, 7410 KHONE, 7531-V15, 51-69 AT, 68-20, NK300, MN 1056 et 954063. Les trois premiers sont originaires du Sénégal, le quatrième du Tchad, le cinquième de l'Inde et les autres des Etats-Unis. Leur cycle semis-maturité est de 100, 110, 110, 135, 100, 100, 120 et 90 jours respectivement. CE-90, 51-69 AT et NK300 sont considérés comme résistants à la sécheresse dans les conditions du Sénégal.* Le dernier jouit aussi de cette réputation dans le Nord-Est brésilien (11). CE-90 est un parent commun à 7410 KHONE et à 7531-V15 qui appartiennent tous deux à la génération F₂ d'un croisement effectué au Centre National de la Recherche Agronomique de Bambey, Sénégal. 7531-V15 est considéré toutefois comme plus résistant à la sécheresse que 7410 KHONE.

Protocole expérimental pour le test osmotique de germination

On a mené le test de germination suivant une méthodologie qui a été employée dans un travail antérieur sur le sorgho (11). Avec le dessiccant polyéthylène glycol ou PEG, (nom commercial Carbowax 400) on a préparé des concentrations de 0, 6, 8, 10 et 12% en poids. Les pressions osmotiques développées par celles-ci ont été mesurées avec une chambre Wescor C-51. Elles correspondaient à 0,86, 4,80, 6,58, 8,70 et 10,88 bars respectivement. On plaça ensuite par lots de 50 les semences (des huit cultivars) de sorgho, préalablement traitées au thirane, sur deux disques de papier filtre Whatman N° 1, 9,0 cm. On disposa les disques dans des boîtes de Patri. Avant d'ajuster le couvercle de ces boîtes, on recouvrit les semences d'un troisième disque. L'humectation de chaque boîte se fit avec 6 ml de l'une des concentrations déjà mentionnées. L'arrangement des boîtes eût lieu suivant un dispositif en tiroir ("split plot") mis en place dans une chambre de croissance Model EF7 Conviron. La température à l'intérieur de cet appareil a été maintenue à 28° C à l'obscurité.

Le dispositif se composa de 5 blocs × 5 traitements × 8 cultivars. On recommença l'essai une semaine plus tard. Les observations ainsi enregistrées représentèrent les nombres moyens de semences qui ont germé au cours des deux essais. Ces valeurs furent ensuite exprimées en pourcentages de germination par

* DENIS, J.C. Communication personnelle, CNRA, Bambey, Sénégal. 1976.

rapport aux témoins pour supprimer les effets des différences de viabilité entre les cultivars. Dans le texte, on a envisagé la germination dans ce sens, sauf précision contraire. Une conversion des données en arcsin $\sqrt{\text{pourcentages}}$ préleva à l'analyse de variance. Pour réaliser cette opération, on a utilisé une calculatrice Hewlett Packard.

Protocole expérimental pour le test de la résistance à la chaleur

La croissance des cultivars de sorgho se réalisa dans une serre gardée à 33° c pendant le jour et 23° C la nuit et maintenue à une humidité relative de 70% environ. Ces conditions ont simulé celles qui prévalent en moyenne à Bambey, Sénégal durant la saison agricole ou pluvieuse, c'est-à-dire de juin à octobre.

L'intensité lumineuse au niveau des plantes atteignait 3000 pied-chandelles (600 ME)*. Vingt lampers High Pressure Multivapor Sodium de 1000 watts chacune la garantissaient 12 heures/jour.

On réalisa le semis dans des pots suivant le dispositif employé pour le test osmotique de germination. La présente expérience s'effectua avec 5 blocs \times 3 niveaux d'âge (40, 54 et 68 jours) \times 8 cultivars soit 120 pots au total. Ces derniers avaient un diamètre de 15 cm. Ils étaient remplis chacun de 3,5 kg d'un milieu contenant en pourcentage, base poids, les produits suivants:

— Vermiculite	: 4,700
— Perlite	: 4,700
— Mousse de tourbe	: 12,100
— Sable	: 77,772
— Engrais (20-20-20)	: 0,219
— Mag Amp (4-40-6)	: 0,029
— CaCO ₃ hydrate	: 0,316
— Superphosphate 200	: 0,027
— Phosphate de calcium	: 0,012
— Fritt 302 (microéléments concentrés)	: 0,030
— Chelate de fer	: 0,001

Ce milieu accusait un pH de 6,8 environ. La densité des plantes par pot était de 3 après la levée. L'arrosage se faisait au besoin. L'application du traitement chaleur portait sur une plante par pot. La procédure employée fut celle de la technique des disques foliaires - conductivité électrique, telle que commentée précédemment. Elle est détaillée ci-après.

Avec un emporte-pièce on a prélevé 20 disques de 1 cm de diamètre sur la deuxième feuille bien développée (en partant du sommet) des plantes, soit 10 de chaque côté de la nervure principale. On les a placés dans des béciers contenant de l'eau déionisée. Le lavage des disques s'effectua dans des tubes à essai remplis aux trois quarts de cette eau et gardés sur des supports. L'opération s'est répétée trois fois pendant une période de 24 h.

À la fin du dernier lavage, les tubes sont divisés en 2 groupes: témoins et traitements. Les premiers ont reçu chacun 30 ml d'eau déionisée. Une couche de papier transparent Saranwrap étendue sur leur extrémité libre prévient l'évaporation. Les tubes "traitements" reçurent aussi la même protection. Les soins spéciaux dont ils étaient l'objet consistaient à les exposer pendant 1h à la température de 51,5° d'un bain-marie. Après refroidissement à la température du laboratoire, ces tubes reçurent également 30 ml d'eau déionisée chacun. Tous les tubes à essai de l'expérience passèrent la nuit dans une chambre de croissance maintenue à 10° C.

Le lendemain on a rapporté tous les tubes au laboratoire où ils n'ont pas tardé à prendre la température du laboratoire. La mesure de la conductivité électrique eût lieu à la température standard de 25° C avec un conductimètre (pont de conductivité). Une exposition immédiate de tous les tubes à la température de 85° C pendant 15 minutes a permis de tuer les disques. Une nouvelle mesure de la conductivité électrique s'effectua ensuite dans les mêmes conditions que précédemment.

La détermination du pourcentage des dommages causés aux tissus foliaires est basée sur les détails présentés ci-après. À titre d'exemple, on a jugé utile de donner des valeurs à la conductivité électrique des catégories de tubes:

— Témoin (To)	: 3,35 micromhos/cm
— Témoin tué (Tot)	: 57,00
— Traitement (T)	: 26,18
— Traitement tué (Tt)	: 47,45

Calculs

$$\frac{To}{Tot} = \frac{3,35}{57,00} = 5,88\%; 100\% - 5,88\% =$$

94,12% intact.

$$\frac{T}{Tt} = \frac{26,18}{47,45} = 55,17\%; 100\% - 55,17\% =$$

44,83% intact

$$\frac{44,83}{94,12} = 47,63\% \text{ intact}; 100\% - 47,63\% =$$

52,37% de dommages.

Comme ce fut le cas avec le test osmotique de germination, on a répété deux fois l'expérience et pris la moyenne des observations des deux essais. Une transformation des données en arcsin $\sqrt{\text{pourcentages}}$ eût également lieu avec l'analyse de variance. Le programme SACADOS-APL disponible à l'Université Laval a permis de réaliser cette opération et celles qui sont commentées plus loin dans le texte.

* 32.291, 7 lux

Tableau 1.—Germination de 8 cultivars de sorgho grain sous l'action de 5 concentrations de Carbowax 400; les observations entre parenthèses représentent les pourcentages moyens de semences qui ont germé au cours des deux tests.

Concentration de Carbowax (% en poids)	Pression osmotique (bars)	Cultivars de sorgho grain										Moyenne
		CE-90	74110 KHONE	7531-V15	51-69AT	6820	NK300	MN 1056	954063			
0	0,86	100 a* (96)	100 a (72)	100 a (97)	100 a (89)	100 a (79)	100 a (83)	100 a (98)	100 a (84)	100 a (98)	100 a (84)	100 a (84)
6	4,80	86 b	27 b	85 b	77 b	44 b	84 b	81 b	69,8 b	81 b	69,8 b	69,8 b
8	6,58	72 c	13 c	72 b	64 c	20 c	70 c	60 c	53,5 c	60 c	53,5 c	53,5 c
10	8,70	56 d	3 d	47 c	43 d	15 cd	48 d	44 d	42,5 c	44 d	42,5 c	42,5 c
12	10,88	36 eB**	0 dA	27 dB	23 eB	8 dA	26 eB	25 eB	21,1 d	25 eB	21,1 d	21,1 d

* Les valeurs suivies d'une même lettre minuscule dans une colonne ne sont pas significativement différentes (P=0,05 test multiple de Duncan).

** Les valeurs suivies d'une même lettre majuscule dans une rangée ne sont pas significativement différentes (P=0,05 test multiple de Duncan).

Tableau 2.—Germination de 11 cultivars de sorgho grain sous l'action de 6 concentrations en poids de Carbowax 400; les valeurs entre parenthèses représentent les pourcentages moyens de semences qui ont germé au cours des deux tests (11).

Concentration de Carbowax (% en poids)	Pression osmotique (bars)	Cultivar											Moyenne
		CE-90	69-1	RS626	NK300	C-12Y	X-1027	RS610	NB9776K	G393	M 35-1	Meloland	
0	0,86	100 a* (94)	100 a (84)	100 a (87)	100 a (77)	100 a (78)	100 a (92)	100 a (57)	100 a (74)	100 a (88)	100 a (71)	100 a (53)	100 (77,7)
4	3,22	98 a	97 ab	96 b	88 b	87 b	90 b	76 b	90 b	71 b	88 b	69 b	86,3
6	4,80	97 a	90 bc	89 b	79 b	75 b	83 b	68 b	86 b	55 bc	61 c	43 c	75,0
8	6,58	84 b	75 c	64 c	60 c	57 c	56 c	46 c	51 c	39 c	42 d	21 d	54,0
10	8,70	62 c	46 d	41 d	43 c	32 d	29 d	27 d	32 d	21 d	22 e	13 d	33,4
12	10,88	38 dA**	25 eAB	23 eAB	21 dAB	21 dAB	14 eBC	12 eBC	11 eBC	6 eCD	5 fCD	1 eD	16,0

* Les valeurs suivies d'une même lettre minuscule dans une colonne ne sont pas significativement différentes (P=0,05 test multiple de Duncan).

** Les valeurs suivies d'une même lettre majuscule dans une rangée ne sont pas significativement différentes (P=0,05, test multiple de Duncan).

Résultats

Test osmotique de germination

Le Tableau 1 présente les réponses des huit cultivars de sorgho aux contraintes hydriques développées par les diverses concentrations de PEG (Carbowax 400)

Ces données indiquent de façon nette que toute augmentation de la concentration du PEG se traduit par une diminution sensible de la germination des cultivars. Le graphique de Fig 1 met en évidence la linéarité des relations existant entre le pourcentage moyen de germination pour l'ensemble des cultivars et la pression osmotique du dessiccant. La valeur négative qui accompagne x dans l'équation de régression indique que le droite décline à raison de $-7,33\%$ de germination par bar de pression osmotique. La corrélation existant entre la germination et la pression osmotique ($r^{**} = -0,993$) est négative naturellement et voisine de l'unité.

Il est intéressant de noter que sur la base des réponses enregistrées à la pression osmotique de 10,88 bars, les cultivars tendent à se diviser en 3 groupes (Tableau 1):

- 1er. groupe: CE-90 (30-36% de germination)
- 2e. groupe: 51-69AT, MN1056, 954063, NK300 et 7531-V15 (23-27% de germination)
- 3e. groupe: 7410 KHONE, 68-20 (0-8% de germination).

Au point de vue statistique il n'y a pas de différences significatives entre les cultivars qui figurent dans les 2 premiers groupes. Par contre ces cultivars ont une plus forte capacité de germer que 68-20 et 7410 KHONE ($P = 0,05$). Le fait que les premiers représentent 75% du matériel végétal n'a rien d'étonnant si l'on considère que dans le choix de ce matériel on a misé sur ses fortes possibilités de s'adapter aux conditions semi-arides du Sénégal.

En jetant un coup d'oeil sur le Tableau 2 extrait du travail antérieur sur le sorgho (11) auquel on a déjà fait allusion, il est facile d'observer que le sorgho qui y figure est beaucoup plus diversifié que celui du Tableau 1. De plus celui-là paraît plus affecté en moyenne par les pressions osmotiques de 8,70 et de 10,88 bars. On peut signaler en passant que l'étude des relations entre la germination au PEG et la résistance à la sécheresse du sorgho et non l'évaluation de cette résistance constitue l'objectif poursuivi dans l'investigation d'où est extrait le Tableau 2.

Test de chaleur

Le degré de résistance à la chaleur des cultivars est reflété au Tableau 3 par les pourcentages des dommages causés aux disques foliaires. Sullivan (15)

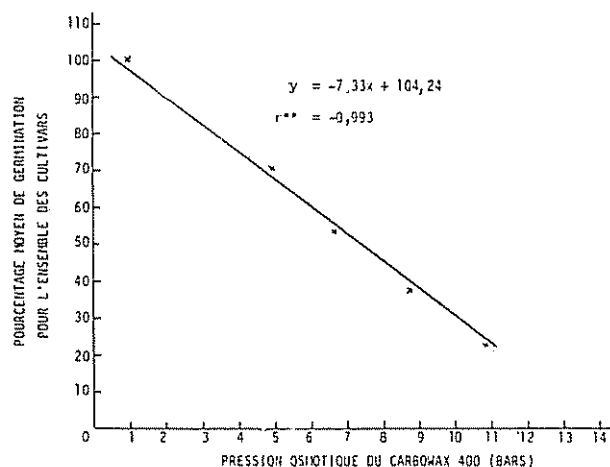


Fig. 1.—Effet dépressif du Carbowax 400 sur le profil moyen de germination pour les huit cultivars de sorgho.

a évalué de cette façon la résistance à la chaleur des cultivars de maïs, de sorgho et de millet. Il va de soi que plus un pourcentage est élevé, plus faible est la résistance à la chaleur.

Les valeurs moyennes obtenues à 40, 54 et 68 jours indiquent que l'âge n'a pas d'effet apparent sur la résistance à la chaleur des cultivars pris dans leur ensemble. Au niveau individuel, on observe cependant

Tableau 3.—Résistance à la chaleur de huit cultivars de sorgho grain de cycle variable à 40, 54 et 68 jours après le semis; traitement 1h X 51,5° C.

Cultivars	Cycle (jours)	Pourcentages de dommages causés aux disques foliaires (moyennes de 2 tests)			
		Age (jours)			
		40	54	68	Moyenne
CE-90	100	56,7 b*	38,7 ab	48,3 ab	47,9 ab
7410 KHONE	110	48,0 ab	47,3 ab	47,4 ab	47,5 ab
7531-V15	110	42,2 ab	53,9 b	41,0 ab	45,7 ab
51-69AT	135	44,9 a	31,1 a	33,6 a	36,5 a
68-20	100	68,3 b	76,8 c	55,3 b	66,8 c
NK300	100	51,1 ab	51,3 b	35,4 a	45,9 ab
MN 1056	120	48,6 a	56,5 b	48,2 a	51,1 b
954063	90	39,9 a	50,8 ab	55,8 b	48,8 a
Moyenne	108,1	49,9 A**	50,8 A	45,6 A	48,7 A

* Les valeurs suivies d'une même lettre minuscule dans une colonne ne sont pas significativement différentes ($P=0,05$, test multiple de Duncan).

** Les valeurs suivies d'une même lettre majuscule dans une rangée ne sont pas significativement différentes ($P=0,05$, test multiple de Duncan).

certaines fluctuations dans le comportement de ces derniers. 7410 KHONE se distingue par une étonnante stabilité.

En comparant les tendances dégagées par les cultivars au niveau de chaque âge, on remarque que l'ordre de résistance à la chaleur subit certaines modifications avec le temps. Par exemple 51-69AT n'est pas significativement différent de MN1056 à 40 jours. Il n'en est pas de même à 54 jours. Le cultivar 68-20 est nettement différent des autres cultivars à 40 jours. Cependant, sa résistance est statistiquement comparable à celle des autres, 51-69AT et NK 300 exceptés, à 68 jours.

L'étude des rapports entre la durée du cycle (semis-maturité) des cultivars et la résistance à la chaleur calculée pour chaque niveau d'âge a abouti aux coefficients de corrélation suivants:

$$r = -0,22 \text{ pour } 40 \text{ jours}$$

$$r = -0,44 \text{ pour } 54 \text{ jours}$$

$$r = -0,61 \text{ pour } 68 \text{ jours}$$

Ces valeurs signalent une augmentation *pari passu* de r avec l'âge des plantes de sorgho. Elles indiquent donc une influence de plus en plus forte du cycle sur les plantes qui vieillissent. Le caractère négatif de la corrélation permet d'affirmer que les cultivars tendent à être d'autant plus résistants à la chaleur que leur cycle est plus long. Cette opinion est valable jusqu'à concurrence de 22, 44 et 61% pour les niveaux d'âge respectifs de 40, 54 et 68 jours.

Si l'on analyse maintenant le comportement moyen des cultivars tel qu'évalué à la dernière colonne du Tableau 3, il est facile de déduire que le sorgho étudié dans le présent travail est raisonnablement résistant à la chaleur. Deux cultivars seulement ont accusé des pourcentages de dommages supérieurs à 50%: MN 1056 et 68-20. Au point de vue statistique, 51-69AT est significativement comparable au reste des cultivars à l'exception de MN1056 et de 68-20 ($P=0,05$). 68-20 est plus susceptible à la chaleur que tous les autres cultivars. On a vu qu'il fait partie avec 7410 KHONE du groupe de cultivars le plus faible en ce qui a trait à la germination à la contrainte hydrique maximale (Tableau 1). Cependant la résistance à la chaleur du dernier cultivars est de loin supérieure à sa capacité de germer dans les conditions adverses d'humidité.

Comparaison des résultats du test de la résistance à la chaleur avec ceux du test osmotique de germination.

Dans l'ensemble on peut dire que le test de la résistance à la chaleur, à l'instar du test osmotique de germination, a fait ressortir la rusticité de la plupart des cultivars engagés dans la présente étude. Même s'il n'est pas possible de parler de concordance parfaite entre les résultats des deux tests, il est pertinent de souligner qu'ils sont liés par des coefficients de corrélation intéressants. La valeur de r qui associe les

pourcentages moyens des dommages (Tableau 3) aux pourcentages de germination enregistrés à la contrainte hydrique maximale (Tableau 1) est de $-0,42$. Comme la valeur des pourcentages moyens de dommages, 48,7, (Tableau 3) est voisine de 50, il s'avère utile de faire une nouvelle comparaison, basée cette fois-ci sur les réponses à la contrainte hydrique qui réduit de 50% environ la germination moyenne des cultivars. C'est à la contrainte hydrique de 6,58 bars qu'on obtient le pourcentage moyen de germination (53,5%) qui satisfait à cette condition. En étudiant le degré de corrélation entre les réponses susmentionnées et les pourcentages moyens de dommages causés par la chaleur, on obtient une valeur de r égale à $-0,57$.

Le caractère négatif des deux valeurs de r indique que ces pourcentages de dommages et les pourcentages de germination évoluent en sens contraire. En d'autres termes, plus le pourcentage de dommages est élevé, plus faible tend à être le pourcentage de germination. On a déjà signalé qu'un pourcentage de dommages élevé est un indice d'une faible résistance à la chaleur et vice-versa.

Discussion

Les résultats du test osmotique de germination réalisés dans le présent travail (Tableau 1) ont été obtenus avec la même précision expérimentale que ceux qui sont extraits d'une étude antérieure sur le sorgho (Tableau 2). En effet les cultivars communs aux deux investigations, CE-90 et NK300, exposés à la contrainte hydrique de $-10,88$ bars ont gardé dans les deux cas le même profil de réponse. En ce qui concerne la pertinence même du test dans des recherches sur l'adaptation du sorgho en milieu semi-aride, il est nécessaire de souligner que, lors de la sécheresse sévère qui a frappé la zone sahélo-soudanaïenne au début de cette décennie, 2/3 des plantations de sorgho ont été anéanties très peu de temps après le semis. Par ailleurs, le test osmotique de germination, en plus de confirmer la réputation dont jouissent les cultivars CE-90, NK 300, 51-69AT et 7531-V15, a l'avantage d'être très pratique pour la sélection du sorgho au point de vue de la résistance à la sécheresse. N'utilisant que des semences, il permet en effet de travailler à la fois avec un grand nombre de cultivars, moyennant une main-d'oeuvre adéquate.

Ces considérations n'affectent en rien l'importance du test de la résistance à la chaleur et de celle des résultants auxquels cette étude a conduit. Comme l'ont fait remarquer Sullivan, Norcio and Eastin (18), dans les conditions naturelles, des températures élevées accompagnent fréquemment la sécheresse. Dans le cas concret du Sénégal, les vents secs et chauds qui y soufflent font craqueler ou briser les plantes de sorgho. En ce qui a trait au comportement des cultivars testés dans le présent contexte, il est permis de faire état de la grande rusticité de la plupart d'entre eux, à l'instar de ce qui s'est produit avec le test osmotique.

de germination. Dans le cas particulier des cultivars 7531-V15 et 7410 KHONE qui ont CE-90 comme parent commun, un rétrocroisement avec le dernier cultivar n'est pas susceptible d'améliorer leur résistance à la chaleur. Une telle démarche serait bénéfique cependant à 7410 KHONE pour améliorer sa capacité de résister aux conditions adverses d'une contrainte hydrique sévère (Tableaux 1 et 3).

L'analyse d'autres aspects des résultats du test de chaleur suscite plusieurs raisonnements. Primo, les quelques changements que connaît avec l'âge l'ordre de la résistance (à la chaleur) des cultivars ne sont pas sans rappeler ceux qu'ont observés Blum et Ebercon (1) avec la résistance à la dessiccation du sorgho. Secundo, l'influence grandissante du cycle sur la résistance à la chaleur des plantes en instance de vieillissement pourrait être exploitée dans les zones où la saison pluvieuse est assez longue pour permettre la culture de cultivars à cycle long. Tertio, l'existence d'une corrélation négative entre les réponses des cultivars aux contraintes hydriques de $-6,58$ et de $-10,88$ bars et celles qu'engendre le traitement chaleur suggère que jusqu'à concurrence de 42 à 57% les résultats des deux tests évoluent en sens contraire. Force est cependant de tenir compte des remarques antérieures sur la signification des pourcentages de dommages au point de vue de la résistance à la chaleur. Quant à l'importance de la corrélation, il est utile de mentionner que les quelques valeurs de r calculées pour les propriétés du sorgho associées à la résistance à la sécheresse sont très variables. Par exemple Blum et Ebercon (1) ont trouvé des valeurs de $-0,065$ et $-0,165$ pour les rapports entre les pourcentages de dommages causés par la dessiccation d'une part, l'accumulation maximale de proline dans les feuilles et le degré de turgescence de ces organes après sécheresse et arrosage subséquent d'autre part. Ces auteurs ont trouvé par contre une valeur de r de $0,876$ pour les rapports degré de turgescence foliaire - accumulations de proline.

Pour résumer, il est permis de croire que 75% des cultivars de sorgho soumis au test osmotique de germination et au test de chaleur possèdent des propriétés qui expliquent ou peuvent faciliter leur adaptation aux conditions semi-arides du Sénégal. Le doute subsiste pour 7410 KHONE. Quant à 68-20, il est prudent de l'écartier de tout programme de vulgarisation variétale dans cette région. A ce stade du raisonnement, il convient de signaler que la complexité du phénomène de la résistance à la sécheresse, interdit qu'on considère comme exhaustive l'information expérimentale accumulée sur les huit cultivars. D'autres aspects non étudiés ici comme la résistance à la dessiccation, l'équilibre entre la croissance des parties aériennes et celle des parties souterraines des plantes peuvent jouer un rôle occasionnel ou permanent dans le comportement de ces dernières dans les conditions de champ (12). Il en est de même des facteurs ambiants.

Résumé

On a entrepris l'étude de la résistance à la sécheresse du sorgho-grain en milieu contrôlé avec trois cultivars adaptés aux conditions semi-arides du Sénégal et cinq autres qui sont susceptibles de l'être.

Les travaux expérimentaux se composèrent de tests osmotiques de germination avec le polyéthylène glycol ou PEG et de tests de résistance à la chaleur ($1h \times 51,5$ C) avec des plantes âgées de 40, 54 et 68 jours. Pour les tests de résistance à la chaleur on a utilisé la méthode disques foliaires - conductivité électrique.

Les résultats expérimentaux ont démontré que la plupart des cultivars étaient capables de résister aux conditions adverses. Ils ont permis de déduire que la technique de germination, plus facile à réaliser que le test de chaleur est plus pratique que ce dernier pour sélectionner les cultivars de sorgho au point de vue de la résistance à la sécheresse. Apparemment l'âge n'a pas eu d'effet direct sur la résistance à la chaleur des cultivars. Il a cependant influencé les relations entre cette propriété et le cycle semis-maturité des plantes. Les valeurs du coefficient de corrélation étaient de $-0,22$, $-0,44$ et $-0,61$ pour les plantes âgées de 40, 54 et 68 jours respectivement. Elles ont donc reflété la tendance des plantes à devenir plus résistantes à la chaleur en vieillissant.

Remerciements

L'auteur tient à remercier de façon particulière Dr. Jacques Denis, responsable de l'amélioration du sorgho au Centre National de la Recherche Agronomique de Bambey, Sénégal, pour le rôle important qu'il a joué dans la sélection et l'envoi du matériel végétal utilisé dans l'investigation. Il le remercie également de son sens critique et de l'aide apportée dans l'accumulation de l'information pertinente.

La reconnaissance est due aux Drs J.D. Eastin et C.Y. Sullivan de l'Université de Lincoln-Nebraska pour l'intérêt soutenu qu'ils ont manifesté envers les présentes recherches. Celles-ci ont été financées par le Centre de Recherches pour le Développement International d'Ottawa.

Resumen

Se realizaron estudios de resistencia a la sequía del sorgo de grano, en condiciones controladas, con tres cultivares adaptados a las condiciones semiáridas de Senegal y cinco de posible comportamiento similar. Los trabajos experimentales comprendieron pruebas osmóticas de germinación con el polietileno glicol (PEG), y de pruebas de resistencia al calor ($1h \times 51,5$ C) con plantas de 40, 54 y 68 días de edad. Para las pruebas de resistencia al calor se utilizó el método de conductividad eléctrica con discos foliares.

Los resultados experimentales demostraron que la mayor parte de los cultivares fueron capaces de resistir las condiciones adversas. Permiten deducir que la

técnica de germinación, más fácil de realizar, es más práctica que la prueba de calor para seleccionar los cultivares de sorgo desde el punto de vista de la resistencia a la sequía. Aparentemente, la edad no tiene un efecto directo sobre la resistencia de los cultivares al calor. Sin embargo, influyó en cierto modo la relación entre esta propiedad y el ciclo de la madurez en las plantas. Los valores de los coeficientes de correlación fueron de $-0,22$, $-0,44$ y $-0,61$ para plantas de 40, 54 y 68 días de edad, respectivamente. Reflejaron así la tendencia de las plantas a volverse más resistentes al calor conforme pasa el tiempo.

Littérature citée

1. BLUM, A et EBERCON, A Genotypic responses in sorghum to drought stress III. Free proline accumulation and drought resistance. *Crop Science* 16 (3): 428-431 1976
2. GAUTREAU, J. Recherches variétales sur la résistance de l'arachide à la sécheresse I. Les tests de germination à pression osmotique élevée. *Oléagineux* 7: 441-444 1966
3. KROCHKO, J.E. et BEWLEY, D. Poikilohydrous plants: the extreme case of drought tolerance. What's New in Plant Physiology (WNPP) 7 (8): 1-3. 1975.
4. LEVITT, J. The hardiness of plants. New York, Academic Press, 1956. 278 p.
5. ——— Responses of plants to environmental stresses. New York, Academic Press, 1972. 697 p.
6. MANOHAR, M.S. Effect of osmotic systems on germination of peas. *Planta* 71: 81-86. 1966.
7. MARTIN, J. The comparative drought resistance of sorghum and corn. *Journal of the American Society of Agronomy* 22:903-1003. 1930.
8. MAY, L. et MILTHORPE, F. Drought resistance of crop plants. *Field Crop Abstracts* 15 (3): 171-179. 1962
9. OPPENHEIMER, H. Adaptation to drought: Xerophytism. *In* Recherches sur la zone aride. Echange hydrique des plantes en milieu aride ou semi-aride. Compte-rendu de recherches. Paris, UNESCO. 1961 pp. 105-138.
10. ORDIN, K., APPLEWHITE, T.H. et BONNER, J. Auxin-induced water uptake by *Avena* coleptile sections. *Plant Physiology*, 31:44-53 1956.
11. SAINT-CLAIR, P.M. Germination of *Sorghum bicolor* L. under polyethylene glycol-induced stress. *Canadian Journal of Plant Science* 56:21-24. 1976.
12. ——— Croissance racinaire de cultivars de sorgho grain. *Le Naturaliste Canadien* 104 (6): 537-541 1977.
13. SLAVIK, B. Method of studying plant-water relations. New York, Springer-Verlag, 1974. 4-49 p. (Ecological Studies 9).
14. SMIT, D.H. Selected studies in heat tolerance in grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *In* Research in the physiology of yield and management of sorghum in relation to genetic improvement. University of Nebraska Annual Report 7. 1973. 167 p.
15. SULLIVAN, C.Y. Mechanisms of heat and drought resistance in grain sorghum and methods of measurement. *In* Sorghum in seventies. Editors RAO, N.G.P. and HOUSE, I.R. Oxford and IBH, New Delhi, 1972. 638 p.
16. ——— et al. Physiological selections for drought resistance in sorghum. *In* Research in the physiology of yield and management of sorghum in relation to genetic improvement. University of Nebraska Annual Report 7. 1973. 167 p.
17. ———, EASTIN, J.D. et KINBACHER, E.J. Finding the key to heat and drought resistance in grain sorghum. *The Farm, Ranch and Home Quarterly*, University of Nebraska. Summer. 1968.
18. ———, NORCIO, N.V. et EASTIN, J.D. Plant responses to high temperatures. *Proceedings of International Symposium on Genetic Diversity in Plants*. Lahore, Pakistan, 1976. Sous presse.
19. THIMANN, K.V., LOOS, G.M. et SAMUEL, E.W. Penetration of mannitol into potato discs. *Plant Physiology* 35:848-853. 1960.
20. WILLIAMS, T., SNELL, R. et ELLIS, J. Methods of measuring drought tolerance in corn. *Crop Science* 7: 179-182. 1967.
21. WILSIE, C. The moisture factor. *In* Crop adaptation and distribution, San Francisco. W. H. Freeman, 1961.
22. WRIGHT, N. et STREETMAN, I. Grass improvement for the Southwest relative to drought evaluation. Tucson Agricultural Experiment Station, University of Arizona, Technical Bulletin 143. 1960. 16 p.

COMUNICACIONES

Notas sobre la ecofisiología de la germinación de *Cecropia obtusifolia* Bertol

Abstract. Several seed germination tests have been performed in order to know the role of light and temperature treatments on the germination of seeds of *Cecropia obtusifolia*. Most of the seed samples germinated only with light in all the temperatures

In field experiments the light quality inside the forest looks to be an environmental inhibitor for germination as it has been proved for other heliophyte pioneer species

Introducción

Cecropia obtusifolia es un árbol pionero que suele ser abundante en la vegetación secundaria temprana y en los claros amplios producidos por la caída de árboles, en la zona forestal, tropical, cálido-húmeda, desde el sur de México hasta el norte de Sudamérica. La capacidad de esta especie para colonizar rápidamente áreas desmontadas es ampliamente conocida y se debe fundamentalmente a que sus poblaciones maduras producen ininterrumpidamente abundantes frutos que son buscados por numerosas especies de aves (4), murciélagos (8) y primates (2). Estos animales diseminan eficientemente las semillas, ya sea en el interior de las selvas o en las zonas desmontadas.

Aparentemente las semillas se acumulan latentes en el suelo de las selvas cuya cobertura no ha sido perturbada (1) y germinan al cambiar las condiciones microclimáticas cuando se destruye la vegetación por el efecto de un desmonte o la caída de uno o varios árboles grandes, en forma semejante a lo observado en otras especies que se establecen en condiciones similares (7).

En este trabajo se describen experimentos preliminares de germinación efectuados con semillas de *C. obtusifolia*, bajo condiciones diferentes de iluminación, temperatura, procedencia de las semillas y tiempo de almacenamiento, efectuados con la intención de conocer

los factores que regulan la permanencia de semillas viables en el suelo.

Las semillas fueron recolectadas en la Región de Los Tuxtlas, al sur del Estado de Veracruz, México, en los terrenos de la Estación de Biología Tropical de la Universidad Nacional Autónoma de México y en otras localidades de la zona, cuyas características ambientales han sido ampliamente descritas (3). Los experimentos fueron efectuados en la propia Estación y en los laboratorios de la Universidad de México y Universidad Metropolitana, en la Ciudad de México.

Metodología

Las pruebas de germinación registradas en los Cuadros 1 y 2) se efectuaron sembrando las semillas sobre muestra mixta de semillas recién colectadas, procedentes de cuatro diferentes individuos de la Estación de Biología. Las pruebas consignadas en el Cuadro 2 se efectuaron a 26° C con muestras individuales frescas procedentes de las localidades mencionadas en dicho Cuadro. Para el experimento de almacenamiento (Cuadro 1), las semillas se mantuvieron durante un año en bolsas de papel, a la temperatura del laboratorio (22° ± 3) y se germinaron a 26°, a los seis meses y al año.

Las pruebas de germinación de laboratorio (Cuadros 1 y 2) se efectuaron sembrando las semillas sobre agar puro al 1 por ciento en agua destilada, en cajas de Petri de vidrio de 10 cm de diámetro. Se sembraron cincuenta semillas en cada caja y se utilizaron seis para cada tratamiento. Se emplearon cámaras de cultivo a las temperaturas constantes de 26° C y 36° C y termoperíodos cotidianos de 26° C por 16 horas, 36° C por 8 horas y 25° C por 20 horas, 45° C por 4 horas. Las pruebas en oscuridad se efectuaron cubriendo las cajas con dos pliegos de papel de aluminio grueso, inmediatamente después de la siembra. El fotoperíodo de las cámaras fue de 12 horas.

Para las pruebas sobre placa de gradiente térmico se utilizó el dispositivo y procedimiento descritos en

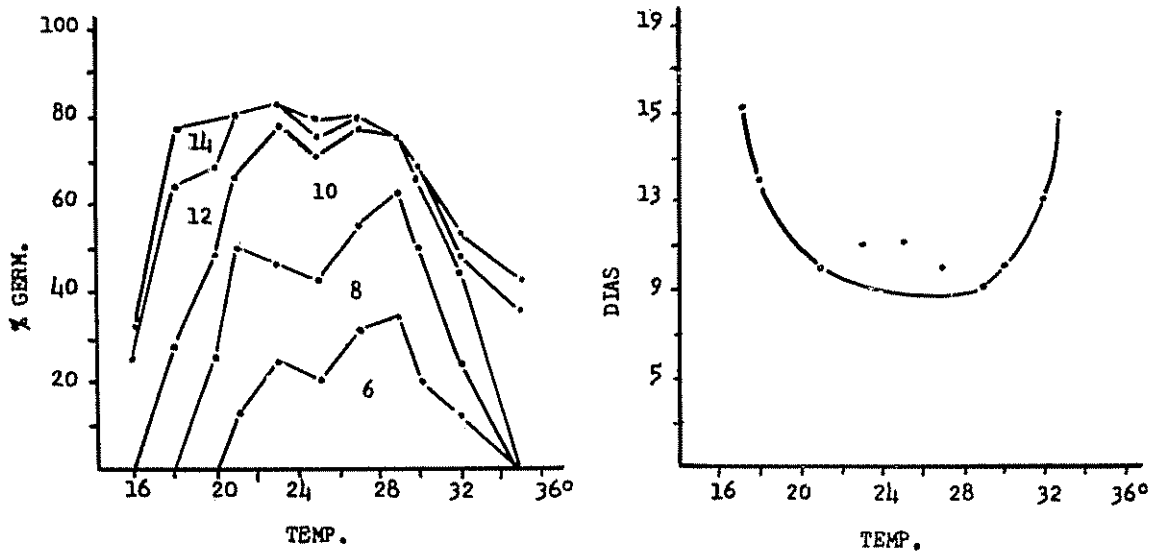


Fig 1—La gráfica de la izquierda muestra el desarrollo de la germinación a través del tiempo (en días), a lo largo del gradiente térmico. La gráfica de la derecha está trazada sobre los puntos que representan 50% de germinación en cada temperatura, a lo largo del gradiente

un trabajo previo (6). Las semillas se sembraron sobre pliegos de papel filtro humedecidos con agua destilada, en un gradiente de temperatura de 16° C a 36° C y un fotoperíodo de 12 horas.

Los experimentos de campo (Cuadro 3) se efectuaron en los terrenos de la Estación y consistieron en repartir cajas de Petri de plástico acrílico sembradas en igual forma que la antes descrita, en 8 lugares diferentes, con 3 condiciones de iluminación distintas. Cuatro grupos de 6 cajas cada uno se colocaron sobre el piso de 4 lugares de selva madura no alterada, de aproximadamente 25 m de altura media; otros dos grupos se colocaron en vegetación secundaria de 12 años y alrededor de 10 m de altura media. Los dos últimos

grupos se colocaron bajo la sombra de un techado en descubierto. Tres grupos de cajas en obscuridad se repartieron en las mismas localidades. Las semillas se mantuvieron en esas condiciones durante un mes

Otros experimentos de campo y laboratorio efectuados en diferentes condiciones de iluminación y calidad de luz están en proceso y se darán cuenta en un trabajo posterior.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se puede apreciar que las semillas de la muestra mixta son totalmente fotoblásticas re-

Cuadro 1.—Por cientos de germinación obtenidos en cámaras de cultivo con una muestra mixta de semillas.

Tratamiento	% luz	% obscuridad	Días requeridos para el máximo en luz
Temperatura constante			
26° C	80	0	12
36° C	18	0	16
Termoperíodos			
26° - 36° C	83	0	12
25° - 45° C	0	0	—
Almacenamiento			
6 meses	77	0	15
1 año	75	0	17

Cuadro 2.—Por cientos de germinación obtenidos en cámaras de cultivo a 26°, en nueve muestras individuales de semillas de cinco localidades diferentes de la Región de "Los Tuxtles".

Individuo nº	localidad	% luz	% obscuridad
1	Laguna encantada	91	0
9	Zihuapan	85	0
2	Zihuapan	98	42
3	Zihuapan	79	0
4	Catemaco	87	0
5	Los Faisanes	16	0
6	Los Faisanes	58	0
7	Basuras	90	0
8	Basuras	79	7-i

Cuadro 3.—Por cientos de germinación en luz y oscuridad obtenidos en el experimento de campo efectuado bajo tres condiciones de iluminación natural.

Características del lugar												
	Selva madur.				Selva secundaria				Sombra en descuberto			
Sitio	1	2	3	4	1	2			1	2		
% luz	4	1	1	3	5	4			82	78		
% obscuridad	0				0				0			

quiriendo de luz para la germinación, independientemente de las condiciones de temperatura y del tiempo de almacenamiento; en tanto que las muestras individuales de diferentes procedencias (Cuadro 2) pueden variar en potencialidad germinativa y en requerimientos de luz para germinar, aunque la mayoría de ellas son totalmente fotoblásticas.

Los resultados de la placa de gradiente térmico (Fig 1) muestran que la germinación es posible en un amplio ámbito de temperaturas, retardándose significativamente en el extremo frío y cálido del gradiente.

Los experimentos de campo indican que las condiciones de iluminación de las zonas forestales no alteradas, ya sean primarias o secundarias, no son favorables para la germinación, en tanto que, bajo una sombra de origen no vegetal, las semillas germinan a su máximo (Cuadro 3).

Estos resultados parecen indicar que las semillas de *C. obtusifolia*, al igual que las de otras especies que crecen en condiciones similares (7), tienden a mantenerse latentes en el suelo en tanto las condiciones de

iluminación prevaecientes son las características de una zona cubierta de vegetación y germinan rápidamente al cambiar la intensidad y fundamentalmente, la calidad de la luz que llega al suelo, al desaparecer la vegetación que lo cubre.

El efecto de la calidad de la luz difusa sobre las semillas de las especies pioneras, heliófitas, de las zonas boscosas templadas, ha sido objeto de estudios que han demostrado que la composición espectral de la luz difusa filtrada o reflejada por los tejidos fotosintéticos, es inhibidora de la germinación de muchas especies (5).

CARLOS VAZQUEZ-YANES

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA

UNIDAD IZTAPALAPA

APARTADO 55-535

MEXICO 13, D. F.

REFERENCIAS

- BLUM, K. E. Contributions toward an understanding of vegetational development in the pacific lowlands of Panama. Ph. D. Dissertation, The Florida State University, Tallahassee, 1968. 119 p.
- HLADIK, A. y HLADIK, C. M. Rapports trophiques entre vegetation et primates dans la forêt de Barro Colorado (Panama). *La Terre et La Vie* 1:29-117. 1969.
- LOT-HELIGUERAS, A. La Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas": pasado, presente y futuro. In Gómez-Pompa, A., C. Vázquez-Yanes, S. Del Amo y A. Butanda (Ed.) *Regeneración de Selvas*. México, Editorial Continental, 1976. pp. 31-69.
- OLSON, S. I. y BLUM, K. E. Notes on avian dispersal of plants in Panamá. *Ecology* 49: 565-566. 1968.
- SMITH, H. Light quality and germination: ecological implications. In W. Heydecker (ed.) *Seed Ecology*. London, Butterworths, 1972. pp. 219-231.
- VAZQUEZ-YANES, C. The use of a thermogradient bar in the study of seed germination in *Ochroma lagopus* Sw. *Turrialba* 25(2): 328-330. 1975.
- . Seed dormancy and germination in secondary vegetation tropical plants: the role of light. *Comparative Physiology and Ecology* 1 (1): 30-32. 1976.
- VAZQUEZ-YANES, C., OROZCO, A., FRANCOIS, G. y TREJO L. Some observations on seed dispersal by bats in a tropical humid region. *Biotropica* 7 (2): 73-76. 1975.

Notas y Comentarios

Publicaciones

Desarrollo y Sociedad La Universidad de los Andes, en Bogotá, ha comenzado a publicar en 1979 la revista *Desarrollo y Sociedad*, órgano del Centro de Estudios sobre Desarrollo. De periodicidad trimestral, el Director es Edgar Revéz. Los estudios que aparecen en el primer número, que tiene 168 páginas, van orientados a "enfrentar los problemas estructurales más relevantes en la sociedad colombiana y latinoamericana". Notamos en los siete artículos que contiene que esta revista sigue la tendencia que se observa en algunas revistas colombianas recientes; que se está usando el punto para separar tanto los decimales como los millares (y millones), lo que causa confusión y desdice del buen uso de las reglas del idioma que distingue a Colombia. Examinando las

notas de pie, se observa que la mayoría de los autores tiene estudios de posgrado en los Estados Unidos; esta puede ser la explicación del cambio hacia el punto decimal, que sólo es normativo, en todo el mundo, para el idioma inglés. También se nota desuniformidad en la presentación de la bibliografía en los diversos artículos. En algunos Cuadros (pp 45, 54 y en general todos los de un trabajo de F. Bourguignon) no se anotan las unidades de medida de las cifras que presentan. La dirección es: Apartado Aéreo N° 4976, Bogotá.

Publicaciones

Zoodom: Desde 1976 está circulando *Zoodom*, revista semestral, órgano de información del Parque Zoológico Nacional, de la República Dominicana. El primer número está dedicado a dar información sobre las actividades del zoológico dominicano, y presenta también artículos sobre temas zoológicos. La dirección es la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo.

Notas y Comentarios

Papas haploides resistentes a enfermedades

Las investigaciones sobre nuevas formas de mejorar la resistencia a plagas y enfermedades en la papa, que están llevándose a cabo en la Scottish Plant Breeding Station, cerca de Edinburgh, han mostrado que las plantas haploides, que poseen la mitad de los genes que las plantas normales, pueden tener más altos niveles de resistencia que las variedades normales.

Durante la selección rutinaria de haploides de papa, separándolos de progenitores normales, que eran ya sea resistentes por sí mismos o daban descendencia resistente, en el Strategic Breeding Department de la Estación, Mike de Maine ha encontrado que los haploides (con 24 cromosomas) eran más resistentes a las enfermedades en el campo que sus progenitores tetraploides (con 48 cromosomas) (*Euphytica*, Vol 27, p. 305). Los patógenos importantes involucrados eran el nematodo de la raíz de la papa (*Globadara* spp) y el *Phytophthora infestans*, que causa el tizón tardío de las hojas y tubérculos. La resistencia en el campo está gobernada por varios genes, y esta observación de haploides "superiores" fue sorprendente. Un haploide puede ciertamente ser, en el mejor de los casos, tan resistente como su único progenitor, y para que eso ocurra el haploide tendría que heredar todos los genes apropiados del tetraploide. Postulando la idea de genes recesivos para resistencia no encajaba tampoco con la evidencia disponible. Claramente, algunos factores presentes en los tetraploides inhibían la expresión de por lo menos algunos genes de resistencia. Cuando la célula se divide, los genes son reordenados, y pueden dar lugar a gametos que posean los genes de resistencia del progenitor pero no los genes inhibidores o modificadores.

Los haploides no sólo proveen un medio para concentrar genes útiles, sino también un método de descartar los deletéreos. Después de haber aislado la cantidad máxima de información genética útil en los haploides, el problema de como utilizarla es la próxima tarea.

La jojoba en Costa Rica

En una región seca de Costa Rica se ha iniciado una siembra piloto de jojoba (*Simmondsia chinensis*) con el fin de observar su comportamiento y decidir si se establece una plantación en gran escala. Según informa el diario *La Nación* de San José (19 diciembre de 1978, p. 16 C), el Ministro de Agricultura y Ganadería, Hernán Fonseca; el presidente ejecutivo del Instituto de Tierras y Colonización (ITCO), José Joaquín Muñoz Bustos; y el presidente ejecutivo de la Corporación de Desarrollo (CODESA), Richard Beck, visitaron uno de los proyectos situados en Monte Galán, provincia de Guanacaste, en el norte de Costa Rica, para observar el desarrollo de los sembríos de jojoba.

La jojoba ha despertado interés en los últimos años por el contenido de cera líquida que contienen sus semillas y que puede reemplazar la cera de cachalote, la que se hace cada año más escasa. (Cf *Turrialba* 24: 340 y 25: 219). Originaria del desierto de Sonora y de Baja California (México), se está experimentando en Israel, España, Estados Unidos y otros países con zonas áridas. Es un arbusto de mucha rusticidad, con adaptación natural para proteger su humedad interna en temperaturas de hasta 50°C, agravadas por vientos secos. Sus raíces penetran profundamente para tomar agua y minerales. Los únicos factores limitantes al desarrollo de la jojoba consisten en su poca tolerancia a las heladas y a los suelos pesados y de mal drenaje.

Una autoridad en jojoba, Wade Saleeb, de la Universidad de California, en Riverside, visitó los terrenos en los que se está estudiando la jojoba, en Monte Galán, invitado por el silvicultor Donald Zeaser, quien está a cargo de las pruebas de campo. Se mostró optimista sobre las condiciones existentes para el desarrollo de esta planta, manifestando que "se tiene en Guanacaste una situación muy singular. La poca variación de temperatura ha creado un invernadero natural en Costa Rica". Queda por conocer el efecto de la precipitación (2500 mm en Guanacaste) sobre la cantidad y calidad de aceite producido en este ambiente subtropical.

El entusiasmo actual por la jojoba lleva consigo algunos riesgos. La verdad es que todavía no hay resultados de plantaciones, y la única industria derivada de ella (en México) se basa en la recolección de los planteles naturales de Sonora y Baja California. Hay personas que afirman que pasarán muchos años (hasta 20 según algunos) antes de que se produzca la materia prima buscada, las semillas. Además, parece ser apetecida por las cabras y asnos que la ramonean, según experiencias en regiones de México.

Arroz nativos con más proteínas

Ciertas variedades nativas de arroz contienen mucho más proteínas que las variedades cultivadas más difundidas. Esta es la conclusión de A.K. Sarala y G.M. Reddy (*Theoretical and Applied Genetics* Vol. 54, p. 75) de la Universidad Osmania, Hyderabad, India, al examinar 90 variedades colectadas de tres distritos de Andhra Pradesh. Encontraron contenidos de proteína que variaban de 4,2 a 12,1 por ciento, mientras que el contenido de proteína de las variedades modernas de arroz es generalmente 7 a 8 por ciento. Algunas de las variedades locales de alta proteína tenían también granos finos altamente deseables.

También examinaron otras 124 líneas de grano fino producidas mediante el tratamiento de seis de las variedades con el nitrógeno químico sulfanato de etil metano. Sus contenidos de proteína variaban de 5,5 a 13,7 por ciento y la mayoría tenía más de 10 por ciento de proteína. Algunos mutantes tenían hasta 38 por ciento más de proteínas que la variedad testigo (sin mutar).

Casi un tercio del alimento del mundo y más de tres cuartas del consumo de proteína y calorías de Asia es suministrado por el arroz. De esta manera, los genetistas y nutricionistas están muy interesados en mejorar su contenido de proteína. Sin embargo, no sólo la mayoría de las variedades modernas son bajas en proteínas para comenzar, sino que esto es disminuido todavía más, hasta un 25 por ciento, por el pilado del arroz. En el molino, la operación consiste en descascarado y perlado; en este último proceso se eliminan del grano el germen y las capas externas, ricas en proteína. Sarala y Reddy encontraron que algunas de las variedades locales y mutantes tenían una distribución más uniforme de la proteína en todo el endosperma del grano, de tal manera que las pérdidas de proteína por el pilado podría ser reducidas a sólo 4 por ciento. Dos variedades, 'Muchulu' e 'IR-8', tenían más o menos la misma cantidad de proteína inicial, pero la variedad antigua tenía una distribución más pareja, por lo que el contenido de proteína de grano pilado fue más alto.

Ninguna variedad local sola poseía al mismo tiempo granos finos y alta proteína y distribución uniforme de proteína en todo el grano, pero, como aparentemente no hay correlaciones negativas entre estos caracteres, parece probable que podrían ser combinados por hibridación. El estudio de las líneas mutantes también muestra el potencial de este banco de germoplasma para suministrar otros genes útiles al genetista que desee mejorar el valor nutritivo de este importante cultivo.

RESEÑA DE LIBROS

HILLMAN, J. R. ed. Isolation of plant growth substances. London, Cambridge University Press, 1978. 157 p. (Seminar Series-Society for Experimental Biology 4). £ 4 50 paperback.

O título deste pequeno livro é modesto, pois se trata não sómente de isolamento de fitohormônios mas também de sua quantificação.

Dois métodos são apresentados para o isolamento e quantificação do ácido 3-indol-acético: um deles utilizando cromatografia de gás e espectrometria de massa e o outro espectrofotofluorometria. O primeiro necessita de uma aparelhagem mais cara e sofisticada e a análise também é mais demorada, envolvendo muitos passos de purificação (cromatografia de coluna e de camada delgada). Os dois artigos são bem discutidos citando uma grande quantidade de referências e apontando as vantagens e desvantagens dos referidos métodos.

Dois artigos também foram dedicados a determinação de giberelinas. O primeiro trata de separação final e quantificação por (HPLC) cromatografia líquida de alta pressão, dando inclusive detalhes da pré-purificação. O segundo artigo, sua fase final é por cromatografia de gás e espectrometria de massa. Ambos os métodos separam as várias giberelinas encontradas em tecido vegetal.

Métodos analíticos para a determinação de citokininas é enfocado por HORGAN, onde é descrito desde a extração, purificação em coluna de troca iônica, partição de solventes até a separação final em coluna Sephadex LH-20, cromatografia de papel e camada delgada, assim como HPLC e cromatografia de gás.

Os dois últimos artigos descrevem técnicas de identificação, e análise quantitativa de ácido abscísico e do etileno. Vários métodos físicos e químicos são descritos para a identificação são enfocados. Uma boa discussão e uma útil conclusão é apresentada. Sobre o artigo do etileno, ensaios biológicos e determinações em cromatógrafo de gás são tratados com detalhes, inclusive o uso de diferentes colunas. Extração e concentração de etileno também são mencionados.

Em síntese, este é um livrinho que todo fisiologista vegetal e bioquímico de plantas deve adquirir.

HENRIQUE V. AMORIM
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA
"LUIZ DE QUEIROZ"
UNIVERSIDADE DE SAO PAULO
CAIXA POSTAL 9
13 400 PIRACICABA, S. P.
BRASIL

COLLIE, M.J. ed. Geothermal energy; recent developments. Park Ridge, N.J. Noyes Data, 1978. 445 p. (Energy Technology Review Nº 32) US \$ 36

El aprovechamiento de la energía geotérmica no es fácil; sin embargo su aprovechamiento hace progresos permanentes a nivel mundial. Con todo, la tecnología de este campo es muy insuficiente todavía. Las regiones volcánicas en Latinoamérica permiten explotaciones y suplir así energía a la región.

El volumen no tiene un índice pero su tabla de contenido es muy detallada, de 8 páginas, y así sustituye también al índice.

En el primer capítulo, el cual es muy completo, se discute la importancia de la energía geotérmica ya en uso de 11 países, de éstos 5 americanos, y sus efectos sobre el medio ambiente. Se discute el impacto bastante reducido de esta forma de producción de energía sobre el ambiente. Se indica que la explotación no influye en la agricultura que la podría rodear, como lo demuestran más de 60 años de experiencia en Italia. Se analiza en este capítulo el efecto de la explotación geotérmica sobre suelos, recursos hidráulicos, ruido, calidad de aire, polución termal y efectos sobre la vida silvestre, terrestre o acuática.

En el segundo capítulo se analiza el desarrollo de la explotación geotérmica en los diferentes países. Se estudia aquí el desarrollo del uso de diferentes campos y de las diferentes técnicas de explotación geotérmica y de perforación.

Considerando el alto grado de desarrollo de este uso de energía, se dedica el tercer capítulo al desarrollo de la técnica en California. En este capítulo se analizan los planes de desarrollo subregionales para cuatro áreas californianas. Se analizan además los detalles de la tecnología usada en estos sitios.

En el cuarto capítulo se estudian los sistemas propuestos para explotar los recursos geotérmicos conocidos como el Lago de Salton, caracterizado por alta temperatura y salinidad. Se consideran tanto los aspectos de producción de energía como el aprovechamiento de los productos químicos en los líquidos.

El quinto capítulo se dedica al análisis de tres sitios concretos, uno en el Valle Imperial en California, otro en el Valle de Caldera de Nuevo México y el tercero en Idaho. Se analizan con detalle tanto los aspectos técnicos como los aspectos económicos del desarrollo de estos sitios de producción de energía geotérmica.

El sexto capítulo, también bastante completo, analiza estudios sobre los materiales que se usan en estas

plantas y métodos para evitar la formación de costras de las diferentes sustancias disueltas. Se analizan estos problemas usando datos de diferentes sitios y con énfasis especial en los problemas de corrosión.

En el breve capítulo séptimo se estudian los recursos geotérmicos de temperatura moderada y de baja salinidad del río Raft. Se analizan aquí tanto los resultados experimentales como los estudios teóricos.

El octavo capítulo analiza el potencial de producción eléctrica de fuentes hidrotermales y sus costos. Se observa que plantas geotermales en condiciones adecuadas pueden competir económicamente con plantas nucleares o que usan combustibles tradicionales. Para recursos geotermales menos favorables se requiere un abaratamiento de la tecnología por 10 a 33 por ciento. Evidentemente, el costo continuamente ascendente de los combustibles fósiles hace permanentemente más y más atractiva la explotación geotermal.

El potencial para usos no eléctricos de la energía geotermal para los EEUU es explorado en el noveno capítulo. Se considera especialmente esta energía para calefacción industrial y de áreas residenciales. Aunque estas aplicaciones no son importantes en las Américas, en unos seis diferentes países, más de 100.000 casas tienen calefacción geotermal, demostrando la aplicabilidad del sistema.

En el breve capítulo décimo se estudia el concepto llamado "subterrene" una nueva técnica de perforaciones subterráneas y sus diferentes aplicaciones incluso para abrir fuentes geotermales.

En el undécimo capítulo se estudia el potencial de aprovechamiento de las rocas secas y calientes comúnmente encontradas en perforaciones petroleras sin éxito. Parece que existe la suficiente tecnología para aprovechar la energía de estas condiciones.

El último capítulo describe los procesos cuyas patentes poseen empresas privadas en el campo geotérmico. Se describen los procesos en diferentes campos de problemas que afectan la tecnología de la producción de energía geotermal.

En general, se trata de un manual muy interesante tanto para geólogos como para ingenieros especializados en producción de energía que ilustra muchos caminos nuevos y probablemente útiles en condiciones de Latinoamérica.

ELEMER BORNEMISZA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
CIUDAD UNIVERSITARIA
SAN JOSE, COSTA RICA

RUSSELL, J.S. y GREACEN, E.L. eds. Soil factors in crop production in a semiarid environment. St Lucia, University of Queensland Press, 1977. 327 p.

Latinoamérica posee grandes extensiones de tierras semi-áridas con un potencial de producción muy superior a su rendimiento actual. Mucho de la agricultura y ganadería de Australia se realiza en condiciones similares, lo que indujo a los científicos agrícolas de

aquel continente a realizar investigaciones amplias sobre los más diversos aspectos de ciencias agrícolas en estas condiciones.

Veinte de los más distinguidos especialistas australianos en este campo han unido sus esfuerzos para presentar el conocimiento actual en su continente. La información se presenta en tres divisiones grandes. En la primera de ellas, se discuten en seis capítulos las propiedades de suelos semi-áridos en Australia. En los capítulos individuales se estudian las propiedades morfológicas, su relación al climax con su productividad. En los capítulos relacionados con propiedades químicas se analiza la mineralogía de arcilla, las propiedades de química inorgánica y las propiedades bioquímicas, con énfasis especial en el metabolismo del carbono y nitrógeno.

La segunda división presenta modelos y procesos de interacción suelo planta. De los tres capítulos que forman esta subdivisión, el primero se dedica al paso del agua del suelo a plantas, el segundo a la nutrición de plantas y el tercero a procesos de crecimiento vegetal.

La tercera división estudia en cuatro capítulos el manejo y uso de los suelos semi-áridos de Australia. Aquí los capítulos individuales se dedican a prácticas de cultivo, a abonamiento, a prácticas de rotación de cultivos y a problemas de formación y recuperación de suelos salinos. Un buen índice final permite encontrar lo buscado.

La obra presenta mucha información nueva y valiosa poco conocida en las Américas. Otros méritos de los trabajos son sus enfoques modernos y prácticos que hacen muy recomendable su estudio por todos los interesados en investigación de suelos o producción agrícola en condiciones de falta de agua.

ELEMER BORNEMISZA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
CIUDAD UNIVERSITARIA
SAN JOSE, COSTA RICA

KRANZ, J., SCHMUTTERER, H., y KOCK, W. eds. Diseases, pests and weeds in tropical crops. Chichester, Wiley, 1978. 666 p. US\$ 61,00.

Este es un libro singular por varias razones. Reune en un solo volumen las enfermedades, plagas y malezas de cultivos tropicales. Los editores, de las Universidades Justus-Liebig y Hohenheim, de Alemania Occidental, han recurrido a la colaboración de 152 especialistas de todo el mundo que han contribuido con trabajos sobre su especialidad. La obra fue preparada atendiendo una recomendación del personal técnico de la Agencia Alemana de Cooperación Técnica que trabaja en países tropicales y fue auspiciada y financiada por el Ministerio Federal de Cooperación Económica en Bonn. Tiene una gran cantidad de láminas en colores (64 en total) casi todas con unas cuatro fotos en colores; además de 238 figuras en blanco y negro, en su mayoría dibujos.

El resultado es una obra básica de consulta para quienes trabajan en protección de cultivos del trópico, sea extensionistas, agrónomos u horticultores. Es lógico que al experto en una enfermedad o plaga determinada va a encontrar el tratamiento no muy profundo, pero hay que reconocer que el libro no ha sido escrito para él. Los especialistas, sin embargo, pueden beneficiarse de la información amplia que se ha recogido y reunido en este volumen.

El énfasis es en síntomas, biología, ecología y control de agentes dañinos a los cultivos, antes que en principios de micología, entomología o botánica. El enfoque ha sido seleccionar ejemplos representativos de las más importantes enfermedades, plagas y malezas y tratar cada una en forma concisa, y hacer después una breve referencia a organismos relacionados. Así, el tipo del picudo del algodón es el *Anthonomus grandis*, pero se menciona al *A. vestitus*, del Perú; *Leucoptera coffeella* se describe bien, pero se mencionan otras especies de minadores de las hojas del café en África Occidental y en África Central. Esto no es posible en hongos, entre los que hay más especificidad: cada *Phytophthora*, por ejemplo, debe ser tratada separadamente. Esto ha obligado a los editores a decidir los organismos por incluir. Obviamente se han incluido la mayoría de los polívoros y los agentes dañinos ampliamente distribuidos. En los casos de los organismos dañinos que tienen un ámbito más limitado de hospedantes y de distribución, la selección ha sido menos fácil y ha dependido a veces de encontrar al especialista que escribiese sobre ellos.

El orden de presentación sigue una línea taxonómica. Las enfermedades comienzan con los virus y viroides, y siguen con los micoplasmas, las bacterias, y los hongos, estos últimos divididos en dos taxones que tienen parásitos. Las plagas se inician con los nematodos y ácaros, antes de tratar de los insectos, agrupados por órdenes, y de terminar con las aves, donde sólo se describe la temible quelea, afortunadamente circunscrita a la sabana africana, y con los mamíferos, principalmente las ratas y ratones. Las malezas se tratan por orden alfabético de familias.

Una docena de los 152 colaboradores del libro son latinoamericanos, aunque podríamos esperar un mayor número en vista de que esta región ocupa parte prominente en la agricultura tropical. Su presencia no está bien distribuida en las tres partes del libro. La fitopatología está bien representada. Marly Vicente y C.M. Chagas, del Brasil, se ocupan de los virus del tomate; Guillermo Gálvez, de Colombia, trata del virus de la hoja blanca del arroz; José Adswar, de Puerto Rico, de los virus de la papaya. En el capítulo de las bacterias, Segundo Dongo, del Perú, trata del tizón del halo del frijol (*Pseudomonas phaseolicola*) y del tizón común del frijol (*Xanthomonas phaseoli*). En los capítulos sobre hongos, vemos a Eugenio Schieber, de Guatemala, que se ocupa del cáncer del cacao (*Ceratocystis fimbriata*), del ojo de gallo del café (*Mycena citricolor*), y de las royas del maíz; y a Enrique Ampuero, del Ecuador, sobre la *Monilia* y la escoba de brujas (*Crimipellis perniciosus*), ambas del cacao.

En las plagas, sólo se encuentra a J.R. Quezada, de El Salvador, con una contribución sobre la mosca prieta de los cítricos (*Alemocanthus woglumii*). Por último, en las malezas, el campo parece dominado por latinoamericanos. La mayor parte de las contribuciones, y todas las figuras también, provienen de San Cristóbal, República Dominicana: los autores son R. Hansen del Orbe, quien ha dibujado (con D. Hernández) las figuras de las malas hierbas, y G. Jürgens. Otras malezas son descritas por C.E. Reyes y E. Radatz, de Palmira, Colombia.

Notamos que en la parte de enfermedades (editada por Kranz, las figuras no tienen leyenda. La parte de plagas, editada por Schmutterer y de malezas (Koch) si las tienen. En las listas de libros sobre plagas y enfermedades del trópico, no figuran las listas publicadas por latinoamericanos, y que están registradas en el libro de F.L. Wellman, "Tropical American Plant Diseases" (cf. *Turrialba* 28:6. 1978). Es dudosa la afirmación de T.F. Watson, de Arizona, de que *Pectinophora gossypiella* probablemente ocurre en todos los países en que se cultiva algodón (p. 426), cuando hay varios países de América que mantienen cuarentena contra este gusano rosado.

En general, es una obra de consulta buena, que puede usarse también como texto. Aunque en el libro no se dice esto, el Profesor Fankhänel, de Leipzig, afirma en una reseña de la obra en una revista alemana de agricultura tropical (*Beitrag Trop. Landwirtschaft. Veterinärmed.*), que se va a publicar también en francés y castellano. Esperamos que esto sea cierto para satisfacción de los técnicos de nuestra región.

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

HALLE, F., OLDEMAN, R.A.A., y TOMLINSON, P.B. *Tropical trees and forests; an architectural analysis* (Árboles y bosques tropicales; un análisis arquitectónico) Berlín, Springer, 1978. XVII + 441 p.

En 1970, Hallé y Oldeman publicaron su admirable "Essai sur l'architecture et la dynamique de croissance des arbres tropicaux" (Paris, Masson et Co) que abrió el camino a una rama nueva de la comprensión de árboles tropicales. El presente libro, mucho más completo y actualizado ya que cubre también los bosques, tiene amplias aplicaciones teóricas y prácticas en las ramas de evolución, fisiología vegetal, ecología en general y repercusiones importantes en la dendrología (y botánica sistemática), la silvicultura y el manejo en general de bosques tropicales. Se recalca que cada especie tiene como parte de su programación genética una forma innata o hábito de crecer y ramificar, su "arquitectura" la que desde luego puede ser modificada por el ambiente físico y biótico, siendo

esto en general más evidente en la fase juvenil. Tal arquitectura, que siempre debe examinarse como un proceso dinámico, se presta al análisis a través del diseño de modelos arquitectónicos dentro de los cuales es posible agrupar las numerosas especies forestales. Asimismo, es posible describir gráficamente las modificaciones y adaptaciones originadas por factores ambientales, lo que constituye la "estrategia" del árbol frente a factores no genéticos y que varía de especie a especie.

El libro introduce al lector a estos modelos y sus adaptaciones usando el ejemplo de los bosques tropicales húmedos con comparaciones ocasionales con zonas tropicales decíduas o regiones templadas. Se basa en trabajos originales y una revisión cuidadosa de la literatura con unas 600 referencias.

En la introducción se discute la definición de lo que es un árbol, usando un criterio ecológico y muy amplio que incluye bambúes, bananos, palmas y aún estranguladores (como *Ficus*) una vez que el hospedante murió. También hay una discusión sobre la importancia de los trópicos para el estudio de aspectos botánicos, con una crítica repetida a través de otras secciones del libro que es *aquí donde deben buscarse explicaciones generales y no explicar discrepancias con lo que se sabe de la zona templada*. Así en la página 12 los autores preconizan que uno no debe preguntar ¿"Por qué es que los árboles tropicales tienen tan predominantemente las hojas enteras?", sino ¿"Qué factores determinan la alta incidencia de hojas con bordes no enteros en los árboles de la zona templada?"

Los elementos que componen la arquitectura del árbol desde la semilla que germina hasta el sistema radicular de los árboles adultos, son discutidos en detalle para angiospermas y gimnospermas con especial énfasis en las diversas características de la ramificación. Sigue un largo capítulo sobre la arquitectura de los árboles según los caracteres genéticos inherentes y su representación gráfica idealizada a través de modelos. Esto constituye el grueso del libro y para quien no está familiarizado con el concepto de arquitectura, es la parte básica e indispensable para entender el resto. No solamente se describen modelos para árboles actuales, sino se discuten hábitos de crecimiento de bejucos, hierbas y árboles fósiles. Sigue una parte original titulada arquitectura oportunística de los árboles que muestra como éstos reaccionan frente a diversos factores ambientales como por ejemplo daños al tronco, o desarrollo fuera del bosque. Una importante discusión versa sobre el ajuste a la energía disponible con implicaciones respecto a eficiencia y economía de energía. Aquí entran en juego la relación altura-diámetro, el proceso de la "rejuvenación" en las coronas, los ajustes en volumen y superficie y la relación entre producción y energía. Hay importantes implicaciones sobre tamaño, el concepto de vigor, la muerte y las estrategias que siguen los árboles en diferentes circunstancias.

El último capítulo discute la arquitectura del bosque en contraste con los árboles individuales. Sobre estratificación los autores concluyen (p. 333) que *"no hay estratos en el bosque sino subdivisiones de la po-*

blación total", aún cuando se aceptan excepciones en fases tempranas de la sucesión (p. 335). También se explican variaciones en la estructura debido a pendiente, efectos adyacentes de ríos y las configuraciones de bosques con *Ficus* estranguladores. Se hace énfasis en el fuerte dinamismo característico del bosque tropical húmedo, donde continuamente caen árboles y se forman claros iniciándose la sucesión con sus características peculiares.

El libro concluye con un glosario muy completo, de aproximadamente 600 referencias con mención de las páginas donde aparece cada autor citado, un extenso índice de nombres científicos de plantas y sus modelos y un excelente índice de materias.

El libro está admirablemente ilustrado con figuras y fotos. Como única crítica (quizás injustificada), la foto de la página 201 no parece ser *Coffea arabica* sino *C. robusta*.

El material cubierto es enorme aun cuando uno se da cuenta que el tema se presta para investigaciones mucho más completas. Quizás uno pueda preguntarse cómo reaccionan los modelos frente a ciertos factores como la elevación en los trópicos o las lluvias mucho más abundantes que las que corresponden a las parcelas examinadas. Pero todo esto, y mucho más, queda por hacer como lo insinúan modestamente los autores en sus conclusiones. En todo caso les debemos nuestra gratitud por habernos iniciado a entender la arquitectura de árboles y bosques como instrumento para comprender mejor los bosques tropicales húmedos con miras a su uso para la ciencia, la educación y su posible producción.

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

BEEK, K J. Land evaluation for agricultural development. Wageningen, The Netherlands International Institute for Land Reclamation and Improvement Publication 23. 1978. 333 p.

El libro está conformado por cinco capítulos. El primero define lo que es evaluación de la tierra; el segundo presenta conceptos teóricos de los tipos de uso de la tierra; el tercero comprende los requerimientos y cualidades de la tierra; el cuarto incluye métodos de evaluación de tierras en América Latina y el quinto información de análisis de sistemas de uso de la tierra.

En términos generales, el texto representa una excelente obra de consulta. Incluye información dispersa, actualizada y de difícil acceso en forma ordenada, además de presentar comentarios positivos de la misma. Quizás es un tanto repetitivo en cuanto a la explicación de conceptos básicos como el LU (unidad de tierra), el LUT (tipo de uso de la tierra) y el LUS (sistema de uso de la tierra).

La inclusión de los sistemas de evaluación de tierras de Venezuela, Nicaragua, México, Brasil y Chile, es lo que hace del libro interesante para los latinoamericanos. A pesar de lo bien explicado de los sistemas, los conceptos que permiten analizar el problema de las tierras de montaña en el área, en especial de suelos derivados de cenizas volcánicas, no se mencionan.

El libro es recomendable para aquellos que trabajan en programas de planificación de recursos y aquellos que efectúen estudios de suelos. Los estudiantes de postgrado en cursos de manejo de suelos encontrarán en la obra un excelente trabajo teórico y bibliográfico.

ALFREDO ALVARADO H
FACULAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

SANTO DOMINGO. CENTRO NACIONAL DE DOCUMENTACION AGROPECUARIA. Índice de tesis agrícolas de la República Dominicana, 1968-1978. Santo Domingo, Secretaría de Estado de Agricultura, 1979. 76 p. (Documentación e información Agrícola N° 1).

Este librito reúne los títulos de 202 tesis de grado que tratan de agricultura dominicana y que han sido presentados en tres universidades de la República Dominicana. Comprende de Escuelas de Agronomía, de Medicina Veterinaria y de Administración de Empresas. La mayor parte proceden de la Universidad Autónoma de Santo Domingo y de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña; una pequeña cantidad del Instituto Superior de Agricultura de la Universidad Católica Madre y Maestra. Al parecer, representa el total de las tesis sobre agricultura hechas en las tres universidades, ya que los primeros grados de agronomía se otorgaron en 1968. Tiene índice de materias y de autores. La clasificación de materias de la tabla de contenido sigue el sistema del AGRIS.

BARREIRA, E. A. Fundamentos de edafología para la agricultura. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1978. 154 p.

Los libros de texto deben caracterizarse por presentar los principios elementales de la ciencia que tratan en forma clara y concisa. En el hemisferio norte existen libros clásicos en ese sentido desde hace muchos años; sin embargo, en otras latitudes estos son escasos. El presente es otro ensayo más por producir un texto en español para satisfacer la demanda de un público cada día más abundante y exigente que trata de comprender la ciencia del suelo.

Desafortunadamente, la bibliografía que se incluye, principalmente libros, no satisface las necesidades de los profesionales que laboran en los trópicos. Se comete así, el mismo error que en libros anteriores a 1970 acusaban los textos provenientes del hemisferio norte.

Editorialmente, el libro contiene fallas. Bordes sin refilar, mal empastado, con figuras que no se mencionan en el texto y referencias que tampoco se mencionan, el lector tiende a subutilizar lo que de otra forma pudo haber sido de mayor uso.

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

HACKMAN, E. E. III Toxic organic chemicals; destruction and waste treatment 1978. Park Ridge, N.J., Noyes Data Corp 1978. 317 p. US\$ 42 net. (Pollution Technology Review N° 40, Chemical Technology Review N° 107)

En un mundo donde la industria química contribuye cada día más al desarrollo de la vida cotidiana se hace también permanentemente más importante el manejo adecuado de los residuos de esta industria. Una parte importante de estos residuos son de naturaleza orgánica y al manejo adecuado de algunos de los grupos más importantes de este tipo de compuestos, se dedicó la obra que se comenta. En general se escogieron los compuestos más tóxicos y más difíciles de degradación para discutirlos. Se estima que el volumen es útil para los encargados del control de producción, de los residuos, de la seguridad de las empresas y de sus planificadores, dentro del ámbito industrial. Será útil el volumen también para los encargados del control ambiental a nivel local o regional y en general para el personal gubernamental que maneja el control ambiental.

El volumen tiene dos partes. La primera parte, ligeramente más corta, estudia los aspectos generales de la contaminación con productos orgánicos tóxicos y sugiere en dos capítulos, métodos comúnmente aplicables para la destrucción, separación y manejo de estos residuos venenosos.

La segunda parte, que tiene siete capítulos, dedica seis de ellos a estudiar industrias de gran importancia en producir residuos tóxicos. Entre estos se estudia con bastante detalle la producción de plaguicidas, la manufactura de textiles, de polímeros y plásticos, el refinamiento del petróleo y la conversión del contrato. Al ser la mayor parte de estos productos de apreciable importancia de Latinoamérica, se sugiere el estudio del presente volumen tanto por los colaboradores de la industria para que den el manejo más adecuado a sus

productos, como a los colaboradores de las agencias gubernamentales de control para que establezcan las medidas de protección necesarias para la salud de la población vecina a estas empresas.

Solamente con bastante competencia técnica y un cuidado grande será posible a proteger el público en general y a los obreros de estas empresas a la par de poder producir eficientemente y en una forma que permitan poner al servicio de los usuarios los productos necesarios.

Se estima que el estudio de este volumen y de otros similares contribuirá a esta meta.

ELEMER BORNEMISZA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
CIUDAD UNIVERSITARIA
SAN JOSE, COSTA RICA

ONWUEME, I. C. The tropical tuber crops; yams, cassava, sweet potato, cocoyams. Chichester, England, Wiley, 1978. 234p. US\$ 25 50.

La producción de tubérculos y raíces tropicales, a pesar de su importancia económica y nutricional, está en muchos aspectos ligada a prácticas agronómicas tradicionales. El libro del Prof. Onwueme tiene por objetivo principal informar sobre algo más allá de la agricultura que se practica actualmente en esos cultivos, discutiendo nuevos descubrimientos o aplicaciones que tiendan a mejorar la producción. Porque los tubérculos y raíces tropicales, particularmente los ñames, como lo muestra el autor, se enfrentan a un futuro difícil. O se modernizan los métodos de producción, protección y manejo del producto cosechado, o su cultivo será desplazado por otros de mayor rendimiento o de producción más fácil.

El libro se divide en secciones, A, ñames; B, yuca; C, camote; D, *Colocasia* y *Xanthosoma*. Las secciones en capítulos y éstos en párrafos numerados. Así el Capítulo 14, enfermedades y plagas de la yuca, se divide en 14.1 enfermedades virósicas; 14.2 enfermedades bacterianas; 14.3 enfermedades fungosas; 14.4 insectos y ácaros; 14.5 otras enfermedades. Al final de cada capítulo hay una lista de referencias. Este arreglo sistemático hace fácil la lectura y la consulta de las referencias. Las listas de éstas cubren bien las publicaciones hechas en inglés, especialmente en África Occidental y las Antillas, pero son muy pobres en publicaciones latinoamericanas o de Asia y Oceanía.

Los ñames (*Dioscorea*) (Sección A) reciben más atención que las otras especies. En su tratamiento se combinan las características botánicas, como su origen y clasificación (Capítulo 1), la estructura de la planta (Capítulo 2) y del tubérculo (Capítulo 3), con los aspectos agronómicos: métodos de propagación (Capítulo 4), incluyendo las formas tradicionales y modernas de siembra (Capítulo 5), manejo en el campo (Capítulo 6), cosecha y almacenamiento (Capítulo 7), enfermedades y plagas (Capítulo 8), utilización e importancia económica (Capítulo 9) y problemas actuales y posibilidades futuras (Capítulo 10). A pesar de que el autor no menciona algunos de los trabajos más recientes en estas especies, como los que se han publicado en Puerto Rico, puede considerarse que el enfoque general, lo conciso y sustancial de la información y la valoración de los métodos actuales de producción y su mejoramiento a base de los conocimientos más modernos, son un tratamiento ejemplar del asunto.

La Sección B, sobre yuca, incluye capítulos sobre su botánica (Capítulo 11); métodos de siembra (Capítulo 12), operaciones de campo (Capítulo 13), mejoramiento e importancia económica (Capítulo 16). La información contenida en estos capítulos proviene casi totalmente de trabajos experimentales hechos en África. Es muy poco lo que se informa de América Latina; no se discuten, por ejemplo, las posibilidades de usar la yuca como fuente de alcohol para combustible.

El camote (Sección C) recibe un tratamiento aún más comprimido. El Capítulo 17 incluye origen, clasificación, genética y botánica; el 18, cultivo, recolección y almacenamiento, el Capítulo 19, enfermedades y plagas, el Capítulo 20 utilización, importancia económica y posibilidades futuras. Es de notar que el autor considera que los camotes son tubérculos y no raíces, como lo aceptan la mayoría de los especialistas.

La Sección C trata *Colocasia* y *Xanthosoma*. El Capítulo 21 incluye origen, clasificación y botánica, el Capítulo 22, cultivo; Capítulo 23 recolección, almacenamiento, enfermedades y plagas.

A pesar de que el libro del Dr. Onwueme está dirigido a África Occidental, su valor como fuente de información, la manera de enfocar los cultivos desde el conocimiento básico de su estructura y ciclo de vida hasta su potencial futuro, hacen de esta publicación una fuente indispensable de consulta en las bibliotecas agrícolas de América Latina.

JORGE LEON
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE
INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE)
TURRIALBA, COSTA RICA