

# TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 26

TRIMESTRE ABRIL-JUNIO 1976

NUMERO 2

CODEN: TURRAB 26(2)107-215

<i>Notas y comentarios</i>	109
<i>Ensayos de pinos mexicanos en Hawaii (en español)</i> , Craig D. Whitesell, Russell K. LeBarron	115
<i>Selectividad contra las malezas de herbicidas de ácido fenoxiacético aplicados en asocio con un fertilizante líquido (en inglés)</i> , Z. Hussain	121
<i>Criterios de selección para mejorar el rendimiento de grano en frijol (Phaseolus vulgaris L.) (en español)</i> , C. V. Paniagua, A. M. Pinchinat	126
<i>Correlación entre los niveles de ácido hidrocianhídrico en la hoja y la raíz de la yuca (Manihot esculenta Crantz) (en inglés)</i> , C. C. Moh	132
<i>Forma y tamaño de las almendras del cacao (en inglés)</i> , B. N. Ghosh	134
<i>Rendimiento energético de un cultivo de caña de azúcar (en español)</i> , C. Varlet Grancher, Raymond Bonhomme, P. Leal Castaneda	139
<i>Mejoramiento de pasturas por sembrío directo de arena con nitrógeno suministrado por fertilizante o trébol de hoja de flecha (en inglés)</i> , J. M. Scholl, José F. P. Lobato, Ismar Barreto	144
<i>Dinámica del fósforo en el suelo después de cinco fertilizaciones consecutivas (en español)</i> , Joaquín Gamboa J., Mario Blasco L.	150
<i>Distribución e interacciones de las raíces superficiales de Castilla elástica (Moraceae) en las partes bajas de Costa Rica (en inglés)</i> , S. T. A. Pickett	156
<i>Los virus del frijol en Centroamérica IV Algunas propiedades y transmisión por insectos crisomélidos del virus del moteado amarillo del frijol (en español)</i> , Rodrigo Gámez	160
<i>El efecto de MCPP sobre aspectos del metabolismo de plántulas de 17 días de Theobroma cacao, variedad F<sub>2</sub> Amazon (en inglés)</i> , M. O. Olof aboba, M. O. Fawole	167
<i>Absorción y translocación de fósforo en tallos defoliados de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) (en español)</i> , Máximo E. Resnik, Horacio Martínez, Susana G. de Palomar, Eduardo Zeman	174
<i>Pérdidas de bioelementos al talar un bosque lluvioso tropical (en inglés)</i> , G. de las Salas, H. Fölster	179
<i>Relación entre el balance hídrico y la población de Radopholus similis (Cobb) Thorne en la zona bananera de Guápiles, Costa Rica (en español)</i> , Ramiro Jaramillo C., Adrián Figueroa	187
<i>Química del café verde brasileño y la calidad de la bebida. VII Carbonilos totales, actividad de la polifenol oxidasa, e hidroperóxidos (en inglés)</i> , V. A. Amorim, M. G. Legendre, Vera L. Amorim, A. J. St. Angelo, R. L. Ory	193
<i>Estudios sobre el cultivo de la yuca en Costa Rica. I. Extracción de nutrientes del suelo (en español)</i> , Nils Solórzano, Elemer Bornemisza	196
<i>Acrocarpus fraxinifolius Wight, especie de rápido crecimiento inicial, buena forma y madera de usos múltiples (en español)</i> , J. I. Whitmore, A. Otárola T.	201
<i>Comunicaciones</i>	
<i>Purificación del virus del mosaico dorado del frijol transmitido por la mosca blanca (en inglés)</i> , Guillermo Gálvez E., Mauricio Castaño J.	205
<i>Eficiencia de la intercepción de luz en sorgos de distintos tamaños (en inglés)</i> , G. Raghunatha, M. K. Jagannath	208
<i>Caracterización numérica del desarrollo de la planta de frijol (Phaseolus vulgaris L.) (en inglés)</i> , Ariel Azael	209
<i>Reseña de libros</i>	211



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

San José, Costa Rica

CR ISSN 0041 - 4360

## Notas y Comentarios

*En esta sección se publican notas de interés técnico sobre conferencias internacionales, programas de investigación, extensión y educación, nombramiento de personal directivo, organización de nuevas instituciones, distinciones honoríficas a hombres de ciencia, nuevas revistas, misiones y exploraciones y sobre otros asuntos relacionados con las ciencias agrícolas en las Américas. Informaciones que sirvan de base para noticias de interés general pueden remitirse a ADALBERTO GORBITZ, Editor de la Revista.*

### *Mayor difusión de la literatura agrícola latinoamericana*

Uno de los problemas que preocupan a los que laboran por mejorar la posición de América Latina en el mundo científico es la gran proporción de documentos relacionados con las ciencias agrícolas que tienen una circulación muy restringida, casi nula. Parece que tanto autores como organismos agrícolas no hacen uso de las oportunidades que les brindan los servicios de documentación internacionales para hacer conocer sus trabajos en el mundo entero y se contentan con una distribución local, a veces sólo a reparticiones públicas y a ciertos colegas.

Como nuestros lectores habrán sido ya informados, para difundir la literatura agrícola latinoamericana existe el Sistema Interamericano de Información para las Ciencias Agrícolas (AGRINTER), auspiciado por el IICA por intermedio de su Centro Interamericano de Documentación e Información Agrícola (CIDIA). Este sistema publica el *Índice Agrícola de América Latina y el Caribe*, revista bibliográfica trimestral, que da información sobre artículos de revistas, libros, informes técnicos, folletos, tesis, mapas, normas, trabajos de conferencias y reuniones, publicados en la región. Este índice sirve de fuente para otros sistemas de documentación más amplios que trasladan esa información a las corrientes mundiales por la que discurre la información científica.

Con este sistema se está haciendo mucho para difundir la producción latinoamericana en el resto del mundo. Pero falta todavía mucho por hacer. Hay una especie de ley de rendimientos decrecientes cuando se intenta hacer más completa esa tarea y obtener documentos de instituciones de lugares aislados o de pocos recursos. Por eso, nos permitimos urgir a nuestros lectores a que envíen sus publicaciones relacionadas con agricultura, de cualquier índole o tamaño, al IICA-CIDIA, Turrialba, Costa Rica. También les pedimos que a su vez procuren que colegas o instituciones que no tengan conocimiento del AGRINTER, remitan también sus publicaciones.

### *Centro Latinoamericano de Sistemas de Alimentación*

La Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA) acordó, en su reunión de Maracay, Venezuela, en diciembre de 1975, iniciar un proyecto denominado "Centro Latinoamericano de Sistemas de Alimentación". A propuesta del Dr. C. F. Chicco, presidente de ALPA, se nombró como jefe del proyecto al Dr. Hernán Fonseca, Director de la Facultad de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica.

La labor del centro estará dirigida a desarrollar sistemas de alimentación del ganado aplicable a las regiones tropicales

y templadas de la América Latina para aumentar la producción de carne, leche y fibras. También generará datos químicos y biológicos sobre los alimentos usados en esas regiones, y estudiará los métodos de aumentar la producción de piensos proteicos. Participará en la red internacional de centros de información sobre alimentos.

Un comité nombrado en la reunión se congregó en Maracay y propuso la celebración de un seminario en San José, Costa Rica, en enero de 1977 con los siguientes propósitos: 1) evaluar los sistemas de alimentación actualmente usados en América Latina; 2) identificar las instituciones que pueden realizar las investigaciones necesarias para cubrir las brechas en el conocimiento de sistemas de alimentación; 3) identificar los individuos e instituciones que pueden suministrar datos sobre composición de alimentos en América Latina.

El comité tendrá otra reunión en julio de 1976 durante un Simposio Internacional en la Universidad de Utah, en Logan, y le dará forma definitiva al programa del seminario de San José. Mayores informaciones se pueden solicitar a Hernán Fonseca, Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria, Costa Rica.

### *Premio Nobel 1975 de Medicina y Biología*

El premio Nobel de Medicina y Biología de 1975 fue acordado a Howard Temin, David Baltimore y Renato Dulbecco por sus descubrimientos sobre la interacción entre los virus y el material genético de la célula.

En los últimos cinco años ha habido una notable revolución en la virología de los tumores, centrada particularmente en los virus RNA. Ahora es claro que una vez que un virus RNA ha entrado en una célula hace una copia DNA de sí mismo que es entonces colocado entre los genes de la célula hospedante, y adquiere así una residencia permanente. Esta intimidad extrema entre el virus y la célula infectada tiene implicaciones importantes para la evolución de los virus y la forma como inducen malignidad.

Los investigadores de Estados Unidos Temin y Baltimore suministraron el principal ímpetu a la revolución a mediados de 1970 cuando anunciaron separadamente su descubrimiento de la transcriptasa reversa, la enzima que permite a un virus RNA fabricar una copia DNA de sí mismo. Ambos habían predicho la existencia de la enzima, pero por diferentes razones.

Dulbecco, un italiano de nacionalidad estadounidense y que trabaja ahora en Londres, se ganó el viaje a Estocolmo por sentar las bases sólidas sobre las que la revolución pudo tener éxito. En 1951 comenzó a trabajar con virus de animales en

el Instituto de Tecnología de California, llevando consigo el enfoque cuantitativo que había aprendido con bacteriófagos en la Universidad de Indiana al lado de Salvador Luria, quien también ganó un premio Nobel en 1969 por su trabajo en genética molecular. Dulbecco desarrolló en poco tiempo la primera técnica rápida de laboratorio (la técnica de placas) para contar los virus DNA, a la que siguió pronto un método para los virus RNA. Comenzó así la ciencia, en oposición al arte, de la virología animal. Con sus equipos, tanto en Caltech como en el Instituto Salk, Dulbecco desarrolló sistemas para estudiar *in vitro* cánceres inducidos por virus; generando los primeros mutantes víricos útiles; y comenzando el análisis genético de virus importantes.

Baltimore llegó a la noción de transcriptasa reversa en el MIT al clasificar los virus RNA según sus aparentes necesidades de replicación. Una de las seis clases necesitaba un DNA intermediario, por lo cual había necesidad de una enzima. Como estudios recientes, incluso por su esposa Alice Huang, indicaban que algunos virus RNA llevaban sus enzimas de replicación dentro de las partículas infecciosas, el lugar obvio para buscar a la transcriptasa reversa era dentro de la partícula de virus de tumor. Eso es lo que hizo con éxito Baltimore.

Mientras tanto, en Wisconsin, Temin estaba llegando a la misma conclusión. Desde 1964, era considerado algo excéntrico (si no charlatán) y era criticado frecuentemente en reuniones por sugerir que los virus RNA de tumores *deberían* ser capaces de hacer copias DNA de ellos mismos. Estaba impresionado por la persistencia de los virus en la progenie maligna de las células que ellos habían transformado. La idea de que los virus insertaban una copia DNA de ellos mismos dentro del material de la célula parecía una buena solución biológica.

Parte de la extrema resistencia a la idea de Temin partía de una interpretación extrema del "dogma central" de la biología molecular que afirma que el flujo de información va del DNA al RNA y a las proteínas. Aunque la ruta RNA a DNA no está prohibida por el dogma central, enunciado por Francis Crick en los novecientos cincuenta, la mayor parte de los científicos habían descartado esa posibilidad.

Las ideas de Temin sobre la necesidad de una transcriptasa reversa se centran en su teoría del protovirus que se ocupa de genes celulares funcionalmente importantes pero potencialmente oncogénicos (inductores de cáncer). La diferenciación celular durante la embriogénesis, sugiere Temin, puede ser acelerada si grupos pequeños de genes son arrancados del genoma y enviados a otras partes para ser reintegrados. Las copias RNA de estos mensajes DNA pueden hasta ser empaquetados, con una transcriptasa reversa, y enviados a células vecinas a reclutarlas en formas similares de diferenciación. Errores en la excisión y reintegración podrán, sin embargo, producir una partícula vírica que puede escaparse del control genético normal de la célula hospedante. Como los genes de diferenciación inducen una proliferación rápida, no sería sorprendente que los virus que los incorporen provocarían también proliferación, esta vez fuera de control, en otras palabras, un cáncer. Temin visualiza esto como la ruta evolucionaria para todos los virus RNA de tumores.

#### Enzimas contra el veneno de las serpientes

Después de varios años de ausencia, víctima de la revolución cultural, reapareció en 1974 *Scientia Sinica*, la principal revista china en idioma inglés. Esta reanudación ha sido bien recibida en el mundo científico pues la investigación china era difundida en sus páginas y en muchos casos era apreciada y respetada en el resto del mundo.

Algunas investigaciones publicadas reflejan una tendencia a ser de utilidad a necesidades sociales. Uno de esos artículos informa de estudios para la cura de mordeduras de serpientes mediante tripsina, la enzima que se secreta al intestino para la digestión de proteínas (*New Scientist*, 16 de octubre, 1975, p. 134).

El veneno de las culebras elápidas (cobras, mambras) contiene toxinas que actúan bloqueando la transmisión en terminales nerviosos importantes; los venenos contienen también enzimas degradativas tales como las lipasas que probablemente

facilitan a la toxina el acceso a su meta. La mayor parte de la terapia contra las mordeduras de serpientes está basada en la preparación de antisueros específicos contra las toxinas, y el grupo del Instituto de Zoología de Yunnan, en Kunming, señala las muchas desventajas de esta clase de tratamiento. Los antisueros son de preparación costosa, difíciles de conservar, y específicos a una sola especie de reptiles. De esta manera es poco probable que los antisueros estén disponibles en el campo y hay largas tardanzas antes de que se pueda dar el tratamiento.

Los científicos chinos afirman que la tripsina, una poderosa enzima degradante de proteínas, debe destruir todos los componentes tóxicos del veneno de serpientes elápidas. Si se inyecta pronto subcutáneamente, cerca de la mordedura, la enzima puede ser capaz de prevenir los síntomas de toxicidad. Sus experimentos demuestran claramente que así sucede. Definieron una dosis letal de veneno de cobra como una que cuando se inyecta subcutáneamente mata todos los ratones de una muestra de 50. Investigaron entonces el efecto de inyectar 100 unidades de tripsina después de la dosis letal de veneno. Si la inyección de tripsina seguía al veneno antes de 10 ó 15 minutos, 100 por ciento de los ratones sobrevivieron a la dosis "letal"; aún en el caso de que la tripsina no fue administrada sino hasta 50 minutos después del veneno, sobrevivieron más de la mitad de los ratones.

El tratamiento con tripsina es eficaz contra una amplia variedad de serpientes elápidas y la estabilidad y la baratura de la tripsina hace que sea un tratamiento muy promisor. Los investigadores del Instituto de Yunnan sugieren que deben prepararse paquetes portátiles de inyecciones que harían posible una pronta y eficaz primera ayuda en el campo.

#### Aprovechamiento de los matorrales áridos

Las ideas tradicionales sobre la inutilidad de los chaparrales en las regiones áridas están cambiando gradualmente. Cyrus M. McKell de la Universidad del Estado de Utah discute en un artículo en *Science* (Vol. 187, N° 4179, p. 803) las muchas características adaptativas de esta flora que pueden ser de importancia para el hombre.

Sostiene que es muy simplista la opinión de que cuando el monte es sobrepastoreado, la flora que sobrevive consiste de los arbustos menos aceptables. Postula que muchos de estos arbustos inútiles pueden tener usos desconocidos o por lo menos subestimados. Por ejemplo, la jojoba *Simmondsia chinensis* (Cf. *Turrialba* 24:340 1974) rinde una cera líquida de alta calidad, y el guayule, *Parthenium argentatum*, produce un látex. Y otras especies pueden ser ricas en ácidos grasos, aceites esenciales y proteínas.

Otra noción popular es que ningún herbívoro, aparte de las cabras, se alimenta de este matorral. Pero, tanto ovinos como vacunos ramonean, aunque en menor escala. Hasta ahora se sabe poco sobre la aceptabilidad del chaparral por los animales.

Después de haber rebatido la "inutilidad" de los matorrales, McKell discute sus virtudes y su adaptabilidad para sobrevivir en ambientes áridos. La sequía es un factor obvio. Los arbustos de tierras áridas dominan este factor ya sea por "tolerancia" cuando poseen protoplasma capaz de resistir la deshidratación, o por "evitación" que involucra o un sistema radical extensivo o un control de la transpiración mediante estomas pequeños o una cutícula cerosa. Los arbustos tienen también la ventaja de un rápido rebrote que les permite cierta dominancia. Se han adaptado a las temperaturas y salinidad altas que se encuentran frecuentemente en zonas áridas.

El problema es cómo optimizar su potencial en vez de destruirlos indiscriminadamente en favor de cultivos convencionales. En primer lugar, se debe reconocer su valor como alimento para el ganado y para la fauna silvestre; para algunos pueden constituir el alimento preferido, mientras que para otros pueden llenar un vacío esencial en el espectro estacional. Por ejemplo, dos arbustos que crecen en el altiplano árido de Bolivia, *Atriplex* y *Suaeda*, han sido usados recientemente para el pastoreo de ovinos durante la estación seca.

Otro papel para el arbusto desértico es como fuente para nuevos materiales industriales. El guayule rinde un latex utilizable para producción de caucho, descubierto desde la segunda guerra mundial. Aunque este potencial nunca fue plenamente aprovechado debido a la afluencia de los materiales sintéticos, no hay razón por la que no se podría retornar a este recurso natural. Y es altamente probable que futuras investigaciones revelarán otras materias primas útiles.

Un inesperado resultado de la destrucción del matorral ha sido el efecto sobre la estabilidad del suelo que tradicionalmente se creía que dependía de las gramíneas. Sin embargo, plantas semperviventes de chaparral con raíces más profundas (como *Prosopis juliflora*), combinadas con gramíneas, pueden realizar una labor más eficaz. Además, los arbustos pueden contribuir al contenido nutritivo del suelo; crean "islas de fertilidad" al fomentar una acumulación de materia orgánica y suelo fino bajo su dosel.

Como comenta Mary Lewin (*New Scientist* 66:118), cualesquiera que hayan sido las razones de la previa subestimación por el hombre del chaparral de las tierras áridas, sea tradición, ignorancia, falta de tecnología apropiada o limitaciones económicas, ahora en una era que todos estamos preocupados sobre la relación del hombre con su ambiente, es seguramente el momento para una reconsideración de nuestro pensamiento.

#### *Plantas marinas que estimulan la lluvia*

La lluvia no es el simple diluvio de gotas de agua que aparenta ser; el último factor contribuyente a la precipitación es un conjunto de plantas marinas, las principales de las cuales han sido recientemente identificadas. El eslabón conectivo es un ingrediente esencial en la producción de lluvia: la necesidad de núcleos atmosféricos sobre los cuales pueden crecer los cristales de hielo. Porque la lluvia comienza normalmente su vida en las alturas en forma de pequeños cristales de hielo.

Los físicos de nubes han estado considerablemente ocupados en años recientes tratando de descubrir la fuente, o fuentes, de los núcleos de hielo natural que deben ser producidos en grandes números en escala mundial. Habían estado de moda varias clases de partículas de suelo pero, en 1972, un par de científicos de los Estados Unidos, R. C. Schnell y G. Vali, presentaron un fuerte nuevo contendor. Descubrieron que la vegetación descompuesta en una fuente prolífica de la clase correcta de núcleos (*New Scientist*, Vol. 54, p. 5 y Vol. 60, p. 606), activa a una temperatura de  $-4^{\circ}\text{C}$ . Esta fuente, además es de extensión continental global.

Los mismos investigadores encontraron entonces el año pasado que, sobre los océanos, también la vida vegetal (fitoplancton) genera núcleos de hielo atmosférico. Schnell y Vali calcularon que algunas de estas plantas marinas producen hasta  $10^8$  núcleos por gramo, los que estuvieron activos a temperaturas de  $-10^{\circ}$  a  $-3^{\circ}\text{C}$ . Schnell también descubrió que, en el Océano Antártico, la concentración más grande de núcleos ocurrió donde era más grande la emergencia de aguas profundas, y por ende probablemente el crecimiento del fitoplancton.

Schnell, que trabaja en el Centro Nacional de Investigación Atmosférica, en Boulder, Colorado, ha aislado ahora la especie vegetal responsable (*Geophysical Research Letters*, Vol. 2, p. 500). Estudió muestras de 23 especies de fitoplancton midiendo su potencial para congelar gotitas en el laboratorio. La de mejor comportamiento fue una planta marina, *Carbonium neri*. Los cultivos de este organismo contenían unas  $10^8$  células por ml, una cifra muy cercana al número de núcleos de hielo activo contados a  $-14^{\circ}\text{C}$ . Un aerosol hecho con un polvo seco de las células mostró una actividad comparable a concentrados en agua destilada que producían hasta  $10^{10}$  núcleos por gramo. Sin embargo, Schnell no sabe todavía si los núcleos representan células vegetales enteras o rotas, productos de la excreción, o posiblemente hasta bacterias asociadas con las células. Sea lo que sea, parece haber mecanismos bien establecidos de intercambio mar-aire disponibles para distribuir el material por la atmósfera.

#### *La revolución verde en la China*

En las últimas dos décadas, la población de China ha subido de 500 a 800 millones, un incremento de casi 60 por ciento. Durante el mismo periodo, su producción de granos ha aumentado en 100 por ciento. Desde 1966, el país ha sido autosuficiente en cereales y ha acumulado reservas de unos 80 millones de toneladas. También se ha convertido en el segundo exportador de arroz. En 1973 exportó 1,1 millones de toneladas, comparado con 1,6 millones de toneladas de Estados Unidos.

Esto contrasta con la situación en otros países de economía centralizada, en los que se presentan problemas de abastecimiento de productos agrícolas, que aparentemente tienden a hacerse crónicos. La diferencia estriba en que China, desde su revolución, ha dado énfasis a la agricultura, dándole prioridad sobre la industria en la planificación y en las inversiones. Quizás sea debido a este énfasis es que de China no han salido ataques a la "revolución verde" como los que hemos visto en los últimos años. Antes bien, China está colaborando con otros países en el mejoramiento genético de cereales, y recibió entusiastamente a Norman Borlaug en 1974 (Cf. *Terraviva* 25:108, 1975).

La revista *World Crops* ha publicado una serie de artículos en 1975, escritos por Peter Kung, en que se describe el estado actual de la agricultura de China (Vol. 25, Nos. 2, 3, 5). Dada la escasez de información confiable sobre China y la importancia que tiene por su población y superficie, los artículos pueden dar una idea de lo que China está haciendo para satisfacer las necesidades de su propio pueblo.

En escala nacional, la conservación y utilización del agua ha recibido considerable atención en años recientes y los tres grandes ríos, el Huai, el Amarillo y el Haiho, han sido ahora dominados para acabar con la sucesión de sequía e inundación que ha caracterizado por siglos sus cuencas hidrográficas. Cuando uno piensa que un tercio de la población de China y más de un tercio de su tierra cultivada está en esas cuencas, se hace evidente la significación de este logro.

En el lado financiero, el estado ha prestado su apoyo a la agricultura ajustando los impuestos a la producción de tal manera que virtualmente representa una entrada fija para el gobierno pero una contribución decreciente para las comunidades pagantes, si ellas mejoran la producción. Conforme la producción aumenta, se ajusta el impuesto en cierto porcentaje de tal manera que los productores no tienen que aumentar sus pagos por esta mayor producción. La tasa impositiva anual de la agricultura fue en 1953 de 12 por ciento del valor bruto de la producción, mientras que ahora está un poco por encima de 5 por ciento.

Técnicamente, China coopera en grado creciente con otros países en problemas tales como el mejoramiento del arroz. El Dr. Nyle C. Brady, director del Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz (IRRI), fue miembro de una misión recíproca de estudios fitotécnicos entre China y Estados Unidos, y observó un número de variedades enanas de arroz desarrolladas localmente que se cultivan actualmente en China Continental. Los chinos lanzaron a la producción su primer híbrido enano en 1960 y probaron el IR8 en 1967. Están también cultivando, en escala limitada el IR26, y el Dr. Brady ha llevado a China una selección de nuevas variedades, todas con resistencia múltiple a enfermedades del arroz.

Según el *Economist Intelligence Unit*, el alto nivel de la producción agrícola se debe en gran parte al éxito del programa de modernización agrícola. La mayor parte de las zonas agrícolas en China están produciendo dos cosechas al año y los cultivos triples están aumentando en el sur. El tercer artículo de *World Crops* está dedicado exclusivamente a cultivos múltiples. El aumento de los rendimientos se debe en gran medida a linajes mejorados (los tipos mejorados ocupan el 80 por ciento del área arrocera y el 70 por ciento de la triguera). Los informes oficiales muestran toda la intención de continuar este proceso de modernización, que incluye un gran aumento en el uso de maquinaria motorizada, particularmente tractores y bombas diesel. Una importante campaña está ahora dirigida a fomentar la construcción de bienes capitales. La escala en que este plan se está llevando a cabo se

puede apreciar en un informe, que indica que en la provincia Kirin, medio millón de personas están dedicadas a construcciones capitales en el sector agrícola. Hay también numerosos informes de aumentos en la producción de otros productos agrícolas, tales como tabaco, té, caucho, ganado y yute

#### *El Rhizobium como fijador de nitrógeno de vida libre*

Por muchos años los científicos interesados en la fijación biológica del nitrógeno han estado perplejos por la aparentemente completa dependencia del *Rhizobium* de la planta hospedante. A pesar de intentos frecuentes, nadie, hasta hace unos nueve meses, había obtenido con éxito el crecimiento y fijación por rizobios en ausencia de material vegetal vivo (ya sea en la forma de una planta nodulada o una asociación entre el rizobio y un cultivo de tejido de un callus vegetal). La planta, ciertamente, contribuye importante información genética a la simbiosis del nódulo, así que Dilworth y Parker (*J. Theoret. Biol.* Vol 25, p 208; 1969) sugirieron hace algún tiempo que algunos de los genes que determinan la capacidad del rizobio para fijar nitrógeno (genes *nif*) estaban realmente "depositados" en la planta hospedante. Más recientemente se ha estado acumulando evidencia a favor de la posición contraria: que los rizobios mismos poseen la cuota completa de genes *nif* pero que los genes están silenciosos en células de vida libre.

Cuando Dunican y Terney transfirieron material genético de *R. trifolii* a *Klebsiella aerogenes* y obtuvieron progenie fijadora (Turrialba 23:127), la suposición fue que la progenie usaba genes *nif* rizobianos, pero existía la posibilidad de que *K. aerogenes* poseía genes *nif* crípticos (latentes) y que se había transferido algún activador (*Biochem. Biophys. Res. Commun.* 57:62, 1974). También había evidencia circunstancial de que *R. japonicum* en cultivos convencionales de laboratorio tiende a desarrollar una nitrogenasa. Evidencia más fuerte se presentó en *Nature* (253:305; 1975) según la cual cepas del rizobio tipo caupí de lento crecimiento no sólo fijaron nitrógeno en presencia de callus de plantas no leguminosas, sino que también continuaron fijando nitrógeno hasta doce horas después de remover el callus. El callus estaba claramente proveyendo un material difusible que permitía la fijación de nitrógeno por los rizobios; este podría ser un activador genético, pero era poco probable una transferencia de genes, particularmente porque el callus no leguminoso funcionaba tan bien como el callus leguminoso en las simbiosis artificiales.

A final de cuentas, la situación resultó notablemente simple. Tres grupos independientes, dos de Australia y uno de Canadá informaron simultáneamente el cultivo exitoso de rizobios fijadores de nitrógeno en ausencia completa de material vegetal (*Nature*, Vol 256, páginas 406, 407 y 409; 1975).

La clave del éxito probó ser la fuente de carbono. Para la fijación, parece ser esencial una pentosa, tal como la arabinosa o la xilosa, así como también un ácido dicarboxílico tal como el succinato. Ambas fuentes de carbono son constituyentes vegetales comunes. Una cantidad relativamente pequeña de nitrógeno fijado (por ejemplo, glutamina, glutamato o nitrato) parece ser conveniente.

Hasta ahora, todos los experimentos exitosos con rizobios han usado medios de cultivo con agar, en cuya superficie crecen las colonias de rizobios, y dentro las cuales la tensión del oxígeno puede variar desde cero a la atmosférica. Como en la fijación por rizobios está involucrado el metabolismo aeróbico, se tiende a suponer que los rizobios del caupí, como *Derris gummosa* y *Mycobacterium flavum*, son bacterias que se vuelven microaerofílicas cuando fijan el nitrógeno. Hay una paradoja aparente, señalada por el grupo canadiense, en que el nitrato o el amonio, que deprimen la fijación del nitrógeno en cultivos de fijadores ordinarios como clostridios, azotobacterias o klebsielas, en realidad promueven la fijación en rizobios de vida libre, pero la concentración local de amonio o nitrato cerca de una colonia en agar no puede ser evaluada fácilmente y sería prematuro concluir que la regulación del *nif* en estos rizobios es inusitada. La solución de estos dos problemas debe esperar el cultivo con éxito de rizobios fijadores de nitrógeno

en medios líquidos homogéneos, en los que tanto el oxígeno y las concentraciones de nitrógeno fijado pueden ser medidos. No hay duda de que esto es sólo cuestión de tiempo.

El avance sustancial representado por este trabajo no sólo es la prueba final de que el rizobio del caupí y otros rizobios llevan el complemento completo de genes *nif*; es también la determinación del hecho de que muchas cepas y especies de rizobios se unen ahora a las filas de las bacterias de vida libre fijadoras de nitrógeno, con consecuencias revolucionarias para el estudio de su bioquímica y genética; por ejemplo, se puede prescindir en el laboratorio de la planta hospedante. Una simbiosis obligatoria bien establecida se está derrumbando: ¿en qué reside, entonces, la especificidad de la simbiosis tradicional de las leguminosas? ¿Y será el nódulo nada más que un compartimento destinado a restringir el acceso del oxígeno a los rizobios? Si solo se necesitan una pentosa y un ácido dicarboxílico para la fijación rizobiana, ¿cómo podría usarse fácilmente esta información para lograr nuevas asociaciones con plantas y forrajes? Y, ¿cuántas otras bacterias de vida libre fijadoras de nitrógeno no han sido detectadas por los microbiólogos debido a que se necesitan dos fuentes de carbono?

Carl O Sauer

Carl O Sauer, quien era profesor emeritus de geografía en la Universidad de California, en Berkeley, murió a mediados de 1975 a la edad de 85 años.

Fue por más de 30 años presidente del departamento de geografía en Berkeley, retirándose en 1957 como profesor emeritus. Hizo mucho para establecer a Berkeley como una escuela de "geografía cultural". Estableció el programa doctoral de su departamento, y llegó a ser una autoridad en estudio de desiertos, zonas tropicales, geografía humana de las poblaciones indias, y agricultura y cultivos nativos del Nuevo Mundo. En este campo agrícola adquirió notoriedad por sus ideas contrarias a la corriente predominante sobre el origen de las plantas cultivadas, como cuando sostenía que era dudoso que plantas como el maíz y la papaya fueran originarias de América. Pero esto no quita mérito al conjunto de su obra ni a su esforzada labor como investigador y maestro.

Entre las muchas distinciones que recibió se cuentan la Medalla Victoria de la Royal Geographical Society, (Gran Bretaña), la Medalla Vega de la Sociedad Sueca de Antropología y Geografía, y la Medalla Charles A. Daly de la American Geographical Society.

#### *Transferencia de tecnología agrícola en Israel*

La investigación agrícola israelí se distingue no sólo por su calidad, sino también por el hecho de que llega a los agricultores y a los campos mucho más rápidamente que en otros países, aún aquellos con servicios de extensión bien organizados. Esto es parcialmente debido a que una tercera parte de los estudiantes agrícolas de Israel son ellos mismos miembros de asentamientos rurales, que se apresuran a regresar a sus lugares con cualquier nuevo híbrido u hormona promisoras. Además, afirma Nochemia Meyers, en un informe en *New Scientist* (Vol. 256, N° 5512), los agricultores locales no se contentan con esperar tranquilamente por la solución de sus problemas; por el contrario, siempre están solicitando ayuda a los profesores y, además, están dispuestos a probar métodos innovativos aún cuando sean todavía experimentales.

La tecnología agrícola llega a los agricultores árabes casi tan rápidamente como a los miembros de los asentamientos judíos. Los 17 estudiantes árabes enrolados en la actualidad en la Facultad de Agronomía, de la Universidad Hebrea, así como graduados árabes, llevan nuevos métodos a sus villas (dentro de las fronteras de 1967) y a la orilla oeste del Jordán

y a la zona de Gaza. La producción ha surgido espectacularmente en estas últimas regiones desde que las tropas israelíes, con extensionistas israelíes, entraron en ellas hace nueve años.

Esta rápida transferencia de nuevas formas de cultivo, nuevas semillas, nuevos fertilizantes y nuevos plaguicidas podría ser un problema para los agricultores israelíes porque los priva de la ventaja tecnológica que en otra forma tendrían sobre los agricultores árabes. Ciertamente, algunos cultivos que estaban principalmente en manos de agricultores judíos, tales como las fresas, están ahora casi por completo en manos de agricultores árabes, que tienen acceso a la misma investigación agrícola y que, al mismo tiempo, gastan menos en mano de obra porque sus propias numerosas familias proveen una fuente rica de trabajo prácticamente gratis.

Sin embargo, el decano de la Facultad de Agronomía, Profesor Isaac Harpaz, no se muestra muy preocupado. Señala que las economías de Israel y de las Zonas Administradas están ligadas íntimamente, y es muy probable que permanezcan así, cualquiera que sea la solución política que eventualmente se logre. Así, la prosperidad de los campesinos árabes beneficia a la economía entera.

#### *Efecto de la desnutrición sobre el cerebro*

Todo el mundo sabe que la desnutrición es mala para uno, pero parece que a veces puede tener ciertamente efectos muy curiosos. Loy Lytle y sus colaboradores han estado estudiando la deficiencia de proteínas en las ratas, y han encontrado que puede bajar el aparente umbral de dolor de los animales. El trabajo lleva consigo un mensaje sobre la bioquímica del cerebro y el comportamiento, pues Lytle atribuye el efecto a un solo aminoácido (*Science*, Vol. 190, p. 692).

Suministró a ratas una dieta deficiente en triptófano. La importancia especial de este aminoácido es que es esencial para la elaboración de la serotonina del cerebro. Si no se tiene suficiente triptófano en la dieta, tarde o temprano no se tendrá suficiente serotonina en su cerebro.

Se sabía por otros trabajos lo que podría pasar con una deficiencia de serotonina: un daño en el cerebro, por ejemplo, que elimina la serotonina tiende a bajar el umbral de sensibilidad al dolor. Así, el grupo sometió a ratas privadas de triptófano a descargas eléctricas débiles, y midió lo fuertes que tenían que ser antes de que los animales reaccionaran haciendo un gesto de dolor detectable.

Comparadas con un grupo testigo de ratas alimentadas adecuadamente, su umbral de gesto de dolor mostróse consistentemente más bajo. Después de dos semanas con un suplemento de triptófano en sus dietas, sin embargo, recobraron sus umbrales normales de dolor. Y el mismo efecto podía ser obtenido con inyecciones de triptófano.

Lytle y sus colegas tuvieron mucho cuidado de verificar su interpretación analizando la cantidad de serotonina y sus precursores en los cerebros de las ratas privadas de triptófano. Sus resultados apoyan la idea de que la deficiencia de triptófano ha causado una deficiencia de serotonina, creando así un eslabón entre la ingestión de alimentos y la función del cerebro.

Por otra parte, un grupo del hospital Bethesda ha encontrado que tanto la morfina como la heroína aumentan la tasa de síntesis de la serotonina (*Life Sciences*, Vol. 17, p. 349). Parece que estos opiáceos ejercen su acción sobre el cuerpo celular nervioso promoviendo la actividad de la enzima responsable de la síntesis de la serotonina, y acelerando el transporte de esta enzima a través de las axonas nerviosas a ciertas zonas de los lóbulos frontales del cerebro.

Esta es la primera vez que un cambio en la conducta se ha relacionado a una deficiencia de aminoácidos mediante su efecto en la disponibilidad de un neurotransmisor. En realidad, pocos neurotransmisores han sido definitivamente identificados y la bioquímica de la conducta es substancialmente una página en blanco. Conforme se revele algo más, pueden emerger otros sutiles efectos de la dieta en la conducta, completando finalmente el catálogo de las múltiples desventajas soportadas por una apreciable proporción de la humanidad.

#### *Una enciclopedia de la ignorancia*

La profusión de libros sobre temas científicos, para no hablar de artículos en revistas de investigación, puede dar al lego la impresión de que la búsqueda de la última pizca de conocimiento, por lo menos en algunos campos, debe estar llegando a su fin. Ronald Duncan y su colaboradora Miranda Weston Smith (cuyo abuelo fue el astrónomo E. A. Milne) han tenido la brillante idea de plantear la cuestión diferentemente: cuánto *no* conocemos (*New Scientist*, 16 octubre 1975, p. 1972). Están editando un libro que tendrá el espléndido título "El filo del conocimiento; una enciclopedia de la ignorancia". La idea parece haber atraído a gente muy distinguida. Entre los que han accedido a contribuir están Thomas Gold, Hermann Bondi, Francis Crick, Linus Pauling, Robert Frisch y John Maynard Smith. Debe ser una obra de lectura estimulante si los autores escriben sus partes rápido antes de que el avance científico haga obsoletas sus predicciones.

#### *Carnívoros más carnívoros que otros*

Los gastrónomos insisten que el comer carne es "natural" y nutritivamente sano. Así es, pero el énfasis en la carne magra es casi sin precedentes entre humanos y animales. La significación nutritiva de la carne no es simplemente como una fuente de proteínas, que el bistec suple abundantemente, sino también de muchas otras cosas. Los leones evidentemente comen las vísceras y el contenido de los intestinos de sus presas antes de volver su atención a los viejos y aburridos filetes y lomos. Y el veterinario John E. Cooper informa ahora en el *Veterinary Record* (Vol. 97, p. 307) que aves de rapiña domesticadas, a las que se alimenta con la carne más succulenta, rápidamente son víctimas de enfermedades de los huesos.

Los halconeros han reconocido por siglos la osteodistrofia en halcones jóvenes, dice Cooper. La llamaban "calambre" o "raquitismo". Pero sólo recientemente ha sido identificada como causa a una dieta de carne pura. Esta suministra una proporción calcio/fósforo de 1:30 en lugar de una relación 3:2 que es la que necesitan los halcones. La deficiencia relativa de calcio llega a producir un ablandamiento de los huesos.

Cooper recomienda el darle animales enteros a los halcones en cautividad, aunque los pollitos de un día que se ofrecen comúnmente contienen aparentemente muy poco fosfato de calcio. Los halcones padres a veces le hacen un mal a sus polluelos al arrancar sólo los pedazos más suaves para ellos, pero el moler los animales enteros puede resolver eso, dice Cooper.

Así, los carnívoros sufren cuando la presa se considera simplemente como carne, y la carne como proteína. El consumo de carne por el hombre es ciertamente natural, pero el aficionado al bistec evidentemente aspira a ser más carnívoro que los carnívoros.

#### *NUEVAS PUBLICACIONES*

*Monographs on Theoretical and Applied Genetics*. Esta nueva serie, publicada por Springer-Verlag, está dirigida a fomentar una eficaz comunicación intra e interdisciplinaria entre los genetistas y mejoradores de plantas y animales. Se piensa conseguir esto mediante la publicación de volúmenes concisos pero al mismo tiempo completos de textos de autoridades reconocidas que pongan al día los conocimientos sobre el tema. El primer volumen es "Meiotic configurations; a source of information for estimating genetic parameters", de J. Sybenga, del Departamento de Genética de la Universidad Agrícola, Wageningen, Holanda. El Dr. Sybenga trabajó en Turrialba en los novecientos cincuenta y escribió aquí su revisión sobre genética y citología del café, publicada íntegra en un solo número de *Turrialba* (Vol. 10, N° 3, 1960). Los volúmenes próximos de la serie serán sobre mecanismos de polinización en las plantas (de R. Frankel y E. Galun) y sobre incompatibilidad en angiospermas (de D. de Netlandcourt).

*Fitopatología Brasileira.* Con fecha febrero de 1976 ha aparecido el primer número de *Fitopatología Brasileira*, órgano oficial de la Sociedad Brasileira de Fitopatología. El editor es Elliot W. Kitajima y la dirección es: Departamento de Biología Celular, Universidad de Brasilia, 70 000 Brasilia, D. F. Tiene la nueva revista como objetivo contar con un medio de difusión de los resultados experimentales de los especialistas en enfermedades de las plantas del Brasil. El primer número contiene cuatro artículos, cuatro notas técnicas, además de: noticias sobre la especialidad.

*Summa Phytopathologica.* Este es el órgano oficial del Grupo Paulista de Fitopatología, que ha aparecido en 1975 con periodicidad trimestral. Publica artículos originales, revisiones y notas técnicas sobre enfermedades de las plantas, su control, y su impacto sobre la agricultura y ciencias afines. Artículos en portugués con resúmenes en inglés y portugués. El grupo editorial está encabezado por C. O. N. Cardoso, y la dirección es Caixa Postal 28, Seção de Microbiología Fitotécnica, 13100 Campinas São Paulo.

*Fiziologiya na Rasteniyata.* Desde 1974 está circulando esta revista, auspiciada por el Instituto M. Popov de Fisiología Vegetal de la Academia Agrícola Georgi Dimitrov, Academia Búlgara de Ciencia. Cubre trabajos originales sobre fisiología vegetal, métodos y equipo, fotosíntesis, relaciones planta-ambiente, reguladores hormonales, nutrición vegetal, uso de plaguicidas y herbicidas, y productividad vegetal. El editor jefe es T. Kdrev y la dirección: Bulgarska Akademiya Na Naukite, Sofia, Bulgaria.

*Plant Biochemical Journal.* Esta publicación semestral, iniciada en 1974 es el órgano oficial de la Plant Biochemical Society, India. El editor en jefe es S. P. Sen y la dirección es: Department of Botany, Kalyani University, Kalyani 741255, India. Publica sólo artículos en inglés de los miembros de la sociedad, salvo aquellos que se soliciten especialmente.

*Fitologiya.* Esta revista, que apareció en 1975 con periodicidad cuatrimestral, reemplaza a *Izvestia Na Botanicheskaya Institut*, y es publicada por la Academia Búlgara de Ciencias. Abarca la biosistemática de plantas inferiores y superiores, ecología y fitocenología, fitopaleontología y fitogeografía, introducción de plantas, plantas económicas y conservación de recursos vegetales naturales. El editor en jefe es D. Jordanov y la dirección es: Instituto de Botánica, Academia de Ciencias de Bulgaria, Sofia 13, Bulgaria.

*Seminario sobre Nutrición Animal.* La National Academy of Science, de Washington, D. C., ha publicado un volumen de 123 páginas, 'The effect of genetic variance on nutritional requirements of animal', que comprende los trabajos presentados sobre el tema en un simposio celebrado en College Park, Maryland, en julio de 1971. Tiene una revisión sobre las interacciones de la genética y la nutrición animal. Los trabajos individuales tratan del tema en lo que se refiere a pollos, ovinos, suizos, y vacunos de carne y de leche. Cubren también los requerimientos nutritivos para el mantenimiento, salud y productividad, diferencias genéticas en la eficiencia y en el consumo, variaciones en las necesidades de proteína y aminoácidos.

*Boletín Informativo.* La Biblioteca Central de la Universidad de San Cristóbal de Huamanga, en Ayacucho, Perú, ha iniciado la publicación de un *Boletín Informativo*, cuyo primer número tiene fecha de julio de 1975. Publicada en mimeógrafo, el boletín contiene los resúmenes de las tesis de grado de la Universidad. Estos resúmenes están agrupados por especialidades en: Agronomía (23), Antropología (17), Biología (12), Enfermería Obstetricia (1), Minas (12), Química (15), y Servicio Social (12).

*Cebú.* Es el órgano oficial de la Asociación Ganadera de Criadores de Cebú de la República Mexicana, A. C. Se publica cada dos meses y en 1976 ha entrado a su segundo año de vida. Está destinada al fomento de la ganadería zebuina y a la vinculación entre los productores de este vacuno. El coordinador editorial es el Ing. José Martínez de la Garza. El número de enero-febrero de 1976, aparte de las informaciones útiles a los ganaderos, sobre alimentación, enfermedades (fasciola) reportajes de ranchos y ferias ganaderas, tiene información sobre el Primer Congreso Mundial de Criadores Cebú que estaba por celebrarse en Monterrey (del 28 de abril al 2 de mayo de 1976). La dirección de la Asociación es: Apartado 992, Tampico, Tamaulipas, México.

*Nigerian Journal of Entomology.* Esta nueva revista reemplaza al *Bulletin of the Entomological Society of Nigeria*. Es de periodicidad semestral y su editor en jefe es Anthony Youdeowi. Contiene artículos originales en inglés o francés sobre entomología en Nigeria y otros países tropicales. Correspondencia con el editor de la revista, Dr. S. R. Singh, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadán, Nigeria.

# Ensayos de pinos mexicanos en Hawái\*

CRAIG D. WHITESELL\*\*, RUSSELL K. LeBARRON\*\*\*

## ABSTRACT

Ten species, one variety, and one form of pines from the States of Jalisco, Mexico, Michoacan, Puebla, and Tlaxcala are being field tested in Hawaii. The habitats where the parent trees are located are closely similar to those of the two test sites in latitude (about 20°N.) and in volcanic origin of the soil materials. They are also reasonably similar in atmospheric temperatures and precipitation but the test sites are subject to severe winds.

Initial survival was low mainly because of poor condition of the planting stock but subsequent losses have been small through the second to fifth years inclusive. After five years in the field, most of the trees were robust. Only *P. oocarpa* Schiede ranked low in vigor, probably because of sensitivity to frost injury. Form of many trees was poor. Physical damage by wind resulted in considerable bending, partial uprooting, and killing of terminal shoots, particularly to *P. patula* Schiede & Deppe and *P. leiophylla* Schiede & Deppe. Heights after five years were impressive for most species and their averages ranged up to 4.5 meters for *P. patula*, *P. hartwegii* Lindl., *P. michoacana* Martinez, *P. michoacana* v. *cornuta* Martinez, *P. montezumae* Lamb, *P. montezumae* f. *macrocarpa* Martinez, *P. rudis* Endl., *P. patula*, *P. pseudostrobus* Endl., *P. tenuifolia* Benth., *P. teocote* Schiede & Deppe and *P. leiophylla* appear to have promise for planting on windy sites at about 900 to 2000 meters above sea level for watershed protection, erosion control, beautification and development of recreation sites in Hawaii. More time must elapse before value for wood production can be determined. — The authors

## Introducción

**S**I bien no existen coníferas indígenas en las Islas de Hawái, durante los últimos 70 años muchas especies exóticas de pinos y otras coníferas han sido introducidas (2) con éxito considerable en algunas de ellas: *P. elliottii* Englm. y *P. taeda* L. provenientes del sudeste de EE. UU., *P. pinaster* Ait. de la región Mediterránea, y *P. radiata* D. Don. del Estado de California. Debido a la dificultad en la obtención de semi-

llas, muy pocos ensayos de pinos mexicanos han sido realizados en Hawái, no obstante que México promete ser una buena fuente de semillas. Muchas especies de pinos crecen en México en las mismas latitudes que en Hawái (19° a 22°N), y algunos de los suelos al igual que los de Hawái son de origen volcánico. Las condiciones ambientales, particularmente temperatura y precipitación, son bastante similares.

En 1962, colaboradores del Programa de la Universidad de Carolina del Norte sobre mejoramiento forestal "Tree Improvement Program" cosecharon semillas de pinos en México (4, 6). Algunas de estas semillas fueron entregadas al Instituto Forestal de las Islas del Pacífico del Servicio Forestal de EE. UU. para ser ensayadas en Hawái. Dichos ensayos siguieron el mismo diseño experimental planeado para el estudio de los pinos mexicanos en el sudeste de EE. UU. y Brasil. Los

\* Recibido para la publicación el 17 de abril de 1975.

\*\* Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Berkeley, California, U.S.A. stationed at Honolulu, Hawaii.

\*\*\* Formerly with Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station.



resultados de estos dos países a los tres años de plantación fueron presentados por Saylor (5). Los resultados obtenidos en Hawaii durante los cinco primeros años se detallan a continuación.

### Métodos

Los árboles estudiados en Hawaii provienen de semillas cosechadas en 23 diferentes lugares de los estados de Jalisco, México, Michoacán, Puebla y Tlaxcala e incluyen diez especies, una variedad y una forma. Cien muestras de semillas (cada una proveniente de un árbol padre) llegaron a Hawaii pero por razones que luego explicaremos sólo se ensayaron progenies de 70 muestras. Las progenies provenientes de un árbol se llaman "familia". Algunas de las especies estaban representadas por sólo una familia y otras por varias. De *P. montezumae*, por ejemplo, se disponía de 13 familias para los ensayos de campo (Cuadro 1).

La mayoría de los árboles padres provenían de parcelas con baja densidad. Aunque se tuvo especial cuidado en tratar de cosechar las semillas de árboles padres de buen fenotipo, esto no siempre fue posible debido a que 1962 fue un año muy pobre en producción de semillas. Por otra parte, muchas de las parcelas habían sido explotadas para obtención de rollizos, pastoreadas o quemadas, encontrándose en condiciones de muy baja densidad. En *P. montezumae* y *P. patula* se pudo obtener buena cosecha debido a que se localizaron algunas parcelas con buenos ejemplares en cuanto a forma y altura (4). La altitud en los sitios de cosecha oscilaba entre 1380 a 3660 metros sobre el nivel del mar. Los suelos variaban en fertilidad de pobres a muy fértiles; en cuanto a composición, se podía encontrar ceniza volcánica, ceniza sobre suelo franco limoso, suelos francos, arenas, limos y arcillas.

Las semillas fueron sembradas en 1963 en un vivero de la Dirección Forestal del Estado de Hawaii. El porcentaje de germinación de las 100 parcelas variaba de pobre a bueno. Un alto porcentaje de pérdidas fue causado por roedores, pájaros, inundaciones de los almácigos y por el pH neutro del suelo. Debido a estas pérdidas sólo pudieron ser llevadas a plantación definitiva 70 de las 100 muestras sembradas.

El plan era realizar la plantación definitiva durante la estación lluviosa (meses de invierno) de 1963-64. Debido a que las lluvias fueron insuficientes se decidió trasplantar las plantitas de los almácigos al vivero y mantenerlas allí hasta el siguiente año (marzo 1965). Las plantitas fueron arrancadas y empacadas a raíz desnuda. La calidad y el vigor eran bajos, presentando la mayoría de ellas un sistema radical muy pobre.

El diseño experimental estaba formado por cuatro repeticiones con una fila de 15 plantas (total 60) por familia. Las muestras de las 70 familias fueron plantadas en la isla de Maui con el inconveniente de que no todas contenían suficientes cantidades de ejemplares para las cuatro repeticiones proyectadas. El total de plantas utilizadas en Maui fue 3549 comparado con 4200

requerido por el diseño. Sólo cinco especies representadas por 28 familias con un total de 1498 plantas fueron instaladas en la isla de Molokai.

### Lugares de plantación

En la isla Maui el lugar de ensayo está situado en la Reserva Forestal de Kula a 1970 metros snm, latitud norte 20°42', longitud oeste 156°19' en la pendiente sotavento del pico Haleakala, un volcán inactivo. La estación lluviosa es generalmente de octubre a marzo. El promedio de precipitación anual es de 1000 mm pero varía mucho de un año a otro. El promedio de temperatura anual se estima en 12°C. Las heladas ocurren ocasionalmente durante los meses de invierno. Los vientos fuertes son una gran amenaza para árboles. Densas nubes y neblina se forman diariamente al atardecer (3).

El suelo se originó de cenizas y carbonillas volcánicas. El solum está formado por tierra franca con 76 a 107 cm de espesor, bien drenado y ligeramente alcalino. El subsuelo es franco-arcilloso o franco-arcilloso-limoso proveniente de materiales volcánicos con reacción neutra a medianamente ácido. Está orientada al oeste con una pendiente de 1-25 por ciento.

La vegetación estaba formada en su mayor parte por pastos y arbustos dispersos. Los pastos formaban en la mayoría de la superficie una cubierta bien compacta. Los arbustos más comunes eran *Styphelia tameiameiae* (Cham.) F. Muell. de aproximadamente uno a dos m de altura y *Sophora chrysophylla* (Salism.) Seem algo más alta. La limpieza del lugar previo a la plantación consistió en la eliminación de la vegetación arbustiva con la ayuda de un "bulldozer" y del césped alrededor de cada hoyo de plantación para lo cual se utilizó un azadón.

En la isla Molokai la zona de estudio está situada en un cerro angosto en la Reserva Forestal Molokai a 975 m de altura, latitud norte 21°09' y longitud oeste 156°56'. Esta zona en la mayoría de los años cuenta con lluvias periódicas cada mes. El período más húmedo es entre noviembre y abril con un promedio de 1270 mm anuales con grandes variaciones que oscilan desde el doble de esta cifra hasta menos de la mitad. El promedio de temperatura anual es de 22°C con temperatura promedio en febrero de 19°C y en agosto de 24°C.

El suelo es arcillo-limoso con buen drenaje proveniente de rocas ígneas básicas meteorizadas en el lugar. El solum de color pardo rojizo contiene concreciones de hierro. El subsuelo es también pardo rojizo y de textura arcillo-limosa. El suelo es fuertemente ácido. El solum tiene un pH de 4,8 y el subsuelo de 4,6 a 4,8. Está orientado al este con una pendiente de 3-25 por ciento. La vegetación nativa está formada en su mayor parte de árboles pequeños y sinuosos *Metrosideros collina* (Forst.) Gray, dos especies de arbustos *Dodonaea stenoptera* Hbd y *Styphelia tameiameiae* (Cham.) F. Muell. y una hierba *Paspalum conjugatum* Berg. Previo a la plantación se hizo limpieza del terreno utilizando un "bulldozer" con el que se abrieron franjas de 3,5 m de ancho y grandes claros empujando la vegetación en barrancas o acumulándola en fajas largas y estrechas.

Cuadro 1.—Especies, orígenes y números de muestras de semillas de pinos mexicanos plantadas en Hawaii.

Especie	Origen		Muestras o lotes de semillas		Elevación
	Estado	Número	Número		
<i>P. bartwegii</i> Lindl	México	1	2		3660
<i>P. michoacana</i> Martínez	Michoacán	1	3		1380
<i>P. michoacana</i> v. <i>cornuta</i> Martínez	Michoacán	3	8		de 1800
	Jalisco	1	1		a 2320
<i>P. montezumae</i> Lamb	Puebla	2	5		de 2270
	Michoacán	1	4		a 2710
	México	1	4		
<i>P. montezumae</i> f. <i>macrocarpa</i> Martínez	Michoacán	1	1		2100
<i>P. radis</i> Endl	Tlaxcala	1	3		2740
<i>P. oocarpa</i> Schiede	Michoacán	2	5		de 1450
					a 1680
<i>P. patula</i> Schiede y Deppe	Tlaxcala	1	3		de 2030
	Puebla	1	4		a 2680
<i>P. pseudostrabus</i> Lindl	Puebla	1	5		de 2040
	Michoacán	1	5		a 2320
<i>P. tenuifolia</i> Benth	Michoacán	1	4		2100
<i>P. teocote</i> Schiede y Deppe	Tlaxcala	1	3		de 2650
	Puebla	1	1		a 2830
<i>P. leiophylla</i> Schiede y Deppe	Michoacán	1	5		de 2100
	Puebla	1	4		a 2490
Todo		23	70		

Observaciones y medidas realizadas al quinto año de plantación

Al quinto año se efectuaron observaciones de:

- Porcentaje de supervivencia.
- Diámetro a la altura del pecho (dap) de los árboles de más de 1,5 m de altura.
- Altura total de los árboles.

- Vigor.
- Forma del tronco.

En los cálculos de diámetro y altura, fueron excluidos aquellos ejemplares que mostraban severos daños de heladas y de fuertes vientos y que como consecuencia tenían troncos bifurcados, copas rotas, o volteados. Sólo se consideraron los árboles de buena forma, derechos y con un solo tronco principal. El vigor fue clasificado como bueno o pobre a juzgar por su apariencia general y condiciones de sanidad.



### Resultados y discusión

#### Supervivencia

El bajo porcentaje de supervivencia no fue una sorpresa pues era de esperarse debido a la baja calidad de las plantitas y a las condiciones desfavorables del lugar (Cuadro 2). A fines del primer año el porcentaje de supervivencia en la mitad de las especies fue menos de 33 por ciento pero sólo unos pocos árboles (un máximo de 7 por ciento por especies) murieron en el correr de los dos años siguientes. La mortalidad del cuarto y quinto años no fue más de 4 por ciento en las distintas especies, y algunas de estas pérdidas fueron provocadas por fuertes vientos. En la isla de Maui durante este mismo período la mitad de las especies no sufrió mortalidad. En Molokai la mortalidad fue casi tan baja como en Maui.

#### Crecimiento

En la isla Maui la altura promedio a los cinco años variaba de 1,4 m en *P. oocarpa* a 4,5 m en *P. patula*. Según Loock (1) el *P. bartwegii* es un pino de crecimiento lento pero de muy buena conformación. Dos muestras (familias) de este pino provenientes de las pendientes más altas del volcán Popocateptl, 3600 metros snm, tuvieron un crecimiento promedio de sólo 0,3 m de altura pero resultando ser los árboles de mejor forma entre todas las especies estudiadas (Cuadro 2).

En el lugar de ensayo de la isla Molokai, que se encuentra a menor altura, el *P. montezumae* tuvo el crecimiento más lento con un promedio de 1,5 m en cinco años mientras que las especies de crecimiento más rápido, *P. pseudostrobus* y *P. tenuifolia*, lograron una altura promedio de 3,4 m. El crecimiento menor en altura de estas especies en la isla Molokai comparado con el crecimiento en Maui se debe a la muerte regresiva de los tallos terminales y a la formación de horquetas en los individuos más altos y más expuestos a los fuertes vientos. El daño físico provocado por el viento en los troncos y en los delgados brotes terminales es una de las varias causas de horquetas en el *P. pseudostrobus* que Loock observó en Sud Africa (1). Donde diez o más árboles de una misma especie fueron medidos, los diámetros promedios a la altura del pecho fueron calculados. Oscilaron entre cuatro y nueve centímetros.

#### Vigor

Al quinto año de plantación, la mayoría de los árboles estaban vigorosos y saludables. En la isla Maui, 93 por ciento o más de los ejemplares de nueve especies fueron clasificadas como de buen vigor pero en *P. oocarpa* sólo 34 por ciento obtuvieron esta clasificación. Las cinco especies de la isla Molokai se clasificaron con vigor de 90 por ciento o más (Cuadro 2).

#### Forma

Sólo aproximadamente dos tercios de los árboles en Maui y menos de la mitad en Molokai tenían troncos

simples y rectos. Las especies con porcentaje más bajo fueron *P. oocarpa* (24 por ciento) en Maui y *P. leiophylla* (14 por ciento) en Molokai. Como era de esperarse, los factores genéticos jugaron un papel muy importante. La historia de las semillas utilizadas indicaba que la mayoría de los árboles padres (de México) fueron clasificados como de forma del tronco regular o pobre. Debe tenerse en cuenta que la mayoría de los árboles padres eran ejemplares que habían sido dejados en las áreas de cosecha y por lo tanto podemos suponer que fueron dejados debido a que se les consideró árboles pobres. Diferencias debidas a fuentes de origen de las semillas fueron observadas en el comportamiento del *P. leiophylla* representado por semillas cosechadas en Puebla a 2480 m de altura y a 2100 m en Michoacán. Setenta y seis por ciento (de 102 árboles) de los ejemplares provenientes de semillas cosechadas en Puebla tuvieron troncos simples y rectos comparado con 22 por ciento (de 143 árboles) de origen en Michoacán. Los dos orígenes en la isla Maui promediaron 45 por ciento en buena forma.

#### Heridas y anomalías

Los vientos fuertes ocurridos en las islas Maui y Molokai dañaron a unas especies más que otras. En Maui el porcentaje en ocho especies que no pudo ser medido debido al daño provocado por fuertes vientos (troncos partidos o derribados) variaba entre cero y cuatro por ciento. En *P. leiophylla* y en *P. patula* el porcentaje fue mucho mayor, 7 y 9 por ciento respectivamente. En Molokai el daño provocado por los vientos fue de 7 por ciento en *P. leiophylla* pero menos de 2 por ciento en cada una de las cuatro especies restantes.

Los únicos ataques serios de insectos aparecieron en la isla Maui donde dos clases de áfidos fueron encontrados en todas las especies excepto en *P. michoacana* variedad *cornuta*. Dichos áfidos fueron identificados por un entomólogo del gobierno de Hawaii como *Cinera carolina* Tissot y *Macrosiphum avense* Fabricius. Eventualmente fueron controlados por un coleóptero depredador *Hippodamia convergens* Guerin-Mendville. No se observó ninguna enfermedad.

En Maui tres especies sufrieron daños de heladas, *P. oocarpa*, *P. patula* y *P. leiophylla*. Treinta y siete por ciento del *P. oocarpa* sufrieron muerte de las yemas y tallos terminales o muerte regresiva desde el ápice hacia la base y unos pocos ejemplares murieron completamente. Los ataques de la helada en *P. patula* y *P. leiophylla* fueron menos comunes.

En Molokai tres por ciento de los troncos fueron anillados parcialmente o completamente por puercos salvajes. Parecieron escoger los ejemplares mejores e ignorar completamente al *P. michoacana* v. *cornuta*.

Durante un período de dos o más años unos pocos ejemplares de tres especies desarrollaron largas porciones de troncos sin ninguna rama lateral ("cola de zorro"). Este tipo de crecimiento generalmente ocurre cuando pinos de origen de zonas templadas se introducen en zonas tropicales o subtropicales. Sólo 2 por ciento de *P. montezumae*, *P. pseudostrobus* y *P. leiophylla* en Maui y 2 por ciento del *P. pseudostrobus* en Molokai mostraron esta anomalía.

### Conclusiones

Previas observaciones indican que México merece mayor atención como posible fuente de semillas de pinos a ser introducidas en sitios de condiciones adversas en Hawái. El crecimiento y vigor han sido excelentes si tenemos en cuenta las condiciones adversas del lugar de plantación. Las semejanzas en latitud (duración del día), altura snm, y precipitaciones entre el lugar de origen de semillas en México y los lugares de ensayo en Hawái parecen haber sido la causa del éxito obtenido. Con excepción de casos aislados de daños de heladas y de heridas provocadas por fuertes vientos, los árboles mostraron perspectivas de éxito en lugares de Hawái con condiciones similares a las zonas de ensayo.

A los cinco años de plantación, once de las clases de árboles (nueve especies, una variedad y una forma) plantadas en Maui a 1970 m de altura snm y todas las cinco especies plantadas en Molokai a 975 m mostraron buenos resultados. El promedio anual de crecimiento en estas especies variaba de 0,3 a 0,9 m en Maui y de 0,3 a 0,7 m en Molokai. Creemos que con plantitas de buena calidad y condiciones de humedad favorables en el momento de plantación se podría obtener un mejor porcentaje de supervivencia.

Las especies que mostraron buen comportamiento tanto en la isla de Maui como en Molokai fueron *P. montezumae*, *P. michoacana* v. *cornuta*, *P. pseudostrabus*, *P. tenuifolia* y *P. leiophylla*. Las especies que sólo se plantaron en Maui y que mostraron valor potencial son *P. montezumae* f. *macrocarpa*, *P. hartwegii*, *P. michoacana*, *P. rudis*, *P. patula* y *P. teocote*. Estas prometen ser

valiosas para ser utilizadas en protección de cuencas (control de inundaciones, control de erosión y regulación de corrientes de agua), en sitios de recreación y en arquitectura paisajística.

Antes de poder dar una opinión definitiva del valor de estas especies para producción de madera se necesitan más años de experiencia.

### Literatura citada

- 1 LOOCK, E. E. M. The pines of Mexico and British Honduras. Union of South Africa, Department of Forestry Bulletin N° 35. Preface dated 1950. 244 p.
- 2 NELSON, ROBERT E. A record of forest plantings in Hawaii. U.S. Forest Service Res. Bul. PSW-1 Pacific S. W. For and Range Expt Sta., Berkeley, Calif. 1965. 18 p.
- 3 SAGER, WILLIAM H. and KORTE, K. H. Management plan for Kula Forest Reserve, Island of Maui. Hawaii Department of Land and Natural Resources. 1971. 52 p.
- 4 SAYLOR, L. C. and McELWEE, R. L. Collecting pine material in Mexico for provenance trials and wood studies. Univ of North Carolina at Raleigh, Technical Report N° 18. 1963. 23 p.
- 5 ———. Provenance testing Mexican pines in the U.S. and Brazil. In Proceedings of the Tenth Conference on Forest Tree Improvement. 1969. pp. 154-164.
- 6 ZOBEL, B. Mexican pines. In Genetic resources in plants, their exploration and conservation. O. H. Frankel and E. Bennet, Eds. 1970. Oxford, Blackwell Scientific Publications, England, 1970. pp. 375-379.

# Selectivity against weeds of phenoxyacetic acid herbicides applied in association with a liquid fertilizer\* \_\_\_\_\_

Z HUSSAIN\*\*

## COMPENDIO

*Se realizaron estudios sobre la posibilidad de aplicación de herbicidas en asociación con fertilizantes líquidos.*

*Se aplicaron dos fórmulas de ácidos fenoxiacéticos, a saber "Banlene plus" (A) y "Cambilene plus" (B), como herbicidas selectivos contra la mostaza silvestre (*Sinapis arvensis*) y la preseca (*Galium aparine*) en dos estados del crecimiento de cebada de primavera. Los herbicidas fueron aplicados individualmente en dosis de 2, 4, 6 kg/ha, y en forma combinada con un fertilizante nitrogenado (26 por ciento N) en dosis de 224 kg/ha.*

*El tratamiento aplicado cuando la cebada había completado su macolla fue más beneficioso que el aplicado en la etapa temprana del macollaje. Las pruebas que recibieron los tratamientos herbicidas combinados mostraron el rendimiento más alto de materia seca de cebada y el más bajo rendimiento de malezas, lo que sugiere una interacción favorable entre los herbicidas. Cuando los herbicidas se usaron individualmente, fue necesaria una dosis de 4 kg/ha para un control eficaz de las malezas, pero en las parcelas donde se había usado aplicación combinada, fueron suficientes las dosis de 2 kg/ha de herbicidas para un efecto similar. — El autor.*

### Introduction

THE use of herbicides such as MCPA (2,4-D) on a commercial basis began nearly two decades ago, since when they have been used extensively with a variety of crops. Nevertheless, some weeds which were formerly highly sensitive now show a considerable tolerance of these herbicides. For example, *Galium aparine*, effectively controlled by MCPA in the 1950's, has shown progressive resistance. The addition of 2,3,6-TBA (trichlorobenzoic acid) has been recommended. This compound is highly persistent and may remain in the soil for more than one season; hence a particular hazard arises when the straw of sprayed cereals is used subsequently as a mulch for susceptible glasshouse crops (2).

Slight changes in formulation have been shown to increase the selectivity of some herbicides. For example, "Banlene plus" (MCPA + dicamba + mecoprop) controlled chickweed (*Stellaria media*) up to 13 cm high, while "Cambilene plus" (MCPA + dicamba + mecoprop + 2,3,6-TBA) is recommended for controlling weed species up to 20 cm (3). Within the limited range available, emphasis has been placed on the mixing of various types of closely related herbicides and it is desirable to study the effectiveness of such mixtures in association with a fertilizer. With this objective, the work reported here was designed to look into the feasibility of the application of a nitrogen fertilizer in association with herbicides, either individually or in combination, as a post-emergence spray to a greenhouse-grown barley. An attempt has been made to examine some growth characteristics of the crop plants, the extent of weed control, and the relevant changes induced in the crop due to weed competition.

\* Received for publication February 20, 1974

\*\* Present address: Hofuf Agricultural Research Centre, P.O. Box 158, Al Hofuf, Saudi Arabia.

### Materials and methods

The experiments were performed at the University of Leeds, England, Experimental Station, on a sandy loam soil containing sand 58 per cent, silt 25 per cent and clay 17 per cent, with 2 per cent organic matter. The treatments were arranged in a completely randomized design with two replications. The nitrogen fertilizer\* was a 26 per cent solution containing ammonium nitrate and urea and was applied at a constant rate of 22.4 kg/ha. "Banlene plus" (MCPA + dicamba + mecoprop)\*\* and "Cambilene plus" (MCPA + dicamba + mecoprop + 2,3,6-TBA)\*\* were used as selective herbicides against charlock (*Sinapis arvensis*) and cleavers (*Galium aparine*). Each was applied at rates equivalent to 2, 4 and 6 kg/ha. Where these were applied together, the volume of each was reduced to half, so that the total rate of the mixture remained 2, 4 and 6 kg/ha. The chemicals were applied through a chromatographic spray (Quickfit 19/26) on plots consisting of horticultural trays 15 x 10 x 5 in. The spray was connected to an air pump and the amount of liquid applied was calculated on a weight basis as a function of time. The spray produced uniform droplets of less than 275  $\mu$ m diameter and enabled the experimental plots to be covered very precisely. Barley (c.v. 'Julia') seedlings were transplanted on January 15th 1970 at 8 seedlings per plot, and at the same time 6 seedlings of each weed species per plot. Details of the treatments are shown in Table 1.

### Results

#### Vegetative growth and weed control

Treatments with 'Cambilene plus' or combined herbicidal application at the rate of 4 or 6 kg/ha checked charlock growth markedly. The majority of plants showed abnormal growth in the form of curled leaves; the apex or growing point was distorted and showed a ring like structure. Individual herbicides at 2 kg/ha were considered inadequate for charlock: complete check was not observed and re-growth was frequent. However, charlock showed a high susceptibility to the combined herbicidal treatment at this rate, comparable to the treatments with individual herbicides at 4 kg/ha.

Delaying the spraying time did not show visible resistance of charlock to any herbicidal treatment. Cleavers (*Galium aparine*) did not show any differential effects of the herbicide rates, but there was a significant effect with the time of application: this weed was completely checked at the spraying time  $T_1$ . Even the lowest rate (2 kg/ha) gave control comparable to that of a higher rate (4 kg/ha) at this spraying time. When the spraying was carried out at time  $T_2$ , re-growth was noticed, especially in plots where "Banlene plus" was used up to the rate of 4 kg/ha. In general, "Cambilene plus" was more effective against charlock and "Banlene plus"

Table 1—The experimental details

Experimental code	Date of spraying	Growth stages					
		Barley		Charlock		Cleaver	
		I.S.	H (cm)	I.S.	H (cm)	I.S.	H (cm)
$T_1$	18-5-1970	5-7	23	11-14	20	—	15
$T_2$	29-5-1970	T.C.	33	F	42	—	28

Transplanting date = January 15, 1970

I.S. = Leaf stage

H = Height

T.C. = Tillering completed

F = Flowering completed

against cleaver. The combined application was effective against both the weed species.

The actual number of weeds killed due to a particular treatment was not counted. Instead, the dry-matter yield of weeds in grams per plot (including their seeds and dead leaves) was estimated at the final harvest. From Table 2 it is apparent that the combined application of herbicides had the most consistent effects, and the weed yield was lowest. There was a significant increase in weed yield with the delay in spraying time, particularly at the lower herbicide rates.

#### Growth analysis of barley

This was performed immediately after harvesting, with the results shown in Table 2.

*Number of ears per plant.* In general the combined herbicidal treatments resulted in higher ear numbers per plant than when the herbicides were applied singly. Increasing the herbicide rates did not show any specific effect on ear number. Delaying the spraying time caused, in general, a decrease in ear number when the herbicides were used up to the rate of 4 kg/ha, but an increase was noted with the delay in spraying time at highest herbicidal levels (6 kg/ha). There was a significant interaction between herbicides and their rates of application ( $p < 0.05$ ), but the interaction between herbicides and time of application was non-significant ( $p > 0.05$ ). Table 2 also reveals that control plots had significantly lower ear numbers per plant.

*Number of fertile spikelets per ear.* The herbicides individually did not influence spikelet number significantly ( $p > 0.05$ ). However, there was a significant effect with their rates of application ( $p < 0.01$ ), and a much more pronounced one in plots which received the combined herbicides. Spraying times were significant ( $p < 0.01$ ): in general, delay resulted in decreased spikelet numbers. In spite of the insignificant effects of the herbicides, the effect of spraying times was very marked ( $p < 0.01$ ), which suggested that herbicides react differently at different spraying times.

\* Sample courtesy Fisons Ltd. Cambridge, England.

\*\* Samples of commercial products courtesy Schafers Ltd., Doncaster, England.

Table 2—The effect of herbicide/fertilizer application on the yield of weeds and spring barley.

Herbicides	Rates of applications kg/ha	Weed yield (g/plot)		No of ears		Fertile spikelets/ear		Grain yield (g/plant)		Kernel yield (g/plant)		Chaff yield (g/plant)	
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
Banlene plus (A)	2	3.45	4.92	4.1	3.2	21.2	21.2	1.85	2.13	1.36	1.42	0.25	0.18
	4	3.40	4.86	3.2	3.2	22.6	23.2	2.53	2.43	2.13	1.21	0.25	0.33
	6	0.45	1.76	3.2	3.2	21.9	23.2	2.20	2.36	1.92	2.02	0.29	0.35
Cambilene plus (B)	2	2.58	5.16	2.0	2.6	23.2	20.2	2.12	1.94	1.21	1.16	0.33	0.21
	4	0.90	1.96	2.1	2.4	23.2	21.4	1.75	1.40	2.11	2.32	0.42	0.42
	6	1.68	1.92	2.0	2.4	21.5	23.1	1.94	2.20	1.77	1.42	0.34	0.36
(A+B)	2	2.87	4.18	3.1	2.1	21.7	20.9	1.37	1.90	2.78	1.38	0.25	0.18
	4	2.54	3.20	3.4	3.6	22.5	20.6	2.47	2.31	1.70	1.41	0.33	0.30
	6	0.78	1.25	3.9	3.4	25.7	23.9	1.36	2.07	2.55	1.46	0.18	0.18
	Control	9.44		1.1		12.2		0.46		0.41		0.21	
I.S.D.	5%	0.38		0.12		1.34		0.58		0.20		0.11	
	1%	0.39		0.17		1.84		0.72		0.28		0.15	

It is also worth mentioning that the control plots showed a considerable decrease in spikelet numbers, amounting to just over 50 per cent of the average of the rest of the treatments. From this, the extent of weed competition in the control plots can be easily assessed.

*Dry-matter yield.* In Table 2 this is divided into grain yield, chaff yield (leaves and stem) and kernel yield, each described separately.

*Grain yield.* The data revealed that the herbicides affected the grain yield significantly ( $p < 0.01$ ) and suggested that "Banlene plus" gave the highest grain yield, followed by the plots which received the combined herbicidal treatments (average of three rates). The statistical analysis also revealed that the rates of herbicide application were not significant ( $p > 0.05$ ). On average, the rate of 4 kg/ha have the maximum yield.

*Chaff yield.* While the effect of the herbicides was insignificant ( $p > 0.05$ ), in general the rate of 4 kg/ha have the highest yield. It is interesting to note that plants which received the combined application at the rate of 2 kg/ha gave yields closer to the plants which received the "Cambilene plus" at 4 kg/ha. The statistical analysis also revealed that the time of application had a highly significant influence on the yield ( $p < 0.01$ ). In general there was a reduction in yield with a delay in spraying time, most significantly where herbicides had been used at 6 kg/ha. In agreement with the other observations, the yield in the control plots

decreased significantly in comparison with the treated plots ( $p < 0.01$ ).

*Kernel yield.* This was significantly affected by the herbicides ( $p < 0.01$ ), a comparison suggesting that "Cambilene plus" gave the highest dry-matter yield. On average yield was highest where the herbicides had been applied at 4 kg/ha. Any change, e.g. increase or decrease, in the above rate had an unfavourable influence. The spraying times had an insignificant influence ( $p > 0.05$ ). The control plots did not show any comparative decrease in yield.

*Total nitrogen uptake by plants (Table 3)*

On average, "Banlene plus" resulted in the highest uptake. There was no substantial difference between the plants which received "Cambilene plus" or the combined herbicidal treatment. Of the rates of application, 4 kg/ha gave the maximum uptake; at this rate, combined application gave respectively 10 per cent and 2.5 per cent higher uptake than with the "Cambilene plus" and "Banlene plus" treated plants. Increasing the rate to 6 kg/ha resulted in reduced uptake.

*Discussion*

Results of the experiments were satisfactory in that the fertilizer application in association with the herbicides not only increased the dry-matter yield of the



Table 3—The effect of herbicide/fertilizer application on nitrogen uptake by spring barley (mg per plants)

Herbicides	Rates of applications kg/ha	T <sub>1</sub>			T <sub>2</sub>			Total	
		Grain	Chaff	Kernel	Grain	Chaff	Kernel	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
Banlene plus (A)	2	29 230	11 152	3 350	40 896	12 212	2 682	43 932	55 790
	4	42 504	17 173	3 025	39 366	12 342	4 257	62 701	55 965
	6	39 160	14 593	3 596	35 164	22 624	4 515	57 348	62 303
Cambilene plus (B)	2	34 344	11 132	4 587	35 114	11 368	2 877	50 063	49 359
	4	32 351	17 302	5 460	27 720	20 416	5 626	55 115	53 762
	6	35 502	16 284	4 624	32 120	10 508	5 256	56 910	47 884
(A+B)	2	21 783	14 456	3 450	37 620	11 868	2 502	39 689	51 990
	4	42 237	17 340	4 257	39 732	14 664	4 140	63 834	58 536
	6	26 112	15 810	2 304	36 088	14 641	2 226	44 226	53 215

Control Grain N uptake 2 121. Chaff N uptake 7 004. Kernel N uptake 2 911. Total N uptake in control plot 12 036.

barley but also progressively reduced the dry-matter yield of the weeds. The principal factor governing effective weed control is correlated to the stage of development of plants, which is of considerable importance for the herbicides of auxin types. There was a significant increase in the dry-matter yield of weeds with the delay in spraying time (Table 2). This may be attributed to the resistance developed by the weeds at T<sub>2</sub>.

It is a recognized fact that the growth surroundings of crop plants at the time of tillering and ear initiation play an active role in the development of plants at their later stages. In this experiment, at T<sub>2</sub>, the crop plants had completed their tillering stage, and the weeds showed extended growth. In these circumstances a reduction in the grain yield of the crop was expected, since the main factors governing the grain yield, such as fertile spikelets/ear and number of ears/plant (Table 2) showed a significant reduction at T<sub>2</sub>. In contrast, as had been expected, the grain yield did not show a significant decrease at T<sub>2</sub>. The damage caused by weed competition in the early stages of the crop plants, which was largely responsible for reducing ear number/plant, fertile spikelets etc., was rectified by the combined herbicide-fertilizer application at T<sub>2</sub>. It appeared that the combined application at T<sub>2</sub> increased the size considerably. This assumption is in accord with the observation made by Belger (1) and Kopecky (4), who found that fertilizer application at ear initiation of cereals increased the weight of grain.

Similarly, the chaff yield did not show any significant reduction at time T<sub>2</sub> (Table 2). These observations confirmed the earlier assumption that the application at T<sub>2</sub> not only resulted in higher grain yield, but it also had favourable effects on other plant parts. Applying the combined herbicide-fertilizer at T<sub>1</sub> did not show any increase in the yield of barley, in spite of the reduced

weed yield. It is probable that, at this time, the application had also irrecoverably damaged the crop plants.

The plots which received the combined herbicidal treatment showed the highest dry-matter yield of barley. This indicates a favourable interaction between the two herbicides ("Banlene plus" and "Cambilene plus"). When the herbicides were used individually, a minimum rate of 4 kg/ha was found necessary to give satisfactory weed control, but with combined application the rate of 2 kg/ha seems to have sufficed for a comparable effect.

The 4-chloro-2-methylphenoxyacetic acids at the rate of 6 kg/ha were found to increase the percentage of abnormal ears, and despite improvements in weed control had resulted in reduced cereal yields (6). In agreement with the above observation, a significant reduction in crop yield was expected at the higher herbicide rates, but surprisingly this did not occur, in spite of reduced dry-matter yield of weeds. It seems likely that the fertilizer application in association with the herbicides had reduced the toxic effects of the latter, but this needs further investigation.

It appeared that herbicides at higher rates may have had a stimulating effect on crop growth in the combined herbicide-fertilizer application. This is in accordance with Kosovac (5), who reported the same effect of MCPA herbicide in conditions of adequate soil nutrient supply.

The nitrogen uptake by grains was higher at T<sub>2</sub> than at T<sub>1</sub>, which was largely due to the increase in dry-matter yield (Table 2). Similarly, nitrogen uptake by other components of the yield (chaff) was also enhanced at T<sub>2</sub> (Table 3). As a result total nitrogen uptake (mg per plant) was higher at T<sub>2</sub> than at T<sub>1</sub>. It might be expected that nutrient uptake by the weeds would have continued when the spraying time was delayed. On the contrary, observations did not bear this out, perhaps because the soil was not dressed with fertilizers.

Although a favourable interaction between the herbicides existed, which increased their selectivity against weeds as well as accelerating the nitrogen uptake, the results would have been more satisfactory had the work been done under field conditions. The lethal effects of herbicides on crop plants tend to be increased under glasshouse conditions, since plants show more tender growth and reduced competence. Experiments under field conditions might give more pronounced interaction and hence a more favourable crop yield.

#### Summary

Experiments studied the feasibility of application of herbicides in association with liquid fertilizers.

Two commercial formulations of phenoxyacetic acids, namely "Banlene plus" (A) and "Cambilene plus" (B), were applied as selective herbicides against charlock (*Sinapis arvensis*) and cleavers (*Galium aparine*) at two growth stages of spring barley. The herbicides were applied individually at rates of 2, 4, 6 kg/ha, and in combined form with a nitrogen (26 per cent N) fertilizer (224 kg/ha).

The treatment applied when the barley had completed its tillering stage was more beneficial than that at the early tillering stage. The plots which received the combined herbicidal treatments showed the highest dry-matter yield of barley and the lowest weed yield, suggesting a favourable interaction between the herbicides. When the herbicides were used individually, a minimum

rate of 4 kg/ha was found necessary for effective seed control, but in plots where the combined application had been used, herbicides at the rate of 2 kg/ha seemed to have sufficed for an equal effect.

#### Literature cited

1. BELGER, U. Investigations on the effects of late application of nitrogen on grain yield and properties of baking quality in winter and spring wheat. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 42:667-701. 1965.
2. HARTLEY, G. S. Herbicide behaviour in the soil: physical factors and action through the soil. In AUDUS, I. J., ed. The physiology and biochemistry of herbicides. London and New York, Academic Press, 1964.
3. FISONS LTD. Agricultural Chemicals. Fison advisory leaflet. London, England. 1961.
4. KOPECKY, M. Effect of time of application of nitrogen on grain yield and nitrogen content of dry matter of winter barley. Rostlinna Vyroba 14(41):533-534. 1968. (Russian).
5. KOSAVAC, Z. Biological and residual effect of herbicides on the basis of triazine and phenoxyacetic acid on weeds in maize on chernozem in South Backa. 1. On the possibility of omitting cultivation on chernozem when using herbicides on the basis of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and chloroaminotriazine. Savremena Poljoprivreda (Sarajevo) 14(9):755-778. 1966. (In Serbo-Croat). Field Crop Abstracts 20:297. 1967.
6. PETERSON, E. J. Chemical control of weeds in winter cereals. Tidsskrift for Planteavl 69(3):410-417. 1965. (Danish). Weed Abstracts 17:107. 1968.

# Criterios de selección para mejorar el rendimiento de grano en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)<sup>\*1/</sup>

C. V. PANIAGUA, A. M. PINCHINAT\*\*

## ABSTRACT

*Heritability, genetic advance, and phenotypic and genotypic correlation coefficients calculated for grain yield and six characters associated with grain yield were taken as selection criteria to improve grain yield in two groups of dry beans.*

*From the results it appeared that grain yield in the bean lines studied could be improved by selecting for the highest number of pods/plant, number of grains/pod, and number of nodes/plant. In some cases selection on that basis would also imply selecting plants with the largest main stem diameter and longest pods. The selection for grain size would depend primarily on market preferences — The authors.*

## Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una fuente importante de proteína en la dieta humana. Sin embargo, debe mejorarse el rendimiento de grano de la planta para aumentar la producción y rentabilidad del cultivo.

Para establecer el método más apropiado que permita seleccionar variedades de frijol genéticamente superiores en rendimiento de grano es útil estimar la porción hereditable de la variación fenotípica asociada a ese carácter. La proporción de la variancia genética aditiva ( $Vg_2$ ) en relación con la variancia fenotípica ( $Vf_2$ ) frecuentemente se ha empleado para indicar la hereditabilidad ( $H$ ) de un determinado carácter (11). Este índice  $H$  expresa la confiabilidad del valor fenotípico como reflejo del valor reproductivo del carácter (7). Con base en la magnitud de  $H$ , la amplitud de la variancia fenotípica de la población y la intensidad de selección, puede calcularse el grado de progreso genético ( $\Delta g$ ) correspondiente alcanzable (2). El índice  $\Delta g$  estima la respuesta del carácter a la selección aplicada.

El mejoramiento del rendimiento de grano puede acelerarse seleccionándose los caracteres que guarden estrecha relación positiva con dicho rendimiento. Por eso, junto con la estimación de  $H$  y  $\Delta g$ , conviene también determinar los coeficientes de correlación fenotípica y genotípica tanto entre el rendimiento y los caracteres asociados al rendimiento (componentes del rendimiento) como dentro del grupo formado por los componentes mismos.

El trabajo cuyos resultados se analizan aquí se llevó a cabo para establecer algunos criterios de selección para mejorar el rendimiento de grano en dos grupos de líneas de frijol, con base en:

1. El índice de hereditabilidad del rendimiento de grano propio y del de seis componentes del rendimiento
2. El índice de progreso genético alcanzable en cada variable, y
3. El grado de correlación fenotípica y genotípica entre las siete variables estudiadas.

## Materiales y métodos

Se formaron dos grupos de materiales, constando cada uno de dos líneas puras de frijol común. El primer grupo o experimento ( $E_1$ ) incluyó las líneas de grano negro y el otro ( $E_2$ ), las líneas de grano rojo.

\* Recibido para la publicación el 5 de enero de 1976.

<sup>1/</sup> Basado en la tesis de grado del primer autor, presentada como requisito parcial para el título de *Magister Scientiae* en la Escuela para Graduados del Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.

\*\* Respectivamente, exalumno graduado (ahora estudiante graduado Michigan State University, East Lansing Michigan), y genetista, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

En E<sub>1</sub>, los progenitores fueron la línea NH-154 (P<sub>1</sub>) proveniente de la variedad 'México 497' y la línea NH-401 (P<sub>2</sub>), proveniente de la variedad 'S-184-N'. En E<sub>2</sub>, los progenitores fueron la línea RH-20 (P<sub>1</sub>), proveniente de la variedad '27-R' y la RH-228 (P<sub>2</sub>), proveniente de la variedad 'Rojo de Seda'.

Los cruzamientos dentro de cada grupo se efectuaron en el invernadero de acuerdo con las técnicas sugeridas por Buishand (3), produciéndose las generaciones F<sub>1</sub> (P<sub>1</sub> x P<sub>2</sub>), RC<sub>1</sub> (P<sub>1</sub> x F<sub>1</sub>) y RC<sub>2</sub> (P<sub>2</sub> x F<sub>1</sub>).

Parte de la semilla F<sub>1</sub> se volvió a sembrar en el invernadero para producir la generación F<sub>2</sub>, por autofertilización. Finalmente las poblaciones P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>, RC<sub>1</sub>, RC<sub>2</sub> y F<sub>2</sub> de cada grupo se sembraron en el campo (Alajuela, Costa Rica) en el verano del año 1973, bajo riego, en un diseño irrestrictamente al azar y surcos de 10 m de largo. Se dejó suficiente espacio entre surcos (70 cm) y plantas (20 cm) para facilitar la toma de datos. El número de semillas sembradas en el campo fue tanto como para permitir la obtención de tamaño de muestras acorde con las indicaciones de Weber y Moorthy (15).

Las siete variables se midieron sobre las plantas cultivadas en el campo, consideradas individualmente.

La hereditabilidad, en sentido estricto, se evaluó mediante el método factorial ilustrado por Warner (13) y Allard (2), según el cual:

$$H = [2 V^2F_2 - (V^2RC_1 + V^2RC_2)] (V^2F_2)^{-1} \quad [1]$$

donde V<sup>2</sup>F<sub>2</sub>, V<sup>2</sup>RC<sub>1</sub> y V<sup>2</sup>RC<sub>2</sub> corresponden a la variancia fenotípica respectiva de las poblaciones F<sub>2</sub>, RC<sub>1</sub> y RC<sub>2</sub>. La significancia estadística de los valores de H se estimó por la prueba aproximada F (designada prueba F'), según propuesta por Liang *et al.* (10).

El progreso genético se estimó según la ecuación indicada por Allard (2):

$$\Delta g = k VF^2 H \quad [2]$$

donde k corresponde a la intensidad de selección; VF<sub>2</sub>, a la desviación típica fenotípica de la población F<sub>2</sub> y H, al índice de hereditabilidad. Se supuso una intensidad de selección del 5 por ciento, resultando en k = 2,06.

Para calcular los coeficientes de correlación fenotípica y genotípica en la F<sub>2</sub>, se utilizaron las fórmulas propuestas por Weber y Moorthy (15), cambiando algunos símbolos de la fórmula original.

### Resultados y discusión

La media y variancia fenotípica de los siete caracteres estudiados se presentan en el Cuadro 1 para E<sub>1</sub>,

Cuadro 1.—Media y variancia fenotípica de siete caracteres en E<sub>1</sub>.<sup>1/</sup>

Parámetro	Generación	Nº de plantas	Carácter <sup>2</sup>						
			A	B	C	X	Y	Z	W
Media	P <sub>1</sub>	20	5,21	12,30	13,37	11,80	6,10	0,33	24,45
	P <sub>2</sub>	25	6,14	23,08	11,54	23,08	6,31	0,24	34,77
	F <sub>1</sub>	31	5,13	22,35	11,70	21,29	5,83	0,28	34,93
	RC <sub>1</sub>	45	5,23	17,67	11,07	16,22	4,64	0,29	21,60
	RC <sub>2</sub>	67	5,48	21,95	10,79	20,82	5,46	0,26	29,11
	F <sub>2</sub>	246	5,21	18,31	10,52	16,99	4,61	0,27	20,92
Variancia	P <sub>1</sub>	20	0,2984	11,1784	8,2432	14,2737	0,6105	0,0011	101,8177
	P <sub>2</sub>	25	0,3242	25,2433	3,9116	51,2433	0,5361	0,0006	122,5491
	F <sub>1</sub>	31	0,3175	32,1032	5,4800	44,6129	0,2786	0,0003	143,4064
	RC <sub>1</sub>	45	0,6497	84,0909	19,1185	56,5858	1,0939	0,0019	104,9326
	RC <sub>2</sub>	67	0,6348	51,9222	9,7913	61,1189	1,1582	0,0012	192,1170
	F <sub>2</sub>	246	0,9545	100,7792	22,2554	69,9550	1,8217	0,0022	178,1063

1/ Frijol de grano negro.

2/ Las letras tienen el siguiente significado:

- A — Diámetro del tallo (mm)
- B — Número de nudos/planta
- C — Longitud de vaina (cm)
- X — Número de vainas/planta

- Y — Número de granos/vaina.
- Z — Peso promedio de un grano (g)
- W — Rendimiento de grano/planta (g)

Cuadro 2.—Media y variancia fenotípica de siete caracteres en E<sub>2</sub>.<sup>1/</sup>

Parámetro	Generación	Nº de plantas	Carácter <sup>2</sup>						
			A	B	C	X	Y	Z	W
Media	P <sub>1</sub>	20	5,31	12,55	9,67	13,80	3,80	0,37	19,54
	P <sub>2</sub>	22	4,22	17,14	8,90	12,68	4,62	0,27	15,54
	F <sub>1</sub>	18	5,02	19,44	8,58	16,72	4,30	0,30	21,57
	RC <sub>1</sub>	31	5,09	17,84	8,32	14,29	3,43	0,31	15,28
	RC <sub>2</sub>	27	4,33	16,59	7,85	11,78	3,49	0,25	10,66
	F <sub>2</sub>	284	4,91	19,96	7,75	13,34	3,07	0,28	11,99
Variancia	P <sub>1</sub>	20	0,1862	6,5558	6,1063	8,9053	1,1916	0,0004	28,6798
	P <sub>2</sub>	22	0,1349	36,5043	2,5714	20,6082	0,2647	0,0003	29,6599
	F <sub>1</sub>	18	0,2921	25,0850	2,4065	19,6242	0,1629	0,0003	30,7666
	RC <sub>1</sub>	31	1,1427	147,5398	7,0273	54,9462	0,5223	0,0016	75,8960
	RC <sub>2</sub>	27	0,3671	38,9430	6,8336	20,4872	0,6167	0,0014	35,3080
	F <sub>2</sub>	284	0,9378	136,2564	9,4913	47,6957	0,8952	0,0026	65,3110

1/ Frijol de grano rojo

2/ El significado de las letras figura en el Cuadro 1

(frijol de grano negro) y en el Cuadro 2, para E<sub>2</sub> (frijol de grano rojo).

En E<sub>1</sub>, las medias parentales (P<sub>1</sub> y P<sub>2</sub>) más contrastantes fueron las correspondientes al número de vainas/planta (X), el número de nudos/planta (B) y el rendimiento de grano/planta (W); en E<sub>2</sub>, fueron las correspondientes a B, al peso de grano individual (Z),

al diámetro del tallo (A) y a W. En general, el contraste entre medias parentales fue más marcado en E<sub>1</sub> que en E<sub>2</sub>, lo cual se originó de la composición misma de los dos grupos de líneas de frijol.

Tanto en E<sub>1</sub> como en E<sub>2</sub> las variancias fenotípicas F<sub>2</sub> mayores se registraron para B, X y W y las menores para A, Y (número de granos/vaina) y Z. Una am-

Cuadro 3.—Índice de hereditabilidad y progreso genético de siete caracteres en la F<sub>2</sub> de dos grupos de líneas de frijol.<sup>1/</sup>

Índice (%) <sup>2</sup>	Grupo	Caracteres <sup>3</sup>						
		A	B	C	X	Y	Z	W
H	E <sub>1</sub> (Negro)	65,43**	65,04**	69,80**	31,74	76,37**	63,62*	25,39
	E <sub>2</sub> (Rojo)	38,79	63,13	52,91	41,94	72,79*	80,77**	29,73
Δg	E <sub>1</sub> (Negro)	25,19	73,46	64,45	32,25	51,84	22,22	33,36
	E <sub>2</sub> (Rojo)	15,68	75,65	43,35	44,53	45,93	28,57	41,28

1/ Cada grupo (E<sub>1</sub> o E<sub>2</sub>) incluye a dos líneas de frijol2/ H = hereditabilidad; Δg = esperanza de progreso genético (en 8% de la media F<sub>2</sub>)

3/ El significado de las letras figura en el Cuadro 1

\* Significativo al nivel P &lt; 0.05

\*\* Significativo al nivel P &lt; 0.01

Cuadro 4—Coeficientes de correlaciones fenotípicas y genotípicas de siete caracteres de frijol negro <sup>1/</sup>

Carácter <sup>2</sup>	Correlación <sup>3</sup>	Carácter <sup>2</sup>					
		A	B	C	X	Y	Z
B	F	0,65**	—	—	—	—	—
	G	0,29**	—	—	—	—	—
C	F	0,20**	0,26**	—	—	—	—
	G	0,21**	0,25**	—	—	—	—
X	F	0,69**	0,69**	0,08	—	—	—
	G	0,51**	0,73**	0,00	—	—	—
Y	F	0,16*	0,24**	0,71**	0,08	—	—
	G	0,19**	0,27**	0,74**	0,11	—	—
Z	F	—0,05	—0,08	0,10	—0,05	0,15	—
	G	—0,06	0,09	—0,14	0,07	0,14	—
W	F	0,59**	0,66**	0,42**	0,82**	0,51**	0,11
	G	0,68**	0,75**	0,40**	0,75**	0,70**	0,02

1/ Grupo E<sub>1</sub> incluyendo a dos líneas de frijol y seis generaciones (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>, RC<sub>1</sub>, RC<sub>2</sub> y F<sub>2</sub>)

2/ El significado de las letras figura en el Cuadro 1

3/ F — Coeficiente de correlación fenotípica.

G — Coeficiente de correlación genotípica

\* Significativo al nivel  $P < 0,05$

\*\* Altamente significativo ( $P < 0,01$ ).

plia variación fenotípica cuando es fiel reflejo de una correspondiente diversidad genética, augura una selección efectiva y eficiente.

Estas apreciaciones, junto con la presentación de los valores de media y variancia fenotípica de las generaciones F<sub>1</sub>, RC<sub>1</sub> y RC<sub>2</sub> en el Cuadro 1 y el Cuadro 2, ayudan a interpretar los índices de hereditabilidad y de progreso genético.

En el Cuadro 3 se presentan los índices de H y  $\Delta g$  estimados para los siete caracteres estudiados en E<sub>1</sub> y E<sub>2</sub>.

En E<sub>1</sub>, sólo los valores H correspondientes a X y W no alcanzaron la significancia estadística; en E<sub>2</sub>, sólo los valores H correspondientes a Z e Y la alcanzaron. Tanto en E<sub>1</sub> como en E<sub>2</sub>, el valor H correspondiente a W fue menor que el correspondiente a los componentes primarios de ese carácter (X, Y y Z). Tal resultado concuerda con lo obtenido en otros estudios con frijol (5) y con soya (8, 9). La baja hereditabilidad de W se explica por la fuerte influencia del ambiente sobre este carácter. Aparte de consideraciones estadísticas, fueron satisfactoriamente altos los índices H de Y, Z, B y C (longitud de vaina) en E<sub>1</sub> y E<sub>2</sub> y de A en E<sub>1</sub>.

El mayor progreso genético correspondió a B tanto en E<sub>1</sub> como en E<sub>2</sub>. En promedio, para ambos grupos, los índices  $\Delta g$  inmediatamente superiores correspondieron a C e Y y los más bajos a A y Z. Las limitadas variancias fenotípicas en A y Z (Cuadro 1 y Cuadro 2) aparentemente no pudieron ser compensadas por los valores H correspondientes para resultar en índices  $\Delta g$  mayores.

En el Cuadro 4 figuran los coeficientes de correlación fenotípica y genotípica entre los caracteres estudiados en E<sub>1</sub> y en el Cuadro 5, lo correspondiente a E<sub>2</sub>.

El carácter W, tanto fenotípica como genotípicamente, tuvo correlaciones positivas y altamente significativas con todos los demás caracteres en ambos grupos de líneas, salvo con Z en E<sub>1</sub> (Cuadro 4); en este caso la correlación WZ, tanto fenotípica como genotípica, fue positiva pero no alcanzó la significancia estadística. La más alta correlación entre W y los componentes en ambos grupos de líneas, fue WX, tanto fenotípica como genotípicamente. También, tanto en E<sub>1</sub> como en E<sub>2</sub>, fueron apreciables los índices de correlación, particularmente genotípica, WB y WY. Además, merece destacarse la correlación fenotípica y genotípica, relativa-

Cuadro 5—Coeficientes de correlaciones fenotípicas y genotípicas de siete caracteres de frijol rojo <sup>1/</sup>

Carácter <sup>2</sup>	Correlación <sup>3</sup>	Carácter <sup>2</sup>					
		A	B	C	X	Y	Z
B	F	0,62**	—	—	—	—	—
	G	0,65**	—	—	—	—	—
C	F	0,14*	0,13	—	—	—	—
	G	0,10	0,15*	—	—	—	—
X	F	0,46**	0,34**	0,17*	—	—	—
	G	0,43**	0,25**	0,17*	—	—	—
Y	F	-0,10	-0,21**	0,60**	0,21**	—	—
	G	0,12	0,22**	0,58**	-0,28**	—	—
Z	F	0,00	-0,02	0,24**	-0,01	-0,01	—
	G	0,00	0,00	0,30**	-0,01	0,00	—
W	F	0,31**	0,19**	0,45**	0,83**	0,57**	0,22**
	G	0,22**	0,72**	0,45**	0,81**	0,70**	0,25**

1/ Grupo E<sub>2</sub>, incluyendo a dos líneas de frijol y seis generaciones (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>, RC<sub>1</sub>, RC<sub>2</sub> y F<sub>2</sub>).

2/ El significado de las letras figura en el Cuadro 1

3/ F — Coeficiente de correlación fenotípica

G — Coeficiente de correlación genotípica.

\* Significativo al nivel  $P < 0,05$

\*\* Altamente significativo ( $P < 0,01$ ).

mente alta, entre W y A en E<sub>2</sub> (Cuadro 4). Las correlaciones fenotípicas o genotípicas de menor cuantía, en E<sub>1</sub> o E<sub>2</sub>, fueron aquellas entre W y Z. Esas relaciones del rendimiento de grano con los demás caracteres concuerdan, en gran parte, con observaciones de Pinchinat y Adams (12), Coyne (4) y Duarte y Adams (6) en frijol y con las de Weatherspoon (14) y Woodworth (16) en soya.

Dentro del grupo de componentes las únicas correlaciones negativas fenotípicas o genotípicas, se observaron para algunos casos de Z en E<sub>1</sub> (Cuadro 4) y de Y y Z en E<sub>2</sub> (Cuadro 5). Pero todas las correlaciones negativas, fueron prácticamente de poca magnitud, lo cual favorece la selección con base en los componentes del rendimiento. En ambos grupos de líneas, C e Y mostraron una correlación fenotípica y genotípica relativamente alta. Las correlaciones AB, AX y BX fueron también apreciables en ciertos casos.

Considerándose conjuntamente los índices de heredabilidad, progreso genético y correlaciones, resulta aparente que el rendimiento de grano en los grupos de frijol estudiados podría mejorarse, por selección de los

mayores: 1) número de vainas/planta, 2) número de granos/vaina y 3) número de nudos/planta. La selección de esos componentes podría implicar en ciertos casos la de plantas con también los mayores diámetros del tallo y longitud de vaina. La selección que reúna todos esos atributos concordaría en gran parte con el ideotipo básico de la planta de frijol concebido por Adams (1). El tamaño de grano deberá seleccionarse de acuerdo con las preferencias del mercado. Estos criterios, desde luego, no invalidan la necesidad de que la selección final se base en la capacidad de la variedad mejorada de frijol a ajustarse a los sistemas de producción en la zona anticipada.

#### Literatura citada

- 1 ADAMS, M. W. Plant architecture and physiological efficiency in the field bean. In Potentials of field beans and other food legumes in Latin America. Seminar. Series Seminars N° 2E. Cali (Colombia). 1973. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical pp 266-278

- 2 ALLARD, R. W. Principios de la mejora genética de las plantas Traducción del inglés por J. L. Montoya. Barcelona, Omega 1967 pp 88-121
- 3 BUIHAND, I. J. The crossing of bean (*Phaseolus spp*). Euphytica 5:41-50. 1956
- 4 COYNE, D. P. Correlation, heritability and selection of yield components in field beans, *Phaseolus vulgaris* L. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 93:388-396. 1968.
- 5 DENIS, J. C. Estimación de la hereditabilidad del rendimiento y sus componentes primarios en el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), correlaciones genotípicas y fenotípicas entre estos caracteres Tesis Mag Sci Turrialba, Costa Rica, IICA, 1967. 46 p.
- 6 DUARTE, R. A. y ADAMS, M. W. A path coefficient analysis of some yield components interrelation in field beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Crop Science 12:579-582. 1972.
- 7 FALCONER, D. S. Introducción a la genética cuantitativa Traducción del inglés por F. Márquez Sánchez 2a ed. México, Continental, 1970 pp. 167-168
- 8 GOPANI, D. D. y KABARIA, M. M. Correlation of yield with agronomic characters and their heritability in soybean (*Glycine max* L.). Indian Journal of Agricultural Science 40:847-853. 1970.
- 9 JOHNSON, H. W., ROBINSON, H. F. y COMSTOCK, R. E. Estimates of genetic and environmental variability in soybeans Agronomy Journal 47:314-318. 1955
- 10 LIANG, G. H., REDDY, C. R. y DAYTON, A. D. Heterosis, inbreeding depression, and heritability estimates in a systematic series of a grain sorghum genotypes Crop Science 12:409-411. 1972.
- 11 LUSH, J. L. Animal breeding plans 3rd ed Ames, Iowa State College Press, 1945 pp 90-114
- 12 PINCHINAT, A. M. y ADAMS, M. W. Yield components in beans, as affected by intercrossing and neutron irradiation Turrialba 16:247-252. 1966
- 13 WARNER, J. N. A method for estimating heritability. Agronomy Journal 44:427-430. 1952
- 14 WEATHERSPOON, J. H. y WENTZ, J. B. A statistical analysis of yield factors in soybeans. Journal of the American Society of Agronomy 26:524-531. 1934.
- 15 WEBER, C. R. y MOORTHY, B. R. Heritable and nonheritable relationships and variability of oil content and agronomic characters in the F<sub>2</sub> generation of soybean crosses Agronomy Journal 44:202-209. 1952
- 16 WOODWORTH, C. M. Genetics of the soybean Journal of the American Society of Agronomy 25:36-51. 1933.



# Correlation between hydrocyanic acid levels in leaf and root of cassava (*Manihot esculenta* Crantz)<sup>1/</sup>—— C. C. MOH\*\*

## COMPENDIO

*Se estudió la correlación entre los niveles de ácido cianhídrico (HCN) en las hojas y cáscaras de las raíces de 26 cultivares de yuca, encontrándose que el coeficiente de correlación (r) era 0,59. Parece pues posible usar las hojas para la selección de bajos contenidos de HCN en el mejoramiento genético de la yuca. — El autor*

### Introduction

THE presence of the cyanogenic glucosides in cassava has long been known. In recent years, concern has arisen as to the probable toxic effects on humans using cassava as a staple food due to the hydrocyanic acid (HCN) released from the glucosides. Medical evidence has shown that tropical ataxic neuropathy in West Africa may be a manifestation of chronic cassava poisoning (2). Since cassava provides a major carbohydrate source in the diets of more than 200 million people in the tropics, the fundamental solution of the problem is to produce cassava cultivars very low in, or free from the glucosides. Breeding for low cyanoglucoside content is an objective for cassava improvement in a number of agricultural research centers.

To breed a biochemical character in plants usually requires an efficient and rapid screening technique, since a large population of plant materials may be involved in the screening process. Various assay methods for detecting the HCN released from the glucosides in plant tissues have been discussed by Zitnak (3). For rapid screening, we used the sodium picrate test as modified by Gilchrist *et al* (1). Once a desirable low HCN line is found and confirmed, we may use other analytical methods for more crucial determinations.

In cassava the roots are the principal part of the plant used for food; the leaves are occasionally consumed in some areas. For some early cultivars, the roots take at least six to eight months to mature after planting; and for other cultivars, they may take more than a year. Thus, to screen the cyanoglucoside content in the roots, there is usually a rather long period before the screening procedure can be performed. Moreover, excavating the roots for assay is time consuming and may possibly induce damage to the cassava plant. If other plant tissues, such as leaves, could be used to substitute for roots in screening, the efficiency of the screening procedure would be greatly increased. Thus, a study was carried out to determine whether the HCN levels in the leaf and in the root of a cassava cultivar are correlated. The experimental results are presented in this paper.

### Materials and methods

Twenty-six cassava cultivars were selected for the study. In a preliminary experiment using leaves for determining HCN levels, 6 were arbitrarily classified as high, 6 as low, and the rest as intermediate. Three stem cuttings from each cultivar were grown in a row in the field. After 4 months, when the plants were a meter or more in height, the full grown and healthy leaves, usually 4th or 5th leaf from the top of the plants, were used as samples for the HCN test. The root samples were taken when the plants were more than 6 months old. Only the roots with a diameter larger than 4 cm were used for the testing.

The method used for determining the HCN levels in cassava plant tissues was essentially that described by

\* Received for publication April 1, 1976

1/ This work was supported by the U.S. Energy Research and Development Administration under contract N° E (11-1)-2505, and supported in part by FAO/IAEA Research contract N° 16-17/RB. Publication N° COO-2505-04.

\*\* Nuclear Energy Program, Tropical Agricultural Research and Training Center, Turrialba, Costa Rica

Table 1—Optical densities of the eluted solution from the sodium picrate test of the leaves and root peels of 26 cassava cultivars.\*

Cultivar N <sup>o</sup> in the collection	Optical density**		Cultivar N <sup>o</sup> in the collection	Optical density**	
	Leaf	Root		Leaf	Root
4	0.35	0.38	68	0.36	0.37
9	0.34	0.27	69	0.34	0.25
11	0.37	0.18	72	0.36	0.28
23	0.35	0.23	73	0.36	0.26
26	0.59	0.32	74	0.36	0.22
32	0.34	0.16	75	0.37	0.32
33	0.34	0.14	76	0.19	0.27
37	0.34	0.16	79	0.34	0.27
45	0.51	0.45	91	0.17	0.26
51	0.51	0.34	93	0.81	0.37
52	0.19	0.16	95	0.50	0.31
53	0.16	0.16	112	0.14	0.22
61	0.50	0.26	113	0.17	0.12

\* Computed correlation coefficient ( $r$ ) = 0.59.

\*\* Mean of four determinations for leaf and four to six for root.

Gilchrist *et al.* (1). Twenty leaf disks were cut with a 0.5 cm metal tube (or cork borer) from a leaf and placed in a 1 x 10 cm test tube. Three drops of chloroform were added to the leaf disks. A filter paper strip, 1 x 7 cm in size, saturated with the alkaline picrate solution (25 g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and 5 g picric acid in 1 liter distilled H<sub>2</sub>O), was immediately suspended in the test tube with a cork stopper. After 5 hours at room temperature (20 - 25 C) in the laboratory, the paper strip was removed from the tube and eluted in 10 ml of distilled H<sub>2</sub>O. The optical density of the solution was measured by Bausch and Lomb Spectronic 20 colorimeter, set at a wavelength of 515 nm.

Since the highest concentration of the cyanogenic glucosides is in the peel of a cassava root, the peel was used to determine the HCN level. The same method used for the determination of HCN in the leaves was used for the root, except that only two peel disks were used in each test tube.

Each experimental datum recorded was an average of four different determinations of the optical density at various times for the leaf and four to six determinations for the peel.

### Results and discussion

Table 1 presents the experimental data on the optical density readings of the eluted solutions from the sodium picrate test of the leaves and the root peels of

the 26 cassava cultivars. These data represent the HCN recovered from the plant tissues but do not indicate the absolute amount of the HCN or the cyanogenic glucosides in the tissues. Providing that the HCN amount recovered by the present experimental method is proportional to the HCN quantity in the leaves or in the peels, the data can be used for calculating the correlation.

The correlation coefficient ( $r$ ) calculated from the experimental data in Table 1 is 0.59, suggesting a rather good association between the HCN levels in the leaves and the roots. Thus, it is feasible to use leaves instead of roots for screening in a breeding program for HCN content. This procedure allows a more efficient screening process.

The site of cyanoglucoside synthesis in a cassava plant is not yet known. Whether the synthesis is taking place in the leaves and in the roots independently, or the synthesis is taking place in a primary site followed by translocation to the other plant organs has not been established. However, there is little doubt that the production of the glucosides is due to genetic control. The cultivars of high HCN content remain high after years of cultivation and those of low content remain low, although the HCN content can fluctuate to a great extent under various environmental conditions. If genetic control is a predominant factor for the glucoside production in cassava, it is likely that a cultivar of low HCN content in the leaves is also low in the roots.

### Summary

An experiment was carried out to study the correlation between the hydrocyanic acid (HCN) levels in the leaves and the peels of the roots in 26 cassava cultivars. It was found that the correlation coefficient ( $r$ ) was 0.59. It thus seems feasible to use leaves for screening HCN content in a cassava breeding program.

### Literature cited

1. GILCHRIST, D. G., LUESCHEN, W. E., and HITILE, C. N. Revised method for the preparation of standards in the sodium picrate assay of HCN. *Crop Science* 7:267-268, 1967.
2. OSUNTOKUN, B. C. Ataxic neuropathy associated with high cassava diets in West Africa. In Nestel, B. and MacIntyre, R., eds. *Chronic Cassava Toxicity*. Ottawa, Canada, International Development Research Center, 1973. pp. 127-138.
3. ZIINAK, A. Assay methods for hydrocyanic acid in plant tissues and their application in studies of cyanogenic glucosides in *Manihot esculenta*. In Nestel, B. and MacIntyre, R., eds. *Chronic Cassava Toxicity*. Ottawa, Canada, International Development Research Center, 1973. pp. 89-96.

COMPENDIO

*Se presenta una definición cuantitativa de la forma y tamaño de almendras de cacao, al estado húmedo, basada en su longitud, ancho, profundidad y las superficies planas y transversales, la última obtenida mediante un corte transversal de la almendra. Se proponen ecuaciones empíricas para estimar el área a partir de la medición de cualquiera de las tres principales dimensiones. — El autor*

Introduction

**T**HE importance of a thorough understanding of the various physical properties of an agricultural material (e.g. cocoa beans) in developing both primary (farm) and secondary (industrial) processing equipment is being recognized at an increasing rate during the past few years by researchers and processors alike. This is evidenced by the number of research and review papers on this subject that are being published or presented at technical seminars and meetings (e.g. the recent National Science Foundation/Pennsylvania State University Workshop on "Design Applications of Mechanical Properties of Food Material"), along with the active participation of industry in such Proceedings (7).

In the case of cocoa beans, a comprehensive study in this respect was initiated by the author in early 1971 at the start of his former assignment with the Agricultural Engineering Division of the Cocoa Research Center at Itabuna, Brazil (3), although cocoa beans have been grown and processed for the chocolate or other secondary industries for over a 100 years. In this respect, cocoa serves as a typical example of an agricultural product where machinery and equipment has been developed in the past without due consideration of the important bio-engineering interface. The earliest recorded investigation on the physical properties of this material was made by Zehntner (9); a detailed review of later investigations in this field, along with the general scope of the present series of studies, has also been recently published (4). In the same paper, results obtained for angle of repose and bulk density of cocoa beans, as affected by bean moisture content during drying, has been discussed.

Another important aspect that has also been considered in the above paper in detail is the wide range within which the bean moisture content may vary (55-39 per cent, wet basis) at the end of the fermentation and at the start of the drying processes. Some physical properties of agricultural material are dependent on its

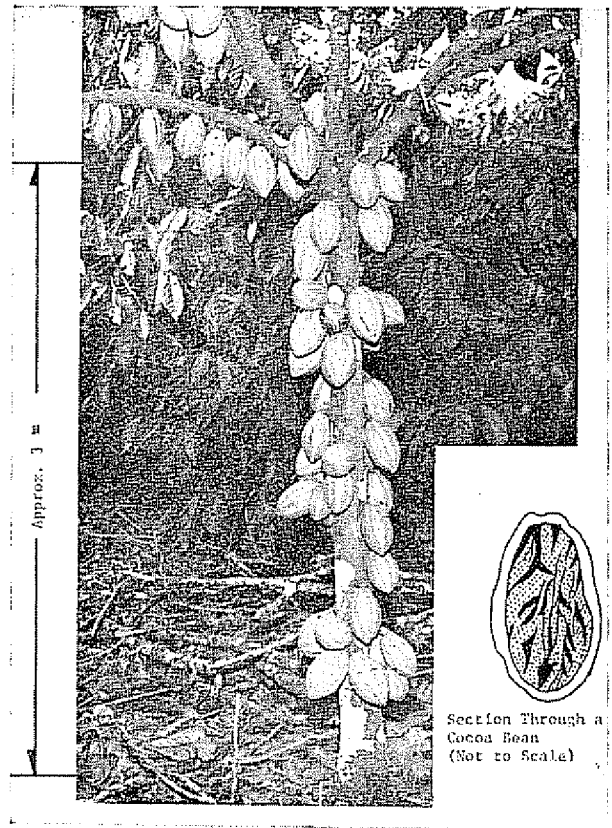


Fig 1 — Cocoa pods on the tree and a section through a cocoa bean

\* Received for publication January 21, 1976

1/ Presented as paper No 75-3536 at the winter meeting of the American Society of Agricultural Engineers, Palmer House, Chicago, Illinois, December 15-18, 1975

\*\* Present address: Advanced Development and Engineering Center, Gulf + Western Industries, Inc., 101 Chester Road, Swarthmore, Pennsylvania 19081, U.S.A.

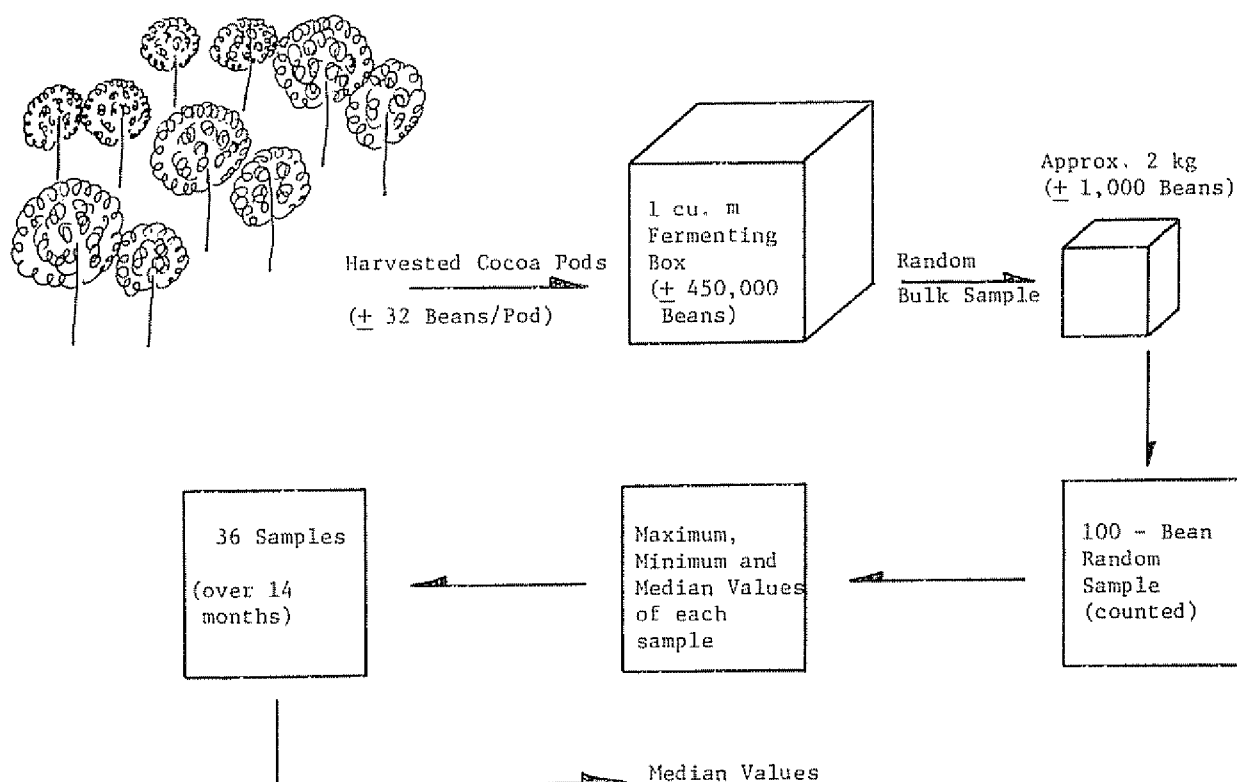


Fig. 2.—Sampling technique

moisture content, and it is interesting to note the wide range within which a cocoa bean can be found at the wet stage.

In the present paper, the results of a study with the shape and size of cocoa beans at the wet stage, along with the correlation between length, breadth, depth and areas of the flat and transverse surfaces have been discussed.

#### *Cocoa pods and beans*

The development of a cocoa pod and the beans that are contained in it (Fig. 1) is considered to be a highly complex physiological process that continues from the inflorescence to the ripe pod stage on the tree (1). A cocoa pod, containing an average of 32 beans, is considered to be ready for harvest between 150 to 190 days after pollination, depending mainly on the average daily temperature and other factors during the growing season. Harvesting may continue throughout the year, except during the cold season, when the pods do not mature. After harvest, the hard pod is split open by a cutlass and the beans, encased in a thick layer of mucilage, are extracted by the farm operator's fingers for the follow-up fermentation process which releases the bean from the mucilage. The beans are generally considered to be elliptical in shape

#### *Materials and methods*

Fresh cocoa beans obtained from the pods are fermented in wooden boxes of approximately 1 cubic meter each for an average period of 6-7 days, after which they are dried; the output of each box may vary between 850 and 950 kg, with an average of approximately 450,000 beans (Fig. 2). The shape and size of cocoa beans at the wet or fermented stage were studied in terms of length, width, depth, and areas of the "flat" side and the "transverse surface" of the bean. A random bulk sample of approximately 2 kg or 1000 beans was drawn from the output of the fermenting box; at the laboratory, this was reduced to a randomly picked 100-bean sample for the experimental work. A total of 36 such samples, each containing 100 beans, were studied over a period of 14 months. The samples were obtained from the 760 hectare farm of the Cocoa Research Center, using the output of only those fermentation boxes where the processing is carried out in the traditional way and excluding hybrid and other experimental material, which are processed separately from the normal production

The length, width, and depth of each bean was measured with a micrometer screw gauge. To calculate the two areas, the bean was dipped in methylene blue dye and the flat surface pressed against a graph paper resting on a thin soft surface; it was then cross-sectioned

at the center (determined by eye through practice) and repressed against the graph paper to obtain an impression of the transverse surface. By counting the number of complete squares inside the outline so traced and adding to them a half of the incomplete squares, the areas for both the surfaces were determined. The method used is similar to that developed by the author in an earlier investigation with coffee beans (2).

It is considered to be an effective and economic method, albeit more time consuming, particularly for developing areas of the world where expensive and sophisticated equipment is neither easily available nor economically justifiable. Mohsenin (6), on the other hand, has described another technique of using a photographic enlarger for small objects like seeds, from which tracings of maximum and minimum projected areas are obtained and which are also used for measuring the values of  $x$ ,  $y$ , and  $z$  axes.

### Results and discussion

#### Correlation between length, width, and depth

Typical mean values obtained from the 3600 individual observations, using 36 samples of 100 beans each, are shown in Table 1, along with the maximum and minimum values and the arithmetic means of all the samples.

Using the mean values in Table 1, the following general equations can be written to express the relationship between length (L), width (W), depth (D), and the areas of flat (Fa) and transverse (Ta) surfaces:

$$L = 1.865 W = 2.768 D \quad [1]$$

$$W = 0.536 L = 1.484 D \quad [2]$$

$$D = 0.361 L = 0.674 W \quad [3]$$

$$Fa = 2.994 Ta \quad [4]$$

$$Ta = 0.334 Fa \quad [5]$$

The coefficient of correlation for the ratios of mean length/width, length/depth and width/depth is shown in Table 2, indicating that they are significant at the 1 per cent level.

#### Frequency distribution

The frequency distribution curves for the mean values of all the dimensions studied, shown in Fig. 3, indicates a trend towards normal distribution. The distribution of W is over a very narrow base compared to the other values, while that for Fa is over a very wide base, indicating that the area of the flat surface is much more variable than the other values. Also, the curves for both Fa and D have a tendency to be rather skewed, while the other three are normal in shape.

Table 1—Length, width, depth, and areas of flat and transverse surfaces of cocoa beans: 36 samples of 100 beans each

Sample	Length, cm	Width, cm	Depth, cm	Area of Flat Surface, sq. cm	Area of Transverse Surface, sq. cm
Typical means	2.583	1.377	1.033	3.089	1.103
	2.361	1.278	0.825	2.786	0.934
	2.279	1.200	0.769	2.772	0.834
Maximum	3.450	1.820	1.950	5.470	1.830
Minimum	1.290	0.800	0.400	1.400	0.200
Arithmetic mean	2.439	1.308	0.881	2.928	0.978

The standard deviation and variance ratios (Table 3) of all the dimensions studied indicate that the difference within the samples is significant at the 1 per cent level. Also, as illustrated by Fig. 3, the standard

Table 2—Correlation for length/width, length/depth and width/depth ratios.

Ratio	Correlation, r	t - test
Length/width	0.5709	16.4376*
Length/depth	0.5250	12.9353*
Width/depth	0.7606	46.6834*

\* Significant at 1 per cent level.

Table 3—Standard deviation and variance ratios for length, width, depth and areas of flat and transverse surfaces.

Measurement	Standard Deviation	Variance Ratio
Length	0.2287	6.6889*
Width	0.0861	1.6644*
Depth	0.1197	3.2690*
Area of Flat Surface	0.2733	2.6001*
Area of Transverse Surface	0.1112	2.6645*

\* Significant at 1 per cent level.

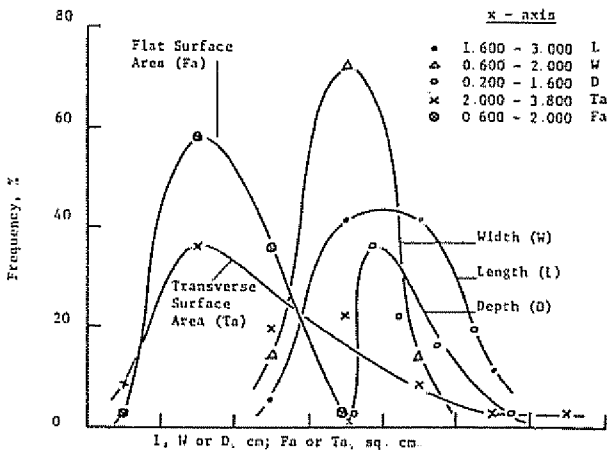


Fig. 3.—Frequency distribution curves for mean values of cocoa beans

deviation values obtained for W and Fa are the lowest and highest, respectively, in Table 3.

Area as a function of length, width, and depth

The areas of the flat surface and the cross-sectional or the transverse surface of a cocoa bean are useful values for designing processing equipment, e.g. for pneumatic conveyance of the beans. While determination by a direct measurement is difficult, the most commonly used indirect method is the prediction of area from the measurement of either length, width, or the depth of the product. In the present application, the measured values of Fa and Ta have been plotted as a function of the product of L and W and of W and D, respectively (Fig 4), from which the relationship is found to be linear and positive.

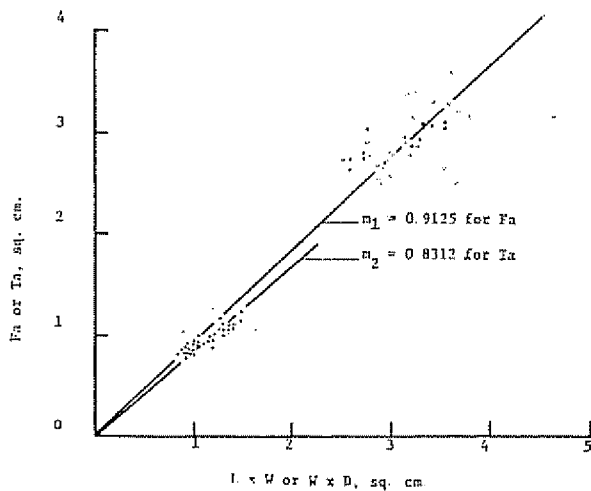


Fig. 4.—Calculated vs measured values of Fa and Ta.

As both the lines in Fig. 4 pass through the origin, the equation for a straight line ( $y = mx + c$ ) can be rewritten as:

$$Fa = m_1 \cdot L \cdot W \quad [6]$$

and

$$Ta = m_2 \cdot W \cdot D \quad [7]$$

where  $m_1$  and  $m_2$  are the slopes.

By substituting the calculated values of  $m_1$  and  $m_2$  from Fig. 4 in Equations [4] and [5], we have:

$$Fa = 0.9125 \cdot L \cdot W \quad [8]$$

and

$$Ta = 0.8312 \cdot W \cdot D \quad [9]$$

The terms L, W, and D can, however, be also expressed as a function of the other two terms from equations [1] to [3], and equations [8] and [9] can therefore be rewritten as:

$$Fa = 0.4891 L^2 = 1.7018 W^2 = 3.7483 D^2 \quad [10]$$

and

$$Ta = 0.4891 L^2 = 1.7018 W^2 = 3.7483 D^2 \quad [10]$$

The main advantage of these two equations is that the flat or transverse area of a cocoa bean can be predicted with a reasonable accuracy from the measurement of any one of the three principal dimensions of length, width or depth.

By considering the cocoa bean as truly elliptical in shape, the calculated areas Af (flat surface) and At (transverse surface) can be obtained from the formula for ellipse:

$$A = \frac{\pi}{4} D \cdot d \quad [12]$$

where D and d are major and minor diameters.

A comparison of the calculated values with the measured values (Table 4) indicate that the cocoa bean is more truly ellipsoid along its flat surface than along its transverse surface

Table 4.—Calculated and measured values of cocoa bean area.

Measurement	Area, sq. cm		Ratio C/M
	Calculated (C)	Measured (M)	
Flat	3.190 (Af)	2.928 (Fa)	1.089
Transverse	1.152 (At)	0.978 (Ta)	1.177

*Effect of variety and season*

It is recognized that variety and growing season are probably the two most important factors which are likely to affect the various numerical values obtained in this study to define the shape and size of cocoa beans. While the effect of the various recognized varieties of cocoa beans should be studied in detail, the present values would serve to quantify the dimensions of a cocoa bean; a similar study by Ghosh and Gacanja (2) with the two major varieties of coffee beans indicated that there is a distinct difference between them. The effect of the growing season on the numerical values for cocoa bean would be the subject of a separate report by the author, while an investigation by Wessel and Toxopeus (8) indicates that the environmental factors and seasonal effects affect the bean value of the West African Amelonado cocoa beans. Another report by Ghosh and Cunha (5) also indicates that the growing season has a significant effect on the sun drying rate of cocoa beans in Bahia, Brazil.

*Summary*

A quantitative definition to the shape and size of cocoa beans at the wet stage has been provided in terms of their length, width, depth and the areas of flat and transverse surfaces, the latter being obtained by a cross-sectioning of the bean. Empirical equations for estimating area from a measurement of any of the three principal dimensions have been proposed.

*Acknowledgements*

The study reported in this paper was carried out during the author's former association with the Division of Agricultural Engineering, Centro de Pesquisas de

Cacau (Cocoa Research Center), Itabuna, Brazil, under the directorship of Dr Paulo de T. Alvim. A number of colleagues cooperated in the collection of the experimental data.

*Literature cited*

- 1 ALVIM, P. T., and ROSARIO, M. I. Cacau ontem e hoje. Commemorative publication. Itabuna, Brazil, Centro de Pesquisas do Cacau, 1972. 83 p.
- 2 GHOSH, B. N. and GACANJA, W. A study of the shape and size of wet parchment coffee beans. *Journal of Agricultural Engineering Research* 15(2):91-99. 1970.
- 3 ———. Engineering aspects of cocoa drying in Brazil. *Revista Theobroma* 2(4):23-37. 1972.
- 4 ———. Physical properties of cocoa beans. *Turrialba* 23(4):438-443. 1973.
- 5 ——— and CUNHA, J. Effect of season on sun drying of cocoa beans. *Turrialba* 25(4):396-403. 1975.
- 6 MOHSENIN, N. N. Physical properties of plant and animal materials: Vol. 1, Structure, physical characteristics and mechanical properties. New York, Gordon and Breach, 1970.
- 7 PROCEEDINGS OF the design application of mechanical properties of food materials. NSF/PSU workshop. The University Park, Pennsylvania State University. 1975.
- 8 WESSEL, M. and TOXOPEUS, H. Seasonal influences on pod and bean values of West African Amelonado cacao. In Conferencia Internacional de Pesquisas em Cacau, 2a, Salvador e Itabuna, Bahia, Brazil, Novembro 19-26. *Memorias. CEPLAC*: 351-355. 1967.
- 9 ZEHNTNER, L. Le cacaoyer dans l'Etat de Bahia. Berlin, Friedlander und Sohn, 1914. 50 p.

# Rendimiento energético de un cultivo de caña de azúcar\*—

————— C. VARLET GRANCHER\*\*, RAYMOND BONHOMME\*\*, P. LEAL CASTANEDA\*\*\*

## ABSTRACT

*Efficiency of energy conversion as related to incident global radiation for a crop of sugar cane has been studied. The efficiency of energy conversion is divided in two components:*

— *efficiency of biological processes of photosynthesis and respiration,*

— *efficiency of trapping incident solar energy.*

*For a vegetative period of 580 days the efficiency of energy conversion is equal to 0.0145; the efficiency of biological processes accounts for 0.038 and the efficiency of trapping accounts for 0.386. — The authors*

## Introducción

**L**A fotosíntesis convierte la energía solar en energía química potencial contenida en la materia seca acumulada por la cubierta vegetal en el curso de su desarrollo. El rendimiento energético de un cultivo ( $\epsilon$ ) se define por la relación entre la energía total almacenada  $M$  y la energía incidente  $G$ , durante un intervalo de tiempo y para una misma superficie.

Numerosos autores (1, 5, 6, 9), han estudiado las variaciones de  $\epsilon$  a diferentes estadios de la vegetación y en diferentes cultivos. Realmente, el rendimiento del cultivo con relación a la energía incidente depende:

— del rendimiento con relación a la energía solar absorbida:

$$\epsilon_p = \frac{M \text{ (energía de la materia seca producida)}}{G' \text{ (energía útil absorbida por el cultivo)}}$$

— de la eficacia de intercepción de la radiación solar por la vegetación:

$$\epsilon_i = \frac{G' \text{ (energía útil absorbida)}}{G \text{ (energía incidente)}}$$

Es posible escribir:  $\epsilon = \epsilon_p \times \epsilon_i$ .

En este trabajo se han estudiado las variaciones de estos rendimientos para un cultivo de caña de azúcar en el curso del tiempo y en función de la superficie foliar, ya que de ella depende a la vez la intercepción de la radiación y la producción de materia orgánica.

## Materiales y métodos

Las medidas fueron realizadas en la finca Duclos (16°N) en Guadalupe. La variedad estudiada fue la 'PR 1059', plantada el 8 de junio de 1973 (siembra empleando cañas enteras con espaciamientos entre surcos de 1,60 m) en una parcela de 2000 m<sup>2</sup>.

La primera cosecha tuvo lugar el 2 de mayo de 1974 y la segunda el 15 de enero de 1975; los rendimientos fueron los siguientes: la caña molida fue de 109,4 t/ha y 110,6 t/ha de peso fresco para la primera y la segunda cosecha respectivamente.

\* Recibido para la publicación el 14 de noviembre de 1975

\*\* I.N.R.A. Bioclimatologie, Petit-Bourg, Guadeloupe, Antilles françaises

\*\*\* Estación Experimental de la Caña de Azúcar, Jovellanos, Cuba



La densidad promedio de tallos por hectárea fue de 120.000 para la caña planta y de 100.000 para el retoño.

El índice foliar *f* (superficie de las hojas por unidad de superficie de suelo) fue calculado a partir de la correlación entre el producto longitud (L) x ancho (l) y la superficie (S) de cada hoja:

$$S \text{ cm}^2 = 0,776 (L \text{ cm} \times l \text{ cm}) - 0,2 \quad \text{con } r = 0,99$$

La evolución de la materia seca de las partes aéreas (hojas + tallos) o la materia seca total se obtuvo por el muestreo de cuarenta o sesenta plantas en el campo en el curso de su desarrollo. Las muestras se pasaron por la estufa a 60°C durante 24 horas.

Las medidas de irradiación energética debidas a la radiación global (G), radiación difusa del cielo y las nubes (D), radiación reflejada por el conjunto suelo-cultivo (E), fueron realizadas por tres piranómetros de Moll ubicados horizontalmente. Con el primero se obtiene G, el segundo está provisto de una banda parasol del tipo Schuepp:D, el tercero dirigido hacia abajo y siempre ubicado a un metro por encima del cultivo:E. La energía total transmitida al suelo es obtenida por varios piranómetros lineales (2) montados en serie; la parte enviada por el suelo hacia el follaje es estimada a partir de la medida del albedo del suelo.

Siendo la fotosíntesis proporcional al número de fotones recibidos, todas las energías son expresadas también en einsteins por m<sup>2</sup> por segundo (1 einstein = 6,023 · 10<sup>23</sup> quantum). Las medidas de G y D permiten evaluar la energía útil para la fotosíntesis incidente sobre la vegetación (7). Pero las energías reflejadas o transmitidas al suelo no son tan ricas en energía útil para la fotosíntesis, y se efectuaron sus medidas con células Lambda. Todas las energías útiles para la fotosíntesis son indicadas por el índice:  $\psi$ .

No se ha medido el contenido energético de la caña y se supone el valor promedio (3,4):

$$\begin{aligned} 1 \text{ g de materia seca} &= 16700 \text{ joules} \\ &= 0,076 \text{ einsteins} \end{aligned}$$

**Resultados**

*Evolución de la materia seca*

La Figura 1 muestra la evolución de la materia seca producida por las partes aéreas en un metro cuadrado de suelo, en función del tiempo y del índice foliar durante la fase vegetativa

La producción obtenida al momento de la cosecha es la misma tanto para la caña planta como para la del primer retoño; pero en el primer caso ella es obtenida en 11 meses (radiación global incidente: 6000 · 10<sup>6</sup> joules m<sup>2</sup>) y en el segundo en 8 meses (4800 · 10<sup>6</sup> joules m<sup>2</sup>). Esta diferencia se observa durante todo el tiempo de vegetación y puede parecer que el desarrollo del sistema radical de la plantación original necesita dos o tres meses. Sin embargo, para el retoño los valores máximos del índice foliar son más altos (8 en vez de

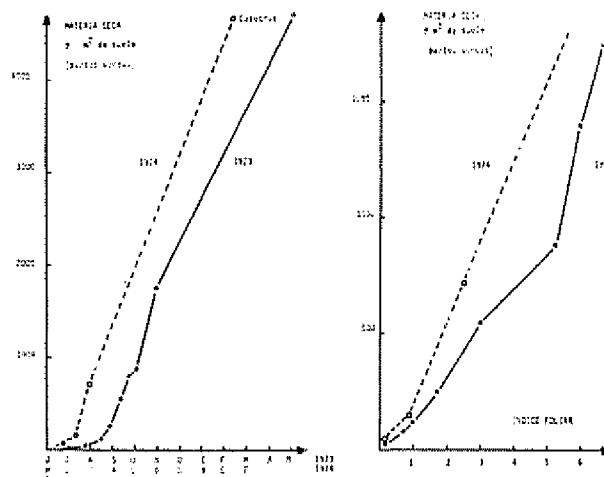


Fig. 1 —Evolución de la materia seca producida por las partes aéreas en función del tiempo o del índice foliar.

6,5) así como la producción de materia seca de un mismo índice foliar.

Si se consideran en conjunto los dos ciclos (del 8 de junio de 1973 al 15 de enero de 1975) se obtienen 9400 g de materia seca por m<sup>2</sup> en las partes aéreas y 11275 g m<sup>2</sup> de materia seca total.

*Evolución de la energía interceptada*

La energía interceptada por el follaje es igual a: energía total incidente (G) — energía reflejada por el conjunto suelo cultivo (aG) — energía transmitida al suelo (tG) + energía transmitida y reflejada por el suelo (a<sub>0</sub> · tG); a<sub>0</sub> y a son los coeficientes de reflexión del suelo y del conjunto suelo-cultivo, t es el coeficiente de transmisión de la cubierta vegetal.

La proporción de energía interceptada es entonces:

$$\begin{aligned} C &= \{ G - aG - tG + a_0(tG) \} / G \\ &= 1 - a - t + a_0t \end{aligned}$$

De la misma manera la proporción de fotones útiles interceptados es:

$$\begin{aligned} C\psi &= \{ G\psi - a\psi G\psi - t\psi G\psi + a_0\psi(t\psi G\psi) \} / G \\ &= 1 - a\psi - t\psi + a_0\psi t\psi \end{aligned}$$

La eficiencia de intercepción es entonces:

$$\epsilon_i = C\psi \cdot G\psi / G$$

La fotosíntesis utiliza solamente los fotones de la radiación visible; la eficiencia de intercepción de la luz no puede ser superior a la proporción:energía útil/energía total (G $\psi$  / G  $\simeq$  0,5).

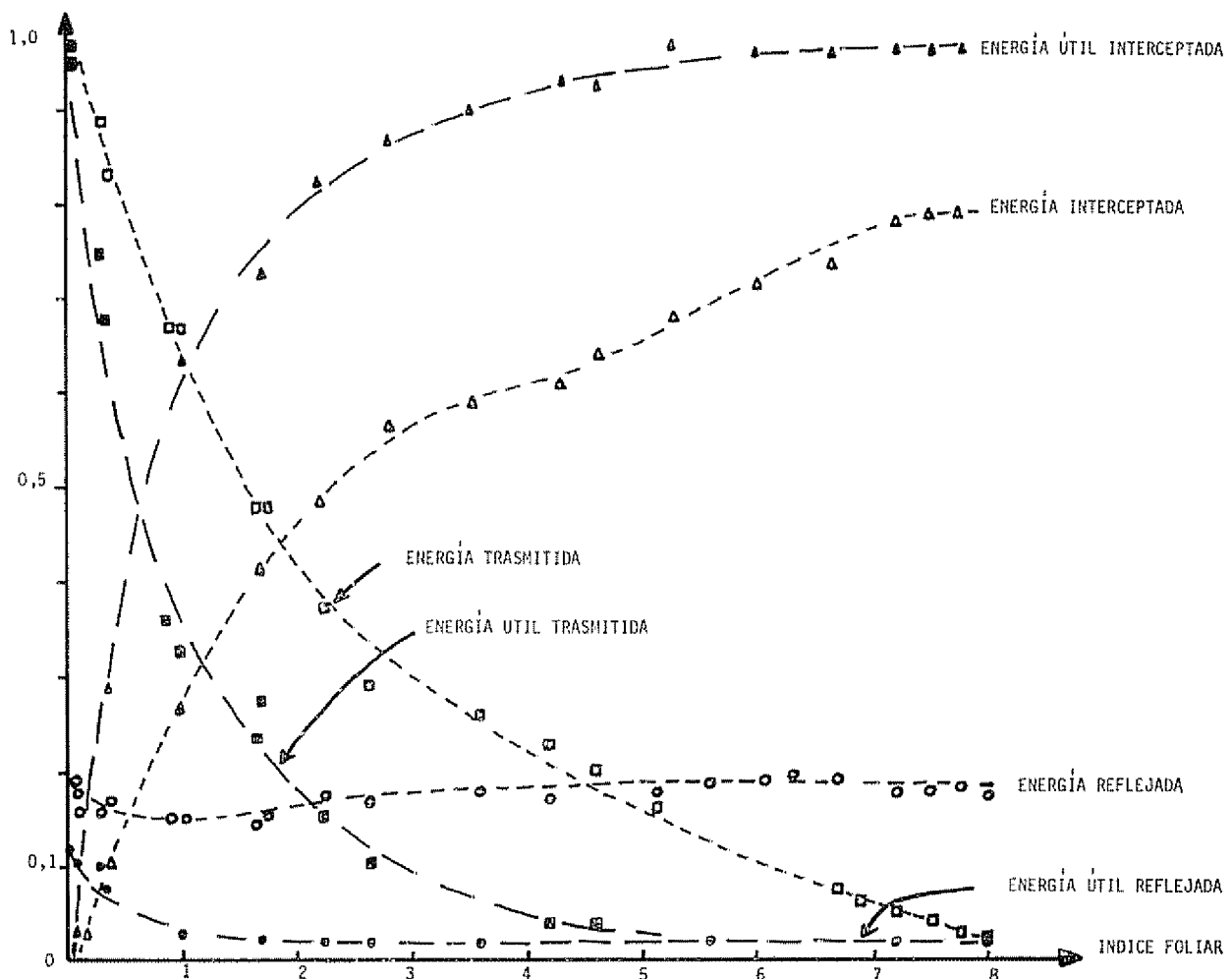


Fig 2 —Evolución de las energías totales y útiles, reflejadas, transmitidas e interceptadas, en función del índice foliar. 1974.

Las variaciones de  $a, t, C, a\psi, t\psi, C\psi$  en función del índice foliar, son representadas en la Figura 2 para el retoño; las variaciones son idénticas en el primer ciclo vegetativo. Los coeficientes varían mucho cuando los valores del índice foliar ( $f$ ) son bajos. Cuando el índice foliar es superior a 5, las partes de la energía útil reflejada o transmitida son constantes: el coeficiente de captación  $C\psi$  alcanza el valor máximo

*Evolución del rendimiento energético global  $e$ , del rendimiento con relación a la energía absorbida  $e_p$ , y de la eficiencia de interceptación  $e_i$*

Las variaciones de  $e_p, e_i$  y  $e$  para intervalos de tiempos variables son dadas en la Figura 3.

Para los dos ciclos vegetativos estudiados la interceptación de la energía aumenta fuertemente con el desarrollo del cultivo hasta un índice foliar próximo a 5, después se mantiene constante. Se pueden distinguir dos fases: en la primera los valores de  $e_i$  aumentan (de 0 a 0,48), en la segunda los valores de  $e_i$  son elevados y constantes (0,48).

Para la caña planta el rendimiento con relación a la energía útil absorbida ( $e_p$ ) crece con el desarrollo del follaje hasta un valor máximo, y disminuye posteriormente. Después de la cosecha, el valor de  $e_p$  para el retoño es primeramente muy fuerte (quizás debido a la influencia de las reservas de la cepa) después disminuye rápidamente en función del tiempo de la misma forma que en la caña planta, pero a un nivel mucho más elevado. Las diferencias observadas se encuentran en la producción de materia seca (Figura 1)

El rendimiento energético global del cultivo es siempre muy bajo; su valor está en función de  $e_i$  y  $e_p$ ; aumenta en el curso de la primera fase, después, siendo constante  $e_i$ , varía con  $e_p$ .

Para juzgar cada cultivo en su conjunto, hemos calculado sus diferentes rendimientos para cada ciclo entero:

		$e$	$e_i$	$e_p$
Caña planta	(328 días)	0,0130	0,380	0,0340
Retoño	(253 días)	0,0163	0,394	0,0415

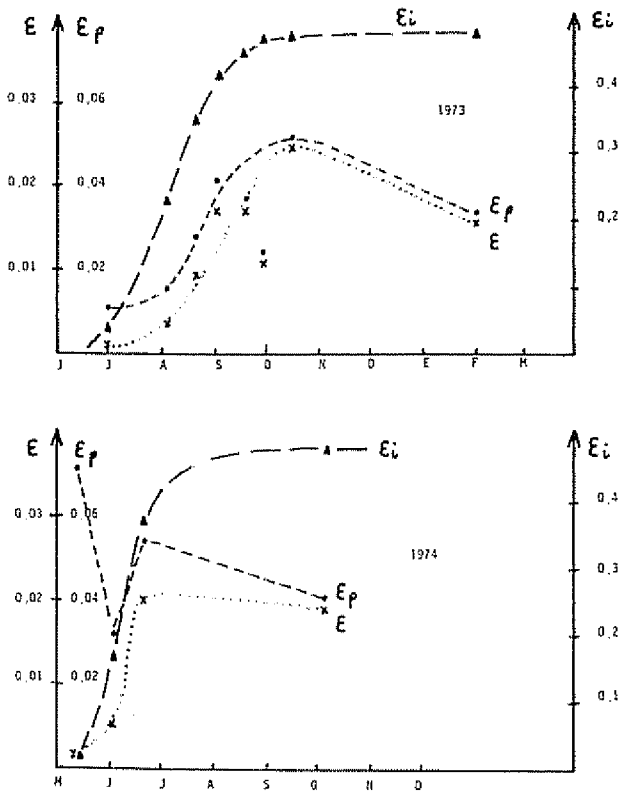


Fig. 3.—Evaluación del rendimiento energético global  $E$  y de sus componentes  $E_i$  y  $E_p$  durante los dos ciclos vegetativos.

y para juzgar la variedad hemos considerado globalmente los dos años de cultivo (581 días), teniendo en cuenta la producción de las partes aéreas y la producción total (cepa + raíces):

	$\epsilon$	$\epsilon_i$	$\epsilon_p$
Partes aéreas	0,0145	0,386	0,0376
Producción total (partes aéreas + partes subterráneas)	0,0172	0,386	0,0447

Se puede mencionar que los valores de los rendimientos indicados en la Figura 3 (para breves intervalos de tiempo) son diferentes a los valores calculados sobre el ciclo vegetativo entero; por ejemplo,  $\epsilon_i$  tiene valores instantáneos cercanos a 0,48, mientras que para los dos años de cultivo la energía útil absorbida/energía incidente es solo de 0,386 (valor promedio).

**Conclusiones**

La eficiencia global  $\epsilon$  aparece siempre baja cualquiera que sea el período considerado. Esto se explica por los valores bajos del rendimiento con relación a la energía absorbida ( $\epsilon_p$ ). Sin embargo en el curso de la fase de implantación del cultivo, la intercepción de la energía es el factor limitante. Para aumentar el rendimiento

energético se pueden seleccionar variedades de alto poder fotosintético, pero además, debe tenerse en cuenta la rapidez del desarrollo foliar.

Los resultados obtenidos demuestran que los rendimientos energéticos varían considerablemente durante el desarrollo del cultivo ( $\epsilon = 0,0035$  para  $f = 0,7$ ;  $\epsilon = 0,025$  para  $f = 7,5$ ). Los rendimientos son diferentes según se considere la energía global, la energía útil incidente y la energía útil captada; por ejemplo cuando  $f = 0,7$ , los rendimientos son 0,0035 — 0,0070 — 0,016 respectivamente. Para comparar los diferentes resultados, es necesario tener cuidado con los intervalos de tiempo y las unidades de energías.

Puede parecer asombroso que un cultivo de caña de azúcar, considerado como altamente productivo, haya transformado solamente 1,73 por ciento de la energía solar incidente en energía química potencial contenida en su materia seca, pues solo 1,45 por ciento es utilizable (partes aéreas). En realidad si se le compara con otros tipos de cultivos, estos valores son altos, por ejemplo en un cultivo de *Vigna unguiculata* obtuvimos:  $\epsilon = 0,0078$ ,  $\epsilon_i = 0,232$  y  $\epsilon_p = 0,0336$  para un ciclo vegetativo de 50 días (8).

A pesar de todo, las plantas, consideradas como sistema de transformación de la energía solar son actualmente máquinas de un rendimiento mediocre.

**Resumen**

La evolución del rendimiento energético (energía almacenada en forma de materia seca / energía incidente) de un cultivo de caña de azúcar fue estudiada sobre dos ciclos vegetativos, considerando separadamente el rendimiento del cultivo con relación a la energía absorbida (energía de la materia seca producida / energía útil absorbida) y la eficacia de intercepción de la radiación solar por la vegetación (energía útil absorbida / energía incidente).

El rendimiento energético global de la caña de azúcar (en 580 días) es bajo: 0,0145 (1,45 por ciento), resultando un bajo rendimiento con relación a la energía absorbida (0,038) a pesar de una gran eficacia de intercepción (0,386).

**Resume**

L'évolution du rendement énergétique (énergie stockée sous forme de matière sèche / énergie solaire incidente) d'une culture de canne à sucre a été étudiée sur deux cycles végétatifs, en considérant séparément le rendement de la culture par rapport à l'énergie absorbée (énergie de la matière sèche produite / énergie solaire utile absorbée) et l'efficacité de l'interception des rayonnements solaires par la végétation (énergie utile absorbée / énergie incidente).

Le rendement énergétique global de la canne à sucre (en 580 jours) est bas: 0,0145 (1,45 pour cent), cela résulte d'un rendement photosynthétique par rapport à l'énergie absorbée faible (0,038) malgré une bonne efficacité d'interception (0,386).

*Literatura citada*

- 1 BALDY, C y JONARD, P Contribution à l'étude du rendement photosynthétique du blé Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, Série D268:1296-1299 1969
- 2 COMBRES, J C., BONHOMME, R., BALDY, C, GOILLOT, C, PARCEVAUX, S. Un pyranomètre linéaire destiné à mesurer le rayonnement sous couvert végétal *In* Techniques d'étude des facteurs physiques de la biosphère Paris, INRA, 1970 pp 59-70
- 3 KUBIN, S Measurement of radiant energy. *In* Plant Photosynthetic Production, Manual of methods. The Hague, Junk, 1971 pp 702-763
- 4 KVEI, J y MARSHALL, J K Assessment of leaf area and other assimilating plant surface *In* Plant Photosynthetic Production, Manual of methods. The Hague, Junk, 1971, pp 517-546
- 5 LOOMIS, R. S y WILLIAM, W. A. Maximum crop productivity: an estimate Crop Science 3:67-72. 1962.
- 6 NICHIPOROVICH, A A Evaluation of productivity by studying photosynthesis as a function of illumination *In* Fonctionnement des écosystèmes terrestres au niveau de la production primaire Copenhague, UNESCO, 1968 pp 261-270.
- 7 VARLET GRANCHER, C. Variation et estimation de l'énergie d'origine solaire reçue sur les plans d'inclinaison et d'azimut variables Annales Agronomiques 26(3): 245-264 1975.
- 8 ——— y BONHOMME, R Utilization de l'énergie solaire par une culture de *Ficus sinensis* III Evolution du rendement énergétique pendant la phase végétative Annales Agronomiques 25(6):811-819 1974
- 9 WASSINK, E C Light energy conversion in photosynthesis and growth of plants. *In* Actes du Colloque de Copenhague, UNESCO, 1968 pp 53-66.

# Improvement of pastures by direct seeding into native grass in Southern Brazil with oats, and with nitrogen supplied by fertilizer or arrowleaf clover\*

J. M. SCHOLL, JOSÉ F. P. LOBATO, ISMAR BARRETO\*\*

## RESUMO

Por um período de dois anos conduziu-se um experimento de pastagem de inverno para a avaliação de semeadura direta (sod-seeding) em pastagem nativa no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Foram comparados três tratamentos, de um hectare cada um, com duas repetições: 1) Testemunha (sem tratamento); 2) aveia (*Avena sativa* L.) variedade 'Coronado', semeada diretamente, na qual aplicou-se 90 kg/ha de nitrogênio na forma de uréia; 3) aveia 'Coronado' semeada diretamente, tendo como fonte de nitrogênio, trevo "arrowleaf" (*Trifolium vesiculosum* Savi), semeado em mistura.

A produção de forragem foi determinada através de amostras obtidas a intervalos regulares. A parte amostrada era mantida sob gaiolas. Os novilhos (resultantes de cruzamento entre o gado geral e Chavolês ou Zebu) eram pesados no início, a cada 28 dias de intervalo e no final de cada ano de pastejo para determinação do ganho de peso. A média de ganho de peso, em kg/ha no final dos dois anos de experimento, foi: Testemunha 90,5, aveia mais nitrogênio 467,0, aveia com trevo 468,8. Ao analisar-se os dados sob o ponto de vista econômico deve-se levar em consideração que 6 kg de trevo tiveram o mesmo efeito que 90 kg/ha de nitrogênio, sendo, portanto, mais econômico. Os animais, pastando durante todo o ano nestas áreas melhoradas, continuavam ganhando peso numa média bastante alta, inclusive durante o inverno, quando a maioria do gado perde peso; além disso, atingem idade de reprodução mais cedo e podem permanecer por mais tempo no rebanho como animais de cria. O gado de corte, neste sistema de melhoramento de pastagem através de cultivo mínimo, atingirá peso de abate mais rapidamente. — Os autores.

## Introduction

THE need for winter feed for forage-consuming livestock is desperate in most of southern Brazil. Typically, grazing animals obtain their nutrients during this period from pasture herbage not used in summer. Most native grasses are dormant in winter and

most are constantly overgrazed. The amount of pasture "residue" available to most grazing animals in winter is very meager and the consequent loss in weight and other losses are inevitable. Death losses of over 5 per cent per year are common and calving percentages are very low for animals on this low plane of nutrition. Also cattle are not usually ready for market until they are 4 to 5 years old.

The use of silage, hay, or improved winter pastures could provide a solution to this problem. However, hay-making is difficult in this climatic region having an annual rainfall of about 1400 mm (55-60 inches).

\* Received for publication February 10, 1976.

\*\* University of Wisconsin and University of Rio Grande do Sul, Brazil, USAID. Professor of Agronomy, University of Wisconsin and Assistant Professor, and Professor Federal University Rio Grande do Sul, respectively.

The production and feeding of silage would be desirable if machinery and structures could become available at a price the farmers can afford. The use of winter pastures seems to be the best solution to this problem at this time. Again, this practice has not been generally adopted because of difficulties with tillage operations and economic considerations. The practice of devoting separate areas to winter and to summer pastures often means that these areas produce very little or nothing in the "off-season". Ryegrass and winter grains have been used when pastures have been seeded to provide winter grazing. These annual forage crops are valuable for this purpose but they do not grow in the summer and seeded fields often have only weedy species in the warm weather. This appears to be poor use of the pasture acreage and has led to a consideration of year-around grazing on the same land by a procedure known as "sod-seeding". This practice involves the direct seeding of these winter species into dormant perennial grass sods, with minimum cultivation and with machines that are capable of applying fertilizer and seed at specified depths in a once-over operation. The machines designed for this operation are heavy-duty drills which are being produced presently by several agricultural machinery companies in USA and at least one machine is now being manufactured in Brazil. Oats, *Avena sativa* L., is the most productive of winter cereals in this area of Brazil.

Much research has been conducted in the United States and Australia with sod-seeding (1, 2, 3, 4, 5, 7). The practice is most successful in regions with mild winters such as Southern United States and parts of Australia where cool season forages can be grown in the winter on land that grows perennial warm season forages in summer. Several experiments have been conducted in Rio Grande do Sul with a John Deere Grassland Drill. These trials showed that the practice had considerable promise and needed further research.

The research reported here was a field trial with grazing animals that has been conducted for two years. The increase in production from sod-seeding has been phenomenal and the trial has served as a useful demonstration. This is a report of a trial in which the native grasses which are dominant in natural pastures throughout southern Brazil were improved by two treatment combinations. The greatest limiting factor in these pastures appears to be nitrogen and consequently in this experiment some nitrogen was supplied to the improved pastures by the 10-30-10 starter fertilizer. Subsequently, the comparison was between the fertilizer supplied by fertilizer nitrogen (urea) in one treatment or from fixation by arrowleaf clover in the other.

Arrowleaf clover, *Trifolium vesiculosum* Savi, was first grown in this area in 1972 from seed imported from Alabama, where it has been used very successfully as a reseeding winter annual. It serves the same purpose as crimson clover, *Trifolium incarnatum* L., subterranean clover, *T. subterraneum* L. or bur clovers *Medicago* spp. except that it is later maturing and more productive.

### Materials and methods

Six pastures, each 1 hectare in size, grazed in a put-and-take system of stocking management to evaluate two pasture improvement practices. The two treatments and the control were compared in two replications on an upland soil, São Geronimo, at the Experimental Farm at Guaíba, Rio Grande do Sul, Brazil. A soil test showed a need for phosphorus and potassium; the organic matter was low and the soil was acid.

The pastures treatments were superimposed on native grass vegetation, comprised mainly of native perennial warm season species. The area had been cultivated earlier but had been in pasture for several years. The pastures had been heavily grazed the year around, had not received fertilizer nor lime, and were badly infested with perennial weeds.

These pastures had been fenced, but it was necessary to provide a water system and feeders for salt and minerals. All livestock were excluded from the area at the time of planting and none was returned until pastures were stocked in mid-July. Therefore, pasturage was allowed to accumulate on all pastures during the period May 1 until July 15. This conserved feed accounts for some of the gains made by cattle in early winter.

This experiment attempts to evaluate pastures during all seasons of the year in the same areas. The only time that feed must be provided entirely by other means is during the period of about May 1 until mid-July when sod-seeded oats is making early growth. The oats can then be grazed heavily until November after which native grasses or native grasses and winter annual legumes continue to produce into summer. Native grasses produce until cool weather begins, at which time pastures are again sod-seeded to start another cycle of growth.

The following treatments were compared:

#### 1. Control

This area was untreated except for an annual mowing. These experimental pastures represent quite well the average pastures in the area except that the mowing and grazing management used here are usually not practiced.

#### 2. Sod-seeded oats cultivar 'Coronado', and arrowleaf clover (*Trifolium vesiculosum* Savi) cultivar 'Yuchi'

The pastures were seeded with 80 kg/ha of oats and 6 kg/ha of clover, and 200 kg/ha of 0-10-30 was applied at the same time, all with the John Deere Grassland drill in one operation. Another 200 kg/ha of 10-30-10 was applied broadcast. Nitrogen was supplied by the mixed fertilizer as a starter and later by the legume. Three tons of ground limestone per hectare were spread after seeding. (It was recognized that lime should be worked into the plow layer for best results, but there is no opportunity for this with the sod-seeding procedure. However, spreading the material after planting permits some of the lime to fall into the furrows

Table 1—Yield of dry matter, (kg/ha) from native pastures untreated or sod-seeded. Guaiba, Rio Grande do Sul 1973-75.

Forage production <sup>1/</sup>	Native grass pastures					
	No treatment	Sod-seeded with oats, 400 kg/ha 10-30-10				Plus 90 kg/ha nitrogen
		Plus arrowleaf clover				
	kg/ha					
"Winter" <sup>2/</sup>	1973-74	1974-75	1973-74	1974-75	1973-74	1974-75
Native grass	1161	1239	358	190	442	376
Oats	—	—	1267	824	2878	1983
Clover	—	—	1075	410	—	—
"Spring"						
Native grass	741	638	775	39	1399	555
Oats	—	—	60	245	995	1344
Clover	—	—	7377	2402	—	—
"Summer"						
Native grass	1557	906	1331	851	3686	4166
Oats	—	—	—	—	—	—
Clover	—	—	864	1747	—	—
"Autumn"						
Native grass	378	72	418	48	602	104
Oats	—	—	—	—	—	—
Clover	—	—	—	—	—	—
"Total herbage"						
Native grass	3837	2855	2882	1128	6129	5201
Oats	—	—	1327	1069	3873	3327
Clover	—	—	9316	4559	—	—
Total	3837	2855	13,525	6756	10,002	8528

1/ Content of weeds was determined but not included; they were of minor importance.

2/ See Table 2 for dates of the various seasons during these two years.

opened by the drill. In this way some lime should be in close proximity to the legume seed. Also, seedings in later years will tend to mix more soil and lime).

### 3. Sod-seeded oats with nitrogen fertilizer

This seeding was made in the same manner as N<sup>o</sup> 2, with nitrogen supplied both from the starter fertilizer at planting time and 90 kg/ha from urea applied in June. Another 45 kg/ha nitrogen from urea was applied in October to support native grass production in summer.

Forage production and botanical composition were determined on all pastures by the use of exclosures

(pasture cages). Vegetation within the cages was harvested on a schedule that coincided approximately with the weigh periods of the cattle.

Yearling cross-bred heifers with an average weight of 151 kg were selected from the farm herd. They were weighed at the beginning of the experiment and at 28-day intervals, always after a 14-16 hour fast. A put-and-take system of stocking was used. Cattle grazed reserve pastures when not needed on experimental pastures, and were removed and returned as needed to utilize the pasture growth. No supplemental feed was provided, but mineralized salt and fresh water were available at all times.

### Results

#### Forage production

The data for yields of weed-free dry matter are shown in Table 1. There were very few cool-season weeds but some warm-season ones appeared later, especially in the control pastures.

The production of native grass varied with the treatment and with the season. First harvest on Aug. 3 in the control pasture measured the growth of native grass produced after May 1 (1200 kg/ha) at which time improved pastures were sod-seeded and grazing was not permitted on any of the pastures until they were stocked on July 15. The total growth of native grasses on the control pasture for the year was 3346 kg/ha which supported animal maintenance and 91 kg/ha gain in weight.

The native grass contribution to the improved pastures was influenced by the degree of competition and the time of competition from other species. The oats and clover continued to compete over a longer period, for example, than the oats alone, and consequently the native grass in the former contributed much less.

The production of oat forage also was reduced by the competition from the clover in the oats-clover pastures and by the lower rate of nitrogen in this pasture compared to the oat pastures which received an additional 90 kg/ha nitrogen. This nitrogen not only stimulated heavy oat growth in winter but benefited the native grasses as well.

No oats were harvested after October 31. After that date the growth was either native grass or native grass and clover. The grand period of growth for the arrowleaf clover appeared to be approximately from the beginning of November to the end of December. During this time the grazing was managed so that some seed was produced to replenish the stand the following year. It is hoped that this legume will perform as a reseeding winter annual in this environment, as it does in southeastern United States. There should also be benefits derived from the decay of clover roots, crowns and nodules that may stimulate increased growth of grass in summer and fall.

Arrowleaf clover develops over a longer period of time than crimson clover or subterranean clover. However, in trials conducted at the same experimental station, arrowleaf clover was much more productive. If earlier growth is desired it may be possible to make seedings in early April. However, it may be more desirable to wait until the native grasses are in early dormancy. Much experimental work should be done to answer some of the questions about the use of this highly promising legume which has only recently been introduced into Rio Grande do Sul.

#### Animal performance

The gain in weight by seasons and the total gains for the four seasons are shown (Table 2). During the first weigh-period all cattle gained at the highest rate

Table 2—Performance of beef heifers grazing unimproved and sod-seeded native pastures.<sup>1/</sup> Guaiaba, Rio Grande do Sul 1973-75.

Performance	Native grass pastures		
	No treatment	Sod-seeded oats 400 kg/ha 10-30-10	
		plus arrowleaf clover	plus 90 kg nitrogen <sup>2/</sup>
<i>Cattle Gains</i> ————— kg/ha —————			
“Winter” <sup>3/</sup>			
July 17 - Oct 4 '73	13	150	291
July 11 - Sept 18 '74	—4	19	51
“Spring”			
Oct 5 - Dec 27 '73	0	188	72
Sept 10 - Dec 11 '74	41	241	189
“Summer”			
Dec 28 - Feb 20 '74	55	121	148
Dec 12 - Feb 2 '75	58	140	189
“Autumn”			
Feb 21 - Apr 17 '74	12	57	—13
Feb 3 - Apr 17 '75	6	18	10
Total for year			
1973-74 (304 days)	80	516	498
1974-75 (315 days)	101	418	439
2 year av	90.5	467.0	468.5

<sup>1/</sup> Grazed by yearling beef heifers with “put and take” system of stocking. All weights obtained after 14-16 hours of fasting without feed or water.

<sup>2/</sup> On Oct. 25, 1973 an additional 45 kg/ha N was applied to the sod-seeded oats plots that did not have clover. This was to support summer native grass growth.

<sup>3/</sup> These designations of seasons are approximations. Cattle were weighed at 28 day intervals after overnight shrink.

of the winter period. The cattle on control pastures gained an average of only 4.5 kg/ha; the forage that had been allowed to accumulate (1200 kg/ha) was available for grazing. (Normally, in winter, cattle graze pastures which were over-stocked the previous summer with no attempt by the farmer to save summer growth for grazing in winter). Only 689 kg/ha forage was produced in the spring on unimproved pastures. During this time the cattle were just maintaining or losing weight. Through the rest of the spring, gains were low and only in summer did they begin to make substantial gains.



Those cattle grazing the sod-seeded oats and clover produced less in winter than those grazing nitrogen-fertilized oats probably because the clover was slow in growth and nitrogen was limiting sometime during the season. (This legume starts from a smaller seed and reaches maturity over a longer period of time than oats). The cattle gained more in spring than those grazing oats with nitrogen because of the late growth of the clover.

Cattle grazing sod-seeded oats with nitrogen supplied by urea, gained about as much as those grazing oats and clover over the spring and summer period. They gained less in the autumn than those in pastures that had clover. Apparently, the benefits of the clover lasted into the late summer and autumn when dry weather limited the utilization of fertilizer nitrogen.

Results for the two year period show that the pastures, improved with sod-seeding, produced more than five times as much beef as those with no improvement. Actually, the grazing management on the no treatment pastures was an improvement over the average unimproved pasture in the area since these pastures had a period of uninterrupted growth each year during April and May and the stocking rate was regulated.

Since the gains were the same for the two improved pastures the choice of one system over the other would depend upon the cost of the 90 + 45 kg/ha of nitrogen from urea in one case and the cost of the 6 pounds of arrowleaf clover in the other. Other expenses are the same for the two systems. Obviously, the cost of the clover seed is much less and one can expect some seed to shatter to replenish stands in later years and seed will be set regularly in the ungrazed areas around manure spots. Under careful management the stands can be expected to reseed themselves regularly, but annual reseeding may be good insurance at least for the first few years until a supply of seed is built up in the soil.

### Conclusion

A grazing experiment was conducted to evaluate direct-seeded (sod-seeded) oats into winter dormant native grass pastures, with nitrogen supplied either by a winter annual legume or by fertilizer. The treatments were evaluated by grazing yearling heifers and by forage samples harvested under pasture cages. Results of the two years of a trial which is designed to continue into other years may be summarized as follows:

1. Average live weight gains (kg/ha) for the period, July 14, 1973 to April 17, 1974 and July 4, 1974 to April 17, 1975 were: 1) control - 90.5, 2) sod-seeded oats with nitrogen supplied by arrowleaf clover 467.0, and 3) sod-seeded oats with nitrogen supplied by fertilizer 468.5

2. The largest winter gains were produced by the pastures which were sod-seeded with oats and supplied with nitrogen at the rate of 90 kg/ha in addition to that supplied by 400 kg of 10-30-10 as a starter fertilizer.

3. The largest gains in spring were produced on pastures sod-seeded with oats and arrowleaf clover. Average daily gain for this treatment was highest among all pastures at 593 grams (1.3 lb) over a 295 day period in the first year of the trial.

4. Cattle grazing the control pastures gained only an average of 4.5 kg per head during the winter periods. Most cattle grazing native pastures in southern Brazil lose weight during this period because they must continue to graze pastures which are continuously and closely grazed throughout the year. The control pastures, in this case, had an accumulation of 1200 kg/ha of grass which was ungrazed in the May-July period. This practice of deferred grazing offers considerable promise on many farms.

5. Arrowleaf clover proved to be very productive and well adapted to the region and to the practice of sod-seeding. Seeded at the rate of 6 kg/ha, on the surface, in the trenches over the sod-seeded oats, the clover alone produced the following average amounts of dry matter (kg/ha): "winter" 743, "spring" 4889, and "summer" 1306, total 6939. The stocking rate was regulated so that some seed was produced and allowed to shatter to reestablish the stands. This legume has performed well in Alabama, U.S.A. Hoveland *et al.* (6) obtained yields of 7300 kg/ha when arrowleaf clover, cultivar "Yuchi", was cut biweekly until early April followed by a cutting for hay in late May. This paper reviews the literature on the favorable potential of this winter annual forage legume for subtropical environments.

6. Sod seeding appears to be a very practical method for providing winter feed in Rio Grande do Sul. Grassland drills, imported or manufactured locally are multiple-use machines, and may be adapted for distributing seed and fertilizer on prepared seedbeds as well. The native grasses in sod-seeded pastures can be expected to benefit by this procedure, and year-around grazing on a higher production level is possible without subjecting sloping land to soil erosion.

7. With good winter pastures it has been possible to market fat cattle in the spring when these cattle bring a very high price because there is practically none available in the country. This is another very important advantage for this program and a strategy that could pay good dividends.

8. An economic analysis of these data should include the added value of the highly nutritious winter feed. This can be translated into better health of the animals and shorter time to breeding age and to market.

### Summary

An experiment to evaluate direct seeding (sod-seeding) as a means of providing winter forage for beef cattle in Rio Grande do Sul was conducted over a two-year period at Guaiba near Porto Alegre, Brazil.

Cross bred beef heifers were used to measure gains in weight from replicated native pastures of one hectare each. These treatments were compared: 1) control-no treatment, 2) sod-seeded oats, *Avena sativa* L, and arrowleaf clover, *Trifolium vesiculosum* Savi, and 3) sod-seeded oats plus 90 kg/ha of nitrogen from urea. Sod-seeded pastures received a total of 400 kg/ha 0-10-30 and three tons of ground limestone per hectare. Cattle were weighed on 28-day intervals throughout the four seasons and total gains for the year, (not including the May 1 to July 15 period when oats and clover were starting to grow) were used to evaluate the sod-seeding practice.

The results for the two years showed that whereas the control pastures produced 90.5 kg/ha gains, the oats and arrowleaf clover pastures produced 467.0 kg/ha and the oats and 90 kg/ha of nitrogen from urea produced gains of 468.5 kg/ha. In addition to the five-fold increase in gains this practice reduces the time required to grow cattle to breeding age or to market grade.

#### Resumen

Se llevó a cabo en un período de dos años en Guaiaba, cerca de Porto Alegre, Brazil, un experimento para evaluar el sembrío directo (sod seeding) como medio de suministrar forraje de invierno para el ganado de carne en Rio Grande do Sul.

Se usaron vaquillas cruzadas de carne para medir las ganancias en peso de pastizales repetidos de una hectárea cada uno. Se compararon estos tratamientos: 1) testigo sin tratamiento; 2) avena, *Avena sativa* L y trébol hoja de flecha, *Trifolium vesiculosum* Savi sembradas directamente; y 3) avena sembrada directamente más 90 kg/ha de nitrógeno en urea. Los pastizales sembrados directamente recibieron un total de 400 kg/ha de 0-10-30, y tres toneladas de piedra caliza molida por hectárea. Los animales se pesaron a intervalos de 28 días durante todas las cuatro estaciones y los aumentos de peso para

el año (sin incluir el período del 1º de mayo al 15 de julio cuando la avena y el trébol estaban comenzando a crecer) se usaron para evaluar la práctica de sembrío directo.

Los resultados para los dos años mostraron que mientras los pastizales testigo produjeron aumentos de 90,5 kg/ha, los pastizales con avena y trébol produjeron 467,0 kg/ha y la avena con 90 kg/ha de N-urea produjo aumentos de 468,5 kg/ha. Además del aumento cinco veces mayor, esta práctica reduce el tiempo que necesita crecer el ganado hasta la reproducción o para alcanzar el grado para el mercado.

#### Literature cited

- 1 BLACKMORE, I. W. Overdrilling of pastures and crops. *New Zealand Journal of Agriculture* 96:17-25. 1958.
- 2 COATS, R. E. Sod-seeding-Brown Loam Tests. *Mississippi Agricultural Experiment Station Bulletin* 554. 1957.
- 3 DECKER, A. M., REIZER, H. J., SWAIN, F. G., and DUDLEY, R. F. Midland bermudagrass forage production supplemented by sod-seeded cool season annual forages. *Maryland Agricultural Experiment Station Bulletin* 484. 1969.
- 4 DERSHEID, I. A., MOORE, R. A., and RUMBAUGH, M. D. Interseeding for pasture and range improvement. *FS 422 Agricultural Extension Service, South Dakota State University*. 1970.
- 5 FRIBOURG, H. A. and OVERTON, J. R. Forage production on bermudagrass sods overseeded with tall fescue and winter annual grasses. *Agronomy Journal* 62: 295-298. 1973.
- 6 HOVELAND, C. S., McCORMICK, R. F., and ANTHONY, W. B. Productivity and forage quality of Yuchi arrowleaf clover. *Agronomy Journal* 64:552-555. 1972.
- 7 WHELLER, J. L. and CAMPBELL, M. H. The potential for winter grazing from sod-seeded cereals in southern Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture, Animal Husbandry* 9:584-588. 1969.

# Dinámica del fósforo en el suelo después de cinco fertilizaciones consecutivas<sup>\*1/</sup>

JOAQUIN GAMBOA J, MARIO BLASCO L.\*\*

## ABSTRACT

*The soils (alluvials influenced by volcanic materials) used in this investigation were obtained from the fields of the IICA-CITEI, Turrialba, Costa Rica. This area which belongs to a very humid sub-tropical forest, lies at about 620 m above sea level and the mean average temperature and mean average rainfall are 22°C and 2.600 mm per year respectively.*

*The objectives of this study were to determine the P-fractions status in plots receiving 2000 kg/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha after 5 harvests of corn over a three years period.*

*Results show a low soluble P concentration, giving major intensity of retention processes until 30 cm of depth, Al-P was predominant above the other. Seventy per cent of applied-P pass to insoluble forms of Al, Fe and Ca. Application of P during the crop, two times at least, is recommended. — The authors.*

## Introducción

El fósforo es catalogado como elemento doblemente crítico, debido a las bajas concentraciones en que se encuentra en el suelo y a los fenómenos de retención ya sea por los sesquióxidos de hierro y aluminio, por el calcio o por materiales de tipo amorfo (9, 10, 12). El mecanismo de la fijación se presenta a partir de precipitaciones en forma de compuestos de hierro y aluminio y a la reacción con arcillas silicatadas y materiales amorfos (11).

De acuerdo con Wada (24), la alófana y la halloisita al reaccionar con los iones fosfato, forman las llamadas taranakitas; al respecto Lindsay y Stephenson (16) demostraron que cuando se agrega al suelo un fertilizante cuya fuente de fósforo sea superfosfato granulado se forman dos clases de taranakitas ( $H_6K_3Al_3(PO_4)_8$  y  $H_6K(AlFe)_2 \cdot 6H_2O$ ). Lo anterior concuerda con las apreciaciones de León y Coleman, citados por Pantoja (20); estos autores encontraron que suelos que conte-

nían alófana retenían mayores cantidades de fósforo que los suelos con altos contenidos de goethita y hematita y apreciables cantidades de óxidos hidratados de hierro.

En lo que respecta a la distribución de los fosfatos, Fassbender (13) anota que después de haber aplicado 1 660 kilogramos de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectárea, a suelos cultivados con cacao, se encontró una predominancia de fosfatos de aluminio en los primeros 7,5 cm de la capa arable.

Parece que las pérdidas por lixiviación son insignificantes, aunque en algunos casos, como en suelos de Florida, EE UU, cuya textura es bastante arenosa, se han encontrado pérdidas a causa de este proceso (19).

En resumen se puede decir que la retención es mayor en suelos arcillosos ácidos que en suelos arenosos neutros o básicos. Otras condiciones que favorecen esta retención pueden ser: la concentración de iones fosfato que se aplique al suelo, el método de aplicación y la clase de fertilizante usado, lo mismo que el tamaño del fertilizante fosfatado (11).

## Materiales y métodos

Los suelos utilizados en el experimento, están localizados en los terrenos del IICA-CITEI, Turrialba, Costa Rica. La región pertenece al bosque subtropical muy

\* Recibido para la publicación el 3 de marzo de 1976

1/ Parte del trabajo de Tesis para el grado de Magister Scientiae del primer autor en la Escuela para Graduados del IICA-CITEI - Turrialba, Costa Rica

\*\* Actualmente profesor Asociado Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño - Pasto, Colombia. Especialista en Investigación, IICA-Zona Andina, Lima - Perú, respectivamente.

húmedo, con una altitud de 630 m sobre el nivel del mar, una temperatura promedio de 22,3°C y una precipitación pluvial media de 2682,5 mm. Los suelos de topografía plana, pobres e imperfectamente drenados, pertenecen a la serie Instituto de formación fluviolacustre, con influencias volcánicas (2).

Durante las cinco cosechas consecutivas de maíz (*Zea mays*, var. 'Rocamex'), estos suelos recibieron en total, 2 000 kg/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, siendo su fuente superfosfato simple (20 por ciento de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Además, se adicionaron 1 000 kg/ha de N y K en base a urea y cloruro de potasio respectivamente (17).

El fraccionamiento del fósforo se efectuó de la siguiente manera:

*Fósforo total* se utilizó el método de Ulrich y colaboradores (23), a partir de una mezcla de ácido nítrico, sulfúrico, clorhídrico y perclórico concentrados.

*Fósforo inorgánico*, se siguió el método de Chang y Jackson, con las modificaciones propuestas por Sen Gupta y Cornfield (22) en el sentido de extraer los fosfatos mono y dicálcicos (no apatíticos) antes de la extracción de los fosfatos de aluminio. Los fosfatos solubles se extrajeron con NH<sub>4</sub>Cl-1N, los fosfatos cálcicos no apatíticos con CH<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>H-0,5N, los de aluminio con NH<sub>4</sub>F-0,5N, los férricos con NaOH-1N y los fosfatos cálcicos apatíticos con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-0,5N (6).

*Fósforo orgánico* se determinó a partir del método de ignición de Saunders y Williams (21) tratando el suelo residual con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-0,2N.

El fósforo inerte se calculó por diferencia entre el fósforo total y la suma de las fracciones inorgánicas y orgánica (22).

### Resultados y discusión

La concentración y formas de fósforo estudiadas, así como los porcentajes de las distintas fracciones con relación al fósforo total se presentan en los Cuadros 1 y 2.

Los resultados indican que el P-total (1 450 a 3 250 ppm) determinado, está dentro del ámbito presentado por varios investigadores para los suelos de origen volcánico de Costa Rica (8, 10, 14). De acuerdo a Fassbender (11) los suelos con influencias de materiales volcánicos de tipo alofánico presentan mayores contenidos de P-total que los suelos de trópico abundantes en sesquióxidos de Fe y Al. Además al aumentar la materia orgánica y con ella los fosfatos orgánicos se obtiene generalmente un mayor contenido de P-total (5).

De las fracciones estudiadas el mayor porcentaje corresponde al P-orgánico, que representa entre el 23,9 al 46,6 por ciento del P-total. Resultados que coinciden con los observados en otras regiones tropicales (1, 4, 7).

De otra parte, en cuanto a las fracciones inorgánicas, se observa un aumento en los fosfatos de aluminio y de hierro, lo mismo que en fósforo inerte; este resultado no es más que el efecto del Al y el Fe soluble, tan común

en suelos intemperizados, siendo la forma inerte altamente insoluble (11).

En cuanto a retención del fósforo aplicado, se puede observar que al absorber una cosecha normal de maíz aproximadamente 250 kg de fósforo/ha (3) y habiéndose aplicado en forma neta 873 kg de este elemento en comparación con el testigo, se presentaron en los primeros 15 cm de profundidad los siguientes porcentajes de P-retenidos:

a) Fosfatos de Aluminio :	22,8 por ciento
b) Fosfatos de Hierro :	12,1 por ciento
c) Fosfatos de Calcio (apatítico) :	4,2 por ciento
d) Ca no apatítico :	2,5 por ciento

Para la profundidad 15-30 cm la retención fue:

a) Fosfatos de Aluminio :	12,0 por ciento
b) Fosfatos de Hierro :	9,4 por ciento
c) Fosfatos Ca apatítico :	0,9 por ciento
d) Fosfatos Ca no apatítico:	4,8 por ciento

En total, con referencias a las fracciones inorgánicas se puede concluir que un 41,17 por ciento queda retenido en los primeros 30 centímetros del suelo y que un 27,1 por ciento entre los 30 y 60 centímetros de profundidad, datos que coinciden con los resultados obtenidos por Morillo y Fassbender (18) en suelos aluviales de Honduras y Fassbender (8), en suelos de Costa Rica (Juan Viñas).

La suma de los fosfatos de Al y de Fe superan aproximadamente en la proporción de 3:1 a los de Ca. Este resultado confirma los conceptos presentados por Fassbender (11) en el sentido de que en suelos en donde existe meteorización química adecuada, los fosfatos de Al y de Fe priman sobre los de Ca.

En el presente caso, no pudo existir una meteorización química drástica, ya que la concentración de las fracciones de Al y de Fe son relativamente similares y es de conocimiento que los fosfatos férricos abundan en suelos bastante intemperizados (15).

Al relacionar el P-total con el P-apatítico, P-Al y P-Fe se encontraron los siguientes coeficientes de correlación:  $r = 0,5951$ ,  $r = 0,3774$ ,  $r = 0,1747$  respectivamente. En términos de asociación, significa que solamente un 34,41 por ciento de la variancia observada en la retención del P por el Ca; 13,69 por ciento por el Al y 2,99 por ciento de la del Fe, es explicada por la relación lineal de la concentración del P-total. Para conocer el grado de relación entre el P-Al y el P-Fe; el P-Al y el P-Ca apatítico y el P-Fe y P-Ca apatítico, se efectuaron correlaciones cuyos coeficientes fueron:  $r = 0,3774$ ,  $r = 0,6070$ ,  $r = 0,2990$  respectivamente, de los cuales en términos de asociación ( $r^2$ ), solamente el P-Al con el P-Ca apatítico presentaron una asociación de 36 por ciento, siendo para los otros dos relativamente baja.

La concentración de P-fácilmente reemplazable es muy baja. Como lo señala Fassbender (12), al aplicar fertilizantes fosfatados a un suelo ácido, prácticamente la fracción que no es absorbida por la planta reacciona con el Al y el Fe para formar precipitados cristalinos o amorfos de menor solubilidad,

Cuadro 1—Concentración y formas de fósforo.

Formas	Profundidad	T	N	P	NP	NK	PK	NPK
	cm	ppm						
Fósforo total	0—15	2325,0	2325,0	3250,0	3150,0	2750,0	3200,0	2175,0
	15—30	1875,0	2450,0	2450,0	2950,0	2575,0	2200,0	2700,0
	30—60	1450,0	1950,0	2425,0	2325,0	2200,0	2050,0	1775,0
	60—100	1550,0	1775,0	1875,0	2050,0	1700,0	1550,0	1450,0
Fósforo orgánico	0—15	795,0	1025,0	1010,0	1030,0	1020,0	1075,0	885,0
	15—30	835,0	915,0	950,0	1060,0	1010,0	1025,0	795,0
	30—60	580,0	665,0	580,0	730,0	810,0	665,0	565,0
	60—100	515,0	595,0	715,0	675,0	690,0	610,0	540,0
Fósforo soluble en NH <sub>4</sub> Cl	0—15	7,0	5,6	7,5	6,8	7,5	8,1	7,5
	15—30	5,6	4,6	5,6	4,6	6,8	8,1	4,6
	30—60	5,0	2,8	8,1	5,0	6,8	7,5	6,8
	60—100	4,6	5,6	6,8	5,0	5,0	6,8	5,0
Fosfatos de aluminio	0—15	225,0	290,0	402,0	462,5	285,0	337,5	315,5
	15—30	275,5	315,0	340,5	355,0	257,5	355,0	290,0
	30—60	290,0	295,0	252,5	265,5	257,5	242,5	210,0
	60—100	382,5	347,5	275,5	295,0	377,5	241,0	282,5
Fosfatos de hierro	0—15	280,0	292,5	360,0	367,5	317,0	342,5	342,0
	15—30	267,5	300,0	292,5	327,5	275,0	360,0	297,5
	30—60	322,5	310,0	267,5	275,0	280,0	250,0	280,0
	60—100	347,5	420,0	305,0	347,5	292,5	275,0	305,0
Fosfatos de calcio no apatítico	0—15	40,0	30,0	52,5	61,2	61,0	55,0	42,5
	15—30	47,0	22,5	90,0	91,7	55,0	48,7	48,7
	30—60	47,5	27,5	52,5	52,5	35,0	24,0	22,5
	60—100	43,0	42,5	80,0	46,2	27,5	30,0	42,5
Fosfatos de calcio apatítico	0—15	102,5	112,5	125,0	125,0	122,5	133,7	146,2
	15—30	143,7	131,2	116,2	97,5	127,5	161,2	170,0
	30—60	116,2	110,0	118,7	116,2	163,7	112,5	138,7
	60—100	137,5	143,7	93,7	97,5	140,0	137,5	140,0
Fósforo inerte	0—15	875,5	569,4	1293,0	1097,0	937,0	1248,2	463,3
	15—30	300,7	690,3	655,2	1013,0	843,2	242,0	1094,2
	30—60	88,8	539,7	1145,7	880,8	647,0	748,5	532,0
	60—100	119,9	220,7	399,0	583,8	167,5	249,7	135,0

Cuadro 2.—Cantidades porcentuales de las diferentes formas de fósforo con respecto al fósforo total

Formas	Profundidad	T	N	P	NP	NK	PK	NPK
	cm	— Por ciento —						
Fósforo total	0—100	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Fósforo orgánico	0—15	34,19	44,08	31,07	32,69	37,09	33,59	40,68
	15—30	44,53	38,57	38,77	35,93	39,22	46,59	29,44
	30—60	40,00	34,10	23,91	31,39	36,81	32,43	31,83
	60—100	33,22	33,52	38,13	32,92	40,58	39,35	37,24
Fósforo soluble en NH <sub>4</sub> Cl	0—15	0,30	0,24	0,23	0,21	0,27	0,25	0,34
	15—30	0,29	0,18	0,22	0,15	0,26	0,36	0,17
	30—60	0,34	0,14	0,33	0,21	0,30	0,36	0,38
	60—100	0,29	0,31	0,36	0,24	0,29	0,43	0,34
Fosfatos de aluminio	0—15	9,67	12,47	12,38	14,66	10,36	10,54	14,50
	15—30	14,69	12,85	13,80	12,03	10,00	16,13	10,74
	30—60	20,00	15,12	10,41	11,41	11,70	11,82	11,83
	60—100	24,67	10,57	14,68	14,39	22,20	15,54	19,44
Fosfatos de hierro	0—15	12,04	12,58	11,07	11,66	11,52	10,70	15,72
	15—30	14,26	12,26	11,93	11,10	10,67	16,36	11,01
	30—60	20,00	15,89	11,01	11,82	12,77	12,19	15,77
	60—100	22,41	23,66	16,26	16,95	17,21	17,74	21,03
Fosfatos de calcio no apatítico	0—15	1,72	1,29	1,61	1,94	2,21	1,71	1,95
	15—30	2,50	0,91	3,67	3,10	2,13	2,21	1,80
	30—60	3,25	1,40	2,16	2,25	1,59	1,17	1,26
	60—100	2,77	2,39	4,27	2,25	1,61	1,93	2,93
Fosfatos de calcio apatítico	0—15	4,40	6,33	3,84	3,96	4,45	4,17	6,72
	15—30	7,66	5,34	4,74	3,30	4,95	7,32	6,29
	30—60	8,01	5,64	4,89	4,99	7,44	5,48	8,94
	60—100	8,87	8,09	4,99	4,75	8,23	8,87	9,65
Fósforo inerte	0—15	37,65	24,49	39,78	34,82	34,07	39,00	21,30
	15—30	16,03	28,17	26,74	34,33	32,74	11,00	40,52
	30—60	6,12	27,67	47,24	37,88	29,40	36,51	30,02
	60—100	10,63	12,43	21,28	28,47	9,85	16,10	9,31

*Conclusiones*

- 1—A pesar de haberse adicionado altas cantidades de fósforo, la fracción soluble determinada se considera como muy baja.
- 2—Los procesos de retención del fósforo se presentan con mayor intensidad en los primeros 30 cm del suelo, primando la fracción de P-Aluminio sobre las demás.
- 3—Se ratifica el predominio del fósforo unido al Al y al Fe sobre los de calcio en suelos de meteorización química adecuada.
- 4—Por lo menos un 70 por ciento del fósforo aplicado al suelo, pasa a formas insolubles de Fe, Al y Ca.
- 5—El P-orgánico representó el mayor porcentaje en relación con el P-total.
- 6—Dada la retención que se presenta en los primeros 60 cm del suelo, sería conveniente efectuar la aplicación de fertilizante fosforado a través del período vegetativo, en por lo menos dos épocas.

*Resumen*

Se efectuó un estudio sobre el fraccionamiento del fósforo en muestras de suelo, con influencia de materiales volcánicos, en un lote situado en terrenos del IICA-CTEI en Turrialba, Costa Rica.

El área corresponde al bosque sub-tropical húmedo, con una altitud de 630 m.s.n.m., una temperatura de 22°C y una precipitación promedio de 2.600 mm/año. Los objetivos fueron: determinar la concentración de las diferentes fracciones del fósforo a distintas profundidades del perfil del suelo, en parcelas que recibieron en total 2 000 kg de  $P_2O_5$ /ha en el transcurso de cinco cosechas consecutivas de maíz; estudiar el fenómeno de retención y obtener información sobre el mejor uso de los fertilizantes fosfatados en suelos del sub-tropico muy húmedo.

Los resultados indican una baja concentración de P-soluble, en donde los procesos de retención se presentaron con mayor intensidad en los primeros 30 cm del suelo, primando la fracción de P-aluminio sobre las demás.

Por lo menos un 70 por ciento del P-aplicado pasa a formas insolubles de Al, Fe y Ca. Dada la retención detectada se recomienda aplicar el fósforo a través del período vegetativo en por lo menos dos épocas.

*Literatura citada*

1. ACQWAYE, D. K. Some significance of soil organic phosphorus mineralization in the phosphorus nutrition of cacao in Ghana. *Plant and Soil* 19(1):65-80. 1963.
2. AGUIRRE, V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1971. 100 p. (Mimeo).
3. BERGER, J. Maize production and manuring of maize. Geneva, Centre d'Etude de l'azote, 1962. 308 p.
4. BLASCO, M., y BOHORQUEZ, N. Fractionation of phosphorus in tropical soils of Colombia. *Agrochimica* 12:173-178. 1968.
5. BORNEMISZA, E. El fósforo orgánico en suelos tropicales. *Turrialba* 16(1):33-38. 1966.
6. CHANG, S. C. y JACKSON, M. L. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Science* 81(2):134-144. 1957.
7. ENWEZOR, W. O. y MOORE, A. W. Phosphorus status of some Nigerian soils. *Soil Science* 102(5):322-328. 1966.
8. FASSBENDER, H. W. Formas de los fosfatos en algunos suelos de la zona oriental de la Meseta Central y de las Llanuras Atlánticas de Costa Rica. *Fitotecnia Latinoamericana* 3(1-2):187-202. 1966.
9. ———. La adsorción de fosfatos en suelos fuertemente ácidos y su evaluación usando la isoterma de Langmuir. *Fitotecnia Latinoamericana* 3(1-2):203-216. 1966.
10. ———. Phosphate retention and its different chemical forms under laboratory conditions for 14 Costa Rica soils. *Agrochimica* 12(6):512-521. 1968.
11. ———. Fósforo. In *Química de suelos*. San José, IICA, 1975. pp. 268-307.
12. ———. Phosphorus fixation in tropical soils. *Agri Digest* 18:20-28. 1969.
13. ———. Form of phosphate after nine years of superphosphate fertilization of cacao. *Agrochimica* 13(1-2):39-43. 1969.
14. ———, MULLER, I. y BALERDI, F. Estudio del fósforo en suelos de América Central. II Formas y su relación con las plantas. *Turrialba* 18(4):333-347. 1968.
15. HSU, P. H. y JACKSON, M. I. Inorganic phosphate transformation by chemical weathering of soil as influenced by pH. *Soil Science* 90(1):16-32. 1960.
16. LINDSAY, W. I. y STEPHENSON, H. F. Nature of the reaction of monocalcium phosphate monohydrate in soils. I. The solutions that reacts with the soil. *Soil Science Society of America Proceedings* 23(3):12-17. 1959.
17. MAZARIEGOS, F. J. Abonamiento con N-P-K en maíz y frijol y su efecto residual sobre la productividad y propiedades del suelo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1969. 191 p.
18. MORILLO, R. M. y FASSBENDER, H. W. Formas y disponibilidad de fosfatos en suelos de la cuenca baja del Río Choluteca, Honduras. *Turrialba* 18(1):23-26. 1968.

- 19 NELSON, W. I. y STANFORD, G. Changing concepts of plant nutrient behavior and fertilizer use. *Advances in Agronomy* 105-112. 1958.
- 20 PANTOJA, C. Fraccionamiento del fósforo en algunos suelos de clima medio del departamento de Nariño. Tesis Ing Agr Pasto, Universidad de Nariño. 1969 111 p.
- 21 SAUNDERS, H. M. y WILLIAMS, E. G. Determination of total organic phosphorus in soils. *Journal of Soil Science* 6(2):25-260 1965.
- 22 SEN GUPTA, M. B. y CORNFIELD, A. H. Phosphorus in calcareous soils. II. Determination of the organic phosphorus content of calcareous soils and its relation to soil calcium carbonate content. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 13:665-668 1962.
- 23 ULRICH, B., HEMPLER, K. y BENZLER, J. H. Zur analytischen Bestimmung von Gesamtphosphorsäure und laktatlöslicher phosphorsäure in Bodenproben. *Die Phosphorsäure* 20:314-347. 1960.
- 24 WADA, K. Reaction of phosphate with allophane and halloysite. *Soil Science* 87(6):325-330 1959.



# Distribution and interactions of surface roots of *Castilla elastica* (Moraceae) in lowland Costa Rica.\*

S. T. A. PICKETT\*\*

## COMPENDIO

*Para determinar la distribución de raíces menores de 1 mm de diámetro de Castilla elastica se tomaron muestras de 20 x 20 cm a una profundidad de 10 cm en dos transecciones que partían del tronco. Las raíces estuvieron presentes hasta distancias de 20 a 35 m en las dos transecciones respectivamente. Las raíces de diámetro pequeño están concentradas (hasta 450 ml/m<sup>2</sup>) debajo de la copa, pero tienen apreciables concentraciones (hasta 276 ml/m<sup>2</sup>) a distancias más grandes que el radio de la copa. Se discuten las implicaciones para el ciclo de nutrientes y las relaciones competitivas. Se presentan hipótesis para estudiar las relaciones radicales en comunidades — El autor.*

### Introduction

THE present knowledge of root-distribution in the soil is superficial due to the difficulties involved in their study. Before significant progress can be made in the field of root ecology, basic questions concerning the distribution of roots will have to be answered. The lateral extent and depth profiles of the roots of individual trees will have to be determined, and the variability in these patterns must be assessed. Building on such information the mutual competitive effects of root systems on each other's location and form can be investigated in order to further clarify the structure of natural and agricultural plant communities. Such investigations will have to take account of the absorptive characteristics of different sizes and ages of roots as well as their mycorrhizal associations. This paper reports attempts to answer two of these initial questions using *Castilla elastica* which is common in secondary growth in wet tropical forests in Central America. *Castilla* is a tree of medium stature whose sap is used as a source of rubber. I wished to determine 1) distribution of surface roots of an isolated individual and 2) the relations of *Castilla* roots with others in the sample.

### Methods

The semi-isolated individual was located in a cacao plantation at Finca La Selva near Puerto Viejo, Heredia, Costa Rica. The subject tree had a diameter above buttresses (DAB) of 0.93 m and was 15.2 m distant from a smaller *Castilla* measuring 0.65 m DAB. The subject tree had a crown radius of 7-8 m. This site was chosen because, as a result of cultivation, there were no *Castilla* seedlings or saplings near the adult and the vegetational background was uniform. Roots of *Castilla* are bright yellow and contain latex, and can be distinguished from other roots in the samples using these characters. Roots were sampled on two transect lines from the base of the tree (Fig. 1). At 4, 7, 10, 13, 16, 20, 25, 30, and 35 m from the trunk of the tree, 20 x 20 cm cores were cut to a depth of 10 cm. If roots were absent at any point along a transect, a second, and if necessary a third, sample was examined 1 m east of the previous point. If no roots were found at two consecutive stations on a transect, sampling was terminated. The samples were taken in plastic bags to the Rio Puerto Viejo where the soil was washed from the roots in a hardware cloth sieve. Roots were separated into two classes at 1 mm diameter and the volume of roots in each class determined by displacement.

\* Received for publication February 12th, 1976

\*\* Department of Botany, University of Illinois, Urbana, Illinois 61801.

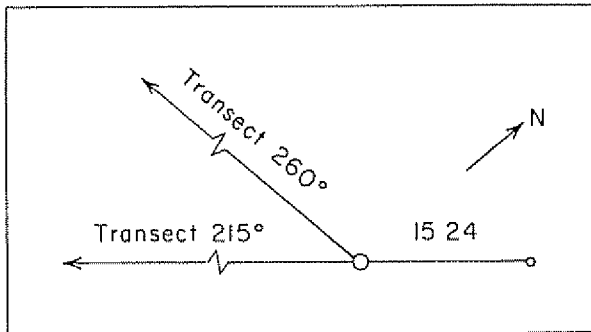


Fig. 1—Diagram of the study site showing the subject tree (1), the only neighboring conspecific individual (2), which is 15.24 m distant, and the two sample transects at 215° and 260°

Results and discussion

Surface roots of *Castilla* were present to a distance of 20 m on transect 260° and to 35 m on transect 215°. The crown had a radius of 8 and 7 m on these transects respectively. Thus the roots on transect 215° had a radial extent 5 times greater than the crown (Fig. 2).

Root data in general are very meager and the volume estimates presented here are obviously crude due to the circumstances under which they were made. However, presentation of some questions and speculations may serve to encourage further research into root relations of plants.

Roots and crown structure

Correlations of root extent with root depth, stem diameter, degree of buttressing, height, age, and crown extent might provide information applicable to the study not only of individual plant strategies but also to the structure and functioning of communities. The placement of roots in relation to the crown may have im-

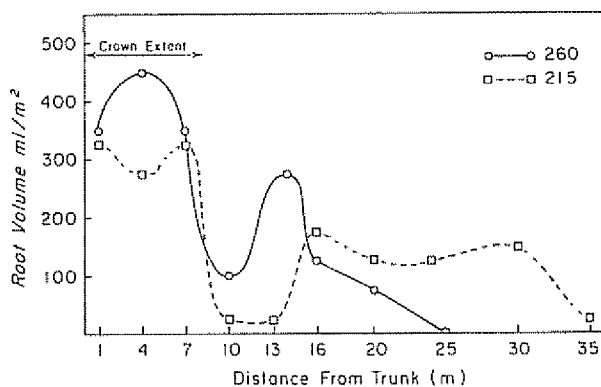


Fig. 2—Volume of *Castilla elastica* in ml m<sup>2</sup> less than 1 mm in diameter along the replicate transect lines. Crown radius is indicated by the arrow in the upper left-hand corner. Note the similarity of distribution on the two independent transects. Only small roots are shown due to their presumed activity in absorption.

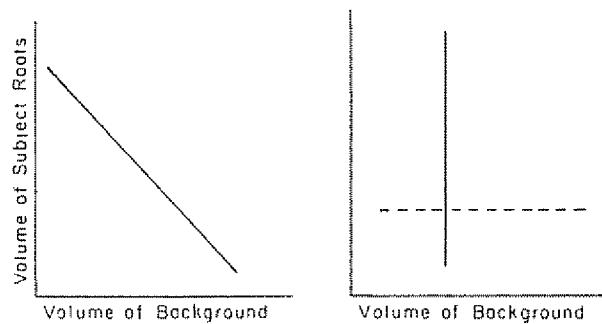


Fig. 3—Hypothesized relationships between volume of roots of a species and the volume of all others in the background. A. The relationship in a saturated community in which all roots are competitively equivalent. The negative correlation suggests competitive interaction. B. Two possible trends in an unsaturated environment or root niche differentiated community. The basic contrast between conditions A and B is between negative correlation and no correlation. Positive correlation between a species and the background could occur in a community that is coarse grained with respect to roots, that is, where various patches of soil are saturated at different total root volumes.

plications for nutrient cycling. A concentration of a tree's own roots beneath its crown may allow a recapture of some portion of nutrients leached from its leaves and branches. Such a situation has been proposed to occur in *Quercus coccinea*, *Q. alba* and *Pinus rigida* in a temperate North American forest (10). It is likely however that the correlation of root and canopy structure is imposed by both exploitation competition and by the filling of soil space in saturated communities where resources are maximally utilized. Additionally, the effectiveness of root-canopy correlations in nutrient relations may be limited by preemption of leachates by the understory vegetation. Furthermore, the high frequency of rain (ca. 4 m/yr at La Selva) or low concentration of the leachate may decrease the value of root canopy correlation. A highly active and extensive surface mycorrhizal association in the usually very moist soil may negate the value of the proposed correlation. Estimation of the volume of roots less than 1 mm in diameter in concentric rings indicates that on both transects *Castilla* roots have their highest concentration beneath the crown, but that high concentrations are maintained outside the crown radius as well (Fig. 2). If this tree is a remnant from a more saturated community, then the great radial extent of its roots may be the result of competitive release. The reasons for this possibility are explored below.

Root distribution and competition

Assuming a saturated root environment and the competitive equivalence of all roots in a sample, an inverse relationship should exist between any one species and all other roots in a sample (Fig. 3a). An alternative plot showing no correlation of subject and background roots (Fig. 3b) would indicate either 1) a differentiation in function or microlocation of the different

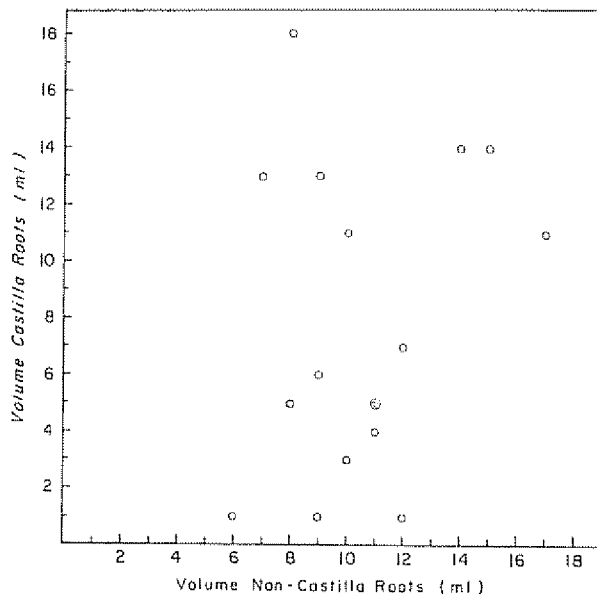


Fig. 4.—Relationship of roots less than 1 mm in diameter in samples. Volumes of *Castilla elastica* and the background are not strongly correlated which may suggest an unsaturated soil environment.

roots, or 2) an unsaturated soil environment. The volume of *Castilla* roots appears to be independent of the background (Fig. 4). Because the study site is a plantation, an unsaturated soil environment might be expected, but niche differentiation, which does occur in non-equilibrium communities (6), cannot be ruled out.

Comparing root volumes of identifiable species in a sample with the amount of all others would be a valuable approach to determining the niche and competitive relationships of various natural and agricultural communities. The absorption of materials by roots within restricted radii enhances the probability that spatial and competitive overlap are directly related, an assumption that is often violated. Investigations could employ a transect between identifiable species pairs and transects from isolated individuals or in centrifugal directions from members of a pair, or extensive survey of the soil beneath a community. Trends in root space saturation along gradients of environmental severity, both spatial and successional, would be useful. It appears that root structure develops very early on in succession (2).

#### *Tropical vs Temperate Plants and Communities*

The great differences in above-ground structure of tropical and temperate forests (4, 8) make the examination of the structure of below-ground components of these systems a particularly pressing problem. Here, though, temperate research will have to be initiated simultaneously as very little is known of tree root distributions and interactions anywhere (but see 1, 3). Herbaceous communities are somewhat better known (9),

but understanding forest patterns, particularly with respect to community organization, is mandatory.

Comparison of the structures of plants in vastly different climates which most likely present different disturbance regimes and large-scale successional dynamics (7) may provide some insight into the mechanisms by which these different climates are eventually expressed in temporal and structural characteristics of communities.

#### *Conclusions*

The core method of root sampling seems to be a viable one, particularly in high rainfall systems where most roots are concentrated in the extreme upper soil. Sampling to a depth of 10 or 20 cm in tropical systems will include very high proportions of the roots present (5). Using cores rather than tracing individual roots as they extend outward from the trunk can provide more information per unit effort. The tracing method will usually not include the small diameter roots, especially at the extremes of the root systems, due to breakage. Of course, the core method can only be used where at least some species roots are identifiable. Sap, color, branching pattern, degree of contortion and texture are characters which may prove to be useful in distinguishing roots. Self-cutting metal cores will improve the accuracy of volumetric estimates.

Using the core method, it was discovered that the roots of *Castilla elastica* have a great radial extent. This observation has stimulated the formation of several questions, hypotheses and approaches which, it is hoped, will encourage further, more refined research into the root relationships of communities.

#### *Acknowledgements*

The insights into the nature of the system employed in this project are those of Dave Janos who also contributed substantially to the formation of the original question. Jack Ewel made helpful comments during the progress of the work, and my friends in OTS 75-2 provided encouragement and helpful discussion. Partial financial support was generously provided by the Botany Department.

#### *Summary*

In order to determine the distribution of *Castilla elastica* roots less than 1 mm in diameter, 20 x 20 cm cores were taken to a depth of 10 cm on two transects from the trunk. The roots were present to distances of 20 m and 35 m on the two transects respectively. The small diameter roots are concentrated (up to 450 ml m<sup>-2</sup>) beneath the crown but have appreciable concentrations (up to 276 ml m<sup>-2</sup>) at distances greater than crown radius. Implications for nutrient cycling and competitive relationships are discussed. Hypotheses and approaches for studying root relationships of communities are presented.

*Literature cited*

- 1 BORMANN, F. H. and GRAHAM, B. F. The occurrence of natural root grafting in eastern white pine, *Pinus strobus* L. *Ecology* 40:677-691 1959
- 2 EWEL, J. Changes in biomass in early tropical succession *Turrialba* 21:110-112 1971
- 3 LaRUE, C. D. Root grafting in tropical trees *Science* 115:296 1952
- 4 LEIGH, E. G., Jr. Structure and climate in tropical rain forest *Annual Review of Ecology and Systematics* 6: 67-86 1975
- 5 ODUM, H. T. Rain forest structure and mineral-cycling homeostasis *In* H. T. Odum and R. F. Pigeon (Eds.), *A Tropical Rain Forest*. Washington, D. C., Office of Information Service, U. S. Atomic Energy Commission. 1970 pp H3-H52
- 6 PARRISH, J. A. D. and BAZZAZ, F. A. Niche separation in roots of successional plants. (Submitted to *Ecology*) 1976
- 7 PICKETT, S. T. A. Succession: An evolutionary interpretation *American Naturalist* 110:107-119 1976
- 8 RICHARDS, P. W. *The tropical rain forest*. London, Cambridge University Press, 1952 450 p.
- 9 WEAVER, J. E. and ALBERTSON, F. W. *Grasslands of the Great Plains*. Lincoln, Nebraska, Johns Hopkins Publishing 1956 395 p.
- 10 WHITTAKER, R. H. Evolution of diversity in land plant communities *Brookhaven Symposia in Biology* 22: 178-195. 1969

# Los virus del frijol en Centroamérica. IV. Algunas propiedades y transmisión por insectos crisomélidos del virus del moteado amarillo del frijol<sup>\*1/</sup> ————— RODRIGO GAMEZ\*\*

## ABSTRACT

*Bean yellow stipple virus (BYSV) was isolated from beans (Phaseolus vulgaris) in Turrialba, Costa Rica. Infected plants showed a distinctive yellow stippling and slight malformation of leaves. BYSV infected 14 of 24 mechanically inoculated species of Leguminosae. All of 542 cultivars of beans tested were found susceptible to the virus. No species outside Leguminosae were infected. The virus was not transmitted through seeds of infected plants. Properties in unbuffered sap were: thermal inactivation point between 74 and 76°C, longevity in vitro at 20°C between 24 and 48 h, dilution end point between 10<sup>-2</sup> and 10<sup>-3</sup>. BYSV was transmitted by the chrysomelid beetles Cerotoma ruficornis and Diabrotica balteata. Insects acquired the virus after feeding periods of 24 h and retained transmissibility for up to 4 to 6, and 1 to 3 days respectively. The virus was purified from infected bean leaves by chloroform-butanol clarification and differential centrifugation in 0.01 M phosphate buffer, pH 7.0, and separated as a single centrifugal component after sucrose rate zonal density gradient centrifugation. Purified preparations were highly infective and contained numerous isometric particles, 26-30 nm in diameter. The absorption spectrum was typical of nucleoproteins with maximum and minimum at 260 and 240 nm, respectively. The A<sub>260/280</sub> was 0.60 ± 0.02 and A<sub>260/240</sub> was 0.70 ± 0.2, indicating nucleic acid content of 20 — 22 per cent. BYSV is serologically related but not homologous to cowpea chlorotic mottle virus, and is considered a strain of this virus and a member of the bromovirus group. — The author*

## Introducción

**E**L virus del moteado amarillo (VMA) fue originalmente aislado de plantas de frijol, *Phaseolus vulgaris* L. en Turrialba, Costa Rica. Las plantas infectadas mostraban un ligero moteado color amarillo y una leve reducción en el crecimiento. Estudios preliminares mostraron que el VMA era diferente de otros

virus transmitidos por insectos crisomélidos conocidos tanto en ésta como en otras partes del mundo (4, 17, 19). El VMA es relacionado serológicamente al virus del moteado clorótico del frijol de costa, "cowpea chlorotic mottle virus" (3), y por lo tanto, pertenece al grupo de los bromovirus (11). Originalmente había sido denominado virus del moteado clorótico (5), pero la similitud de los síntomas de las plantas infectadas y de otras de sus propiedades con las descritas por Zaunmeyer y Thomas (18) para un virus denominado "bean yellow stipple virus" (BYSV), indujeron a utilizar la misma denominación en castellano. En el presente trabajo se describen algunas de sus propiedades en savia, modo de transmisión, reacción y ámbito de plantas hospedantes, y características de la partícula viral. Partes de este estudio fueron publicados en resumen (5, 7).

\* Recibido para su publicación el 26 de abril de 1976

1/ Investigación financiada parcialmente por la donación 75-021 del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Costa Rica (CONICIT). El autor es becario científico del CONICIT.

\*\* Centro de Investigación en Virología y Fisiología Celular, Instituto de Investigaciones en Salud, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria, Costa Rica

### Materiales y métodos

#### Aislamiento del virus, transmisión mecánica y plantas hospedantes

El aislamiento del VMA utilizado en estos estudios se obtuvo de plantas de frijol en Turrialba, Costa Rica. El cultivar 'Col. 109-R' se utilizó como fuente de inóculo y planta de prueba. La transmisión del virus fue realizada rutinariamente en forma mecánica, y la determinación de plantas hospedantes se efectuó inoculando el virus a plantas de diferentes géneros y especies en la forma anteriormente descrita (9). Rutinariamente se intentó la recuperación del virus de plantas inoculadas que no mostraron síntomas de infección.

#### Propiedades en savia y transmisión por semilla

Las propiedades en savia del VMA fueron determinadas en la forma sugerida por Bos *et al.* (1). Para ese propósito, la infectividad de diferentes preparaciones se determinó basándose en el número de lesiones locales necróticas producidas por el virus en hojas primarias de *Dolichos lablab* L. El número y tamaño de las lesiones permitió la utilización de medias hojas para la comparación de preparaciones diferentes del virus (1, 15).

Las pruebas de transmisión por semillas se realizaron con el cultivar 'Col. 109-R.' Las plantas se inocularon en estado cotiledonal, recolectándose su producción al finalizar su ciclo vegetativo. Las semillas provenientes de las plantas infectadas se sembraron para observar en ellas la posible aparición de síntomas de infección del virus.

#### Transmisión por insectos crisomélidos

Los crisomélidos utilizados en las pruebas de transmisión pertenecían a las especies *Diabrotica balteata* Lec. y *Cerotoma ruficornis* Oliv. Debido al hecho de no haberse logrado el establecimiento de colonias de estos insectos bajo condiciones controladas de invernadero, los insectos utilizados en todas las pruebas de transmisión provenían de colonias silvestres. *D. balteata* fue colectada en plantaciones de maíz y *C. ruficornis* en plantaciones de *D. lablab*. Después de colectados los insectos se mantuvieron sobre plantas de frijol susceptibles al VMA a fin de probar si se hallaban libres del virus. Las pruebas de transmisión se realizaron utilizando procedimientos similares a los empleados en estudios anteriores (6, 8). Rutinariamente antes de las pruebas los insectos se sometieron a un período de ayuno de 24 hr, a fin de estimular su apetito y asegurar que todos ellos se alimentaran de las plantas infectadas durante el período de adquisición subsiguiente. Concluida la adquisición, los insectos se transfirieron inmediatamente a plantas sanas por períodos de diferente duración (períodos de prueba). Los insectos se probaban individualmente o en grupos de dos sobre plantas en estado cotiledonal. Los insectos no expuestos a plantas enfermas se denominaron sanos; los que transmitieron el virus se llamaron transmisores o virulíferos. El día en que se

inició una prueba de transmisión se denominó "1", "2" el día siguiente, y así sucesivamente.

#### Purificación

El VMA se purificó a partir de hojas de plantas de frijol, cultivar 'Col. 109-R' infectadas por el virus. Una cantidad de 100 g de hojas se mezcló con 100 ml de tampón de fosfato 0,01 M, pH 7,0 y se homogenizó en un homogenizador Sorvall. La pulpa resultante fue exprimida a través de tela de gasa, y el extracto así obtenido se mezcló a 4°C con partes iguales de cloroformo y butanol, bajo una leve y constante agitación para su emulsificación. La mezcla se mantuvo en reposo por 30 a 60 minutos a 4°C, rompiéndose la emulsión posteriormente por centrifugación a 5 000 rpm (3020 g) por 10 minutos en una centrífuga Sorvall RC2-B. La fase acuosa se centrifugó en el Rotor 30 de una centrífuga Beckman, Modelo L, a 30.000 rpm (105.651 g) durante 90 minutos. El sedimento resultante fue resuspendido en el tampón de fosfatos, clarificado por centrifugación a baja velocidad y centrifugado nuevamente a alta velocidad en la forma antes descrita. La preparación sedimentada del virus se resuspendió nuevamente en el tampón de fosfato, se clarificó a baja velocidad, y se usó posteriormente para centrifugación en gradientes de densidad de sucrosa. La misma solución tampón se usó para preparar soluciones que contenían 100, 200, 300 y 400 g de sucrosa por litro. Las columnas de gradientes de densidad se formaron colocando cuidadosamente y en forma sucesiva sin que se mezclaran, 4, 7, 7 y 7 ml respectivamente de las soluciones. Las columnas se prepararon en tubos de nitrato de celulosa de un Rotor SW 25,1 y se mantuvieron a 4°C por 16 hr, para permitir la difusión de la sucrosa. Un volumen de 2 ml de la preparación del virus se colocó sobre cada columna de sucrosa, agregándose luego cuidadosamente sobre ella el tampón hasta llenar completamente el tubo sin disturbar la columna. Los tubos se colocaron en el Rotor SW 25,1 y se centrifugaron a 22 500 rpm (73 018 g) durante 4 hr. Concluida la centrifugación, los gradientes se examinaron en un analizador y fraccionador ISCO de gradiente de densidades, conectado a un graficador externo (2). Se utilizó regularmente una fotocelda de 2 mm y un rango de sensibilidad de 0,0,5 a 254 nm de longitud de onda. En algunos casos se empleó una fotocelda de 10 mm al mismo rango de sensibilidad. La preparación del virus que se obtuvo fue concentrada por centrifugación a 30.000 rpm (105.651 g) durante 90 minutos en un Rotor R-30. El sedimento que contenía el virus se resuspendió en el tampón de fosfato.

#### Absorbancia y microscopía electrónica

El espectro de absorción del virus se determinó en un espectrofotómetro Beckman DU-2, en un ámbito de 220-300 nm de longitud de onda. Las preparaciones fueron examinadas en un microscopio electrónico Hitachi HU-12. La suspensión del virus se mezcló con un volumen igual de ácido fosfotúngstico ajustado a pH 7,0 con hidróxido de potasio y se colocó sobre grillas de 400 mesh cubiertas con una membrana de colodión estabilizada con una película de carbón evaporado.

### Serología

Para la preparación de antisueros del VMA se utilizaron preparaciones purificadas del virus, que se emulsificaron con adyuvante completo de Freund en la relación de 1 mg de virus/1 ml de adyuvante. Un volumen de 0,5 ml de la emulsión se inyectó dos veces a intervalos de una semana, en cada una de las patas traseras de un conejo. Los animales así tratados se sangraron tres semanas después de la última inyección. Los títulos de los antisueros así preparados, así como las relaciones serológicas, se determinaron por pruebas de precipitación de anillo y difusión en geles de Ouchterlony.

Los antisueros contra los virus de "cowpea southern bean mosaic" (CP-SBMV) "cowpea mosaic" (CPMV), "bean pod mottle" (BPMV), "cowpea chlorotic mottle" (CCMV), y "squash mosaic" (SMV), empleados en las pruebas de relaciones serológicas fueron suministrados por el Dr. J. P. Fulton, Universidad de Arkansas.

### Resultados

#### Reacción de cultivares de frijol

Todos los cultivares de frijol, de un total de 542 probados, resultaron susceptibles al virus. Con ligeras diferencias entre cultivares, en general los síntomas típicos de infección se caracterizaron por un moteado en el cual áreas amarillas de forma irregular y bordes bien definidos, aparecían distribuidas irregularmente en la planta, (Fig. 1). Estas manchas amarillas disminuían en intensidad y número en las hojas formadas después de la floración de la planta. En la mayoría de los cultivares inoculados sólo se observó una ligera reducción en el crecimiento. El grupo de cultivares de frijol probados incluyó 'Stringless Green Refugee', 'Pinto 111',

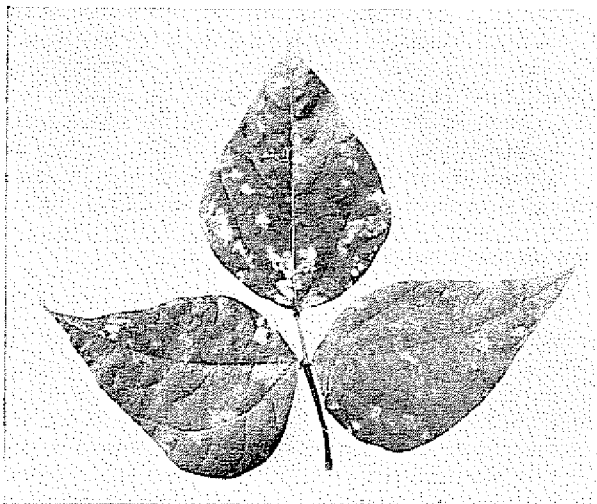


Fig. 1.—Síntomas del moteado amarillo en hojas de frijol.

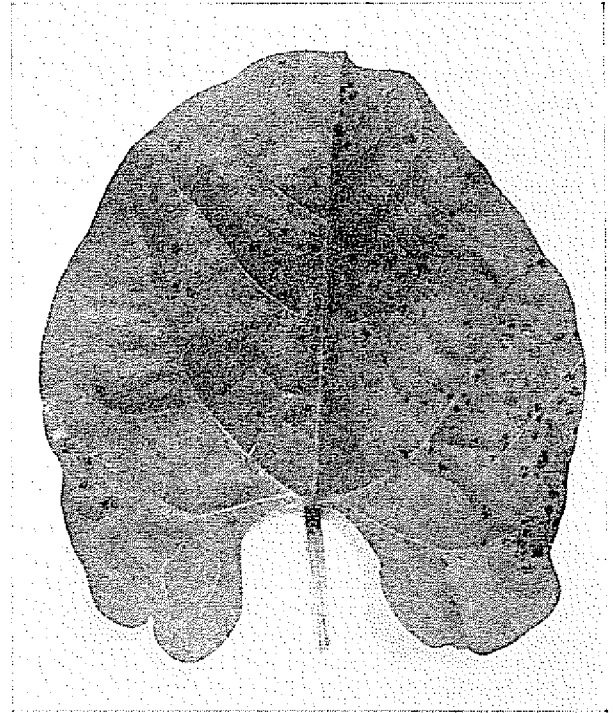


Fig. 2.—Lesiones locales necróticas causadas por el virus del moteado amarillo del frijol en hojas cotiledonal de *Dolichos lablab*.

'Bontiful', 'Michelite', 'Sanilac', 'Topcrop', 'Tendercrop', 'Tenderwhite', 'Tendergreen', 'Great Northern UI60', 'Kentucky Wonder' y 'Tenderlong'. Estos cultivares se han usado frecuentemente en estudios con otros virus (6, 8, 9, 18, 19), lo cual permitió la comparación del VMA con virus de leguminosas descritos en la literatura. Las reacciones aquí descritas fueron idénticas a las observadas por Zaumeyer y Thomas (18) para el BYSV.

#### Plantas hospedantes y sintomatología

El número de hospedantes entre las leguminosas fue amplio. Las reacciones de diferentes géneros y especies hallados susceptibles se describen a continuación: *Phaseolus acutifolius* Gray y *P. lunatus* L., moteado amarillo; *P. calcaratus* Roxb., *P. vicariianus* Hart, *P. aconitifolius* Jacq. y *P. lathyroides* L., infección sin síntomas; *Vigna sinensis* Savi (6 cultivares), moteado amarillo severo; *V. sesquipedalis* (L.) Fruwirth, y *V. birta* Hook, moteado amarillo; *Glycine max* Merr. (cvs 'Improved Pelican', 'Bienville', 'Hardee', 'Hampton CES-407', 'CES-486 Stewart'), moteado amarillo; *G. javanica* y *Cajanus indicus* Spreng, infección sin síntomas.

Leguminosas que reaccionaron con la formación de lesiones locales sin ocurrir infección sistémica incluyeron: *Dolichos lablab* L. (Fig. 2), *G. max* (cvs 'Biloxi', 'Otootan', 'P1215-691'), *Crotalaria juncea* L. y *C. paulina* L.

Otras especies de leguminosas inoculadas y halladas inmunes fueron: *P. angularis* (Willd) W. F. Wright, *P. mungo* L., *P. aurens* Roxb, *P. coccinens* L., *Vicia faba* Mild., *Trifolium repens* L., *T. hybridum* L.

Entre las especies no leguminosas inoculadas con el VMA, *Chenopodium amaranticolor* Coste y Reyn., y *Cb. album* L. reaccionaron con la formación de lesiones locales blanquecinas. *Cucumis sativus* L., *C. melo* L., *Lycopersicon esculentum* Mill., *Datura stramonium* L., *Nicotiana tabacum* L. cv. 'H-425', *N. glutinosa* L., *Pennisetum hybridum* Vilm. y *Physalis floridana* Rydb. fueron inmunes. El ámbito y reacción de plantas hospedantes del VMA es, con algunas pocas excepciones, similar al del BYSV (18), pero totalmente diferente a otros virus de leguminosas descritos en la literatura (16, 19).

*Propiedades en savia*

El VMA permaneció infeccioso después de ser calentado durante 10 minutos a temperaturas hasta 74°C pero fue inactivado a 76°C. Soportó un envejecimiento *in vitro* a 20°C de 24 pero no de 48 hr. El punto final de dilución se halló entre 10<sup>-3</sup> y 10<sup>-4</sup>. Los puntos de inactivación termal del VMA y del BYSV (18) son similares, no así su tolerancia a dilución y envejecimiento *in vitro*.

*Transmisión por semilla*

De un total de 406 semillas provenientes de plantas infectadas, ninguna de las plantas resultantes mostró síntomas de infección que indicaran transmisión del virus a través de la semilla.

*Transmisión por crisomélidos*

Para determinar si las especies *C. ruficornis* y *D. balteata* transmitían el virus, grupos de insectos sanos de ambas especies tuvieron separadamente un período de adquisición de 2 días. Concluida la adquisición los insectos se probaron sobre plantas sanas, en grupos de 2, por períodos de 2 días. El experimento se repitió 4 veces. De un total de 58 grupos de *D. balteata* probados, 15 transmitieron el virus; por otra parte 11 de 57 grupos de *C. ruficornis* fueron transmisores.

Se estudió también la retención del virus por las dos especies de crisomélidos. Los insectos tuvieron un período de adquisición de 2 días, siendo transferidos posteriormente en grupos de 2, a plantas sanas por 4 períodos consecutivos de 3 días de duración cada uno. Los resultados obtenidos aparecen en el Cuadro 1. Dos de los 15 grupos de *D. balteata* transmitieron el virus únicamente durante el primer período de prueba; por otra parte 5 de los 13 grupos de *C. ruficornis* lo hicieron en el primer período y 1 de 12 grupos en el segundo pero no en los restantes períodos. La retención del VMA en este caso fue al menos de 4 a 6 días de duración.

Cuadro 1 — Transmisión del virus del moteado amarillo por grupos de *Diabrotica balteata* y *Ceratomyza ruficornis*

Especie	Registro de Transmisión (Días de iniciado el experimento*)			
	3-5	6-8	9-11	12-14
<i>Diabrotica balteata</i>	2/15**	0/-14	0/14	0/14
<i>Ceratomyza ruficornis</i>	5/13	1/12	0/7	0/1

\* Los insectos tuvieron un período de adquisición de 2 días y fueron transferidos a plantas sanas por 4 períodos consecutivos de prueba en los días indicados.

\*\* Número de grupos transmisores / número de grupos probados. Dos insectos por grupos.

*Sedimentación en gradientes de densidad*

El VMA se sedimentó como un solo componente que apareció como un pico de mayor absorbancia de luz ultravioleta, a 3,2 cm debajo del menisco del tubo de la gradiente. En el extracto de planta sana no apareció ningún pico de absorbancia de luz ultravioleta. Las gradientes fraccionadas se utilizaron para determinar infectividad y características de las partículas virales.

*Infectividad de las preparaciones*

La infectividad de las fracciones obtenidas del analizador ISCO se determinó por inoculación a *D. lablab*. La fracción que contenía el componente asociado al pico de absorción de ultravioleta mostró ser infectiva, no así el resto de las fracciones obtenidas de las partes superiores e inferiores de la gradiente.

*Absorción de la luz ultravioleta*

Una muestra del componente infectivo se centrifugó a 105.000 g por 90 minutos en un Rotor R-40. El sedimento se resuspendió en la solución tampón de fosfatos 0,01M, pH7,0, y se examinó al espectrofotómetro. La preparación mostró un espectro de absorción típico de núcleo-proteínas, con un mínimo de 240 nm y un máximo a 260 nm. La tasa de absorbancia a 260/240, y a 280/260 fue de 0,70 ± 0,2 y a 0,60 ± 0,02, que sugiere un contenido de ácido nucleico de 20-22 por ciento para el VMA (13).

*Microscopía electrónica*

La muestra del componente infectivo utilizado en la determinación del espectro de absorción fue también examinada al microscopio electrónico después de su tinción.



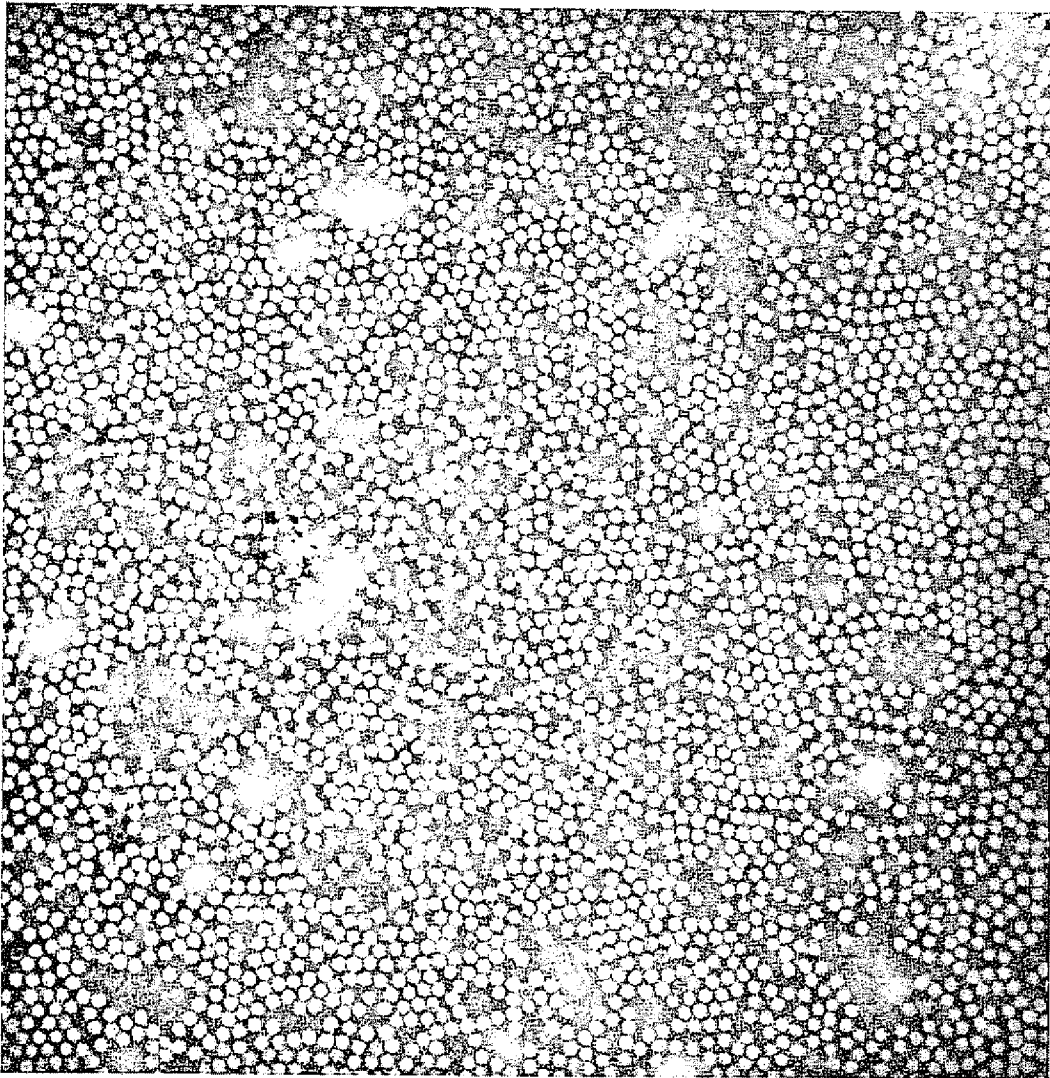


Fig. 3.—Partículas del virus del moteado amarillo del frijol (16 500 X)

con ácido fosfotúngstico, mostrando la presencia de partículas virales isométricas y de aproximadamente 26-30 nm de diámetro (Fig. 3). Las preparaciones de plantas sanas no contenían ninguna partícula.

#### *Serología*

El título del antisuero del VMA determinado por precipitación de anillo fue de 1/128. En pruebas de inmunodifusión doble en agar, este antisuero reaccionó específicamente con preparaciones purificadas o extractos crudos de plantas infectadas con el virus. Los extractos de plantas sanas no dieron ninguna reacción con el antisuero. Cuando el VMA se probó contra antisue-ros de los virus del CPMV, BPMV, CP-SBM, SMV y

CCMV, reaccionó únicamente con el CCMV en la forma anteriormente descrita (3). El antisuero del CCMV formó una banda de precipitación con un espolón final diferente a la banda de precipitación formada por el VMA y su antisuero homólogo, indicativo así de relación mas no de identidad serológica de ambos virus.

#### *Discusión*

La sintomatología y reacción de las plantas hospedantes, y el punto de inactivación termal del VMA son similares a los descritos por Zaumeyer y Thomas (18) para el BYSV. Este virus fue originalmente aislado en 1950 de plantas de frijol en Illinois, U S A, y desde entonces no había sido hallado de nuevo por ningún

otro investigador. El aislamiento original del BYSV no está disponible, por lo que no pudo ser utilizado en pruebas comparativas con el VMA. No obstante la similitud de las características citadas de ambos virus indujo a mantener en castellano el nombre original de "bean yellow stipple virus".

La purificación del VMA permitió la determinación de algunas características intrínsecas de la partícula viral, y su comparación con otros virus de plantas (11, 16). Además de las propiedades en savia y su transmisibilidad por insectos crisomélidos, la forma y tamaño de la partícula, el contenido aproximado de ácido nucleico, la existencia de un solo componente centrifugacional en las preparaciones, las reacciones serológicas descritas anteriormente y comprobadas en este estudio, y el coeficiente de sedimentación de 81S (3), proveen criterio básico para establecer que este virus es un miembro del grupo de los bromovirus (11), serológicamente relacionado al CCMV (3, 13). El criptograma correspondiente (11) es entonces: \*/\*:\*/(20-22):S/S:S/Cl. La indicación de que serológicamente el CCMV y el VMA están relacionados pero no son idénticos, y las diferencias en el rango y reacción de las plantas hospedantes de estos virus permite considerarlos como razas diferentes de un mismo virus.

El VMA se ha encontrado en plantaciones de frijol de costa en diversas regiones de Costa Rica (10), pero su distribución en otros países de Centro América es aún poco conocida, aunque plantas con síntomas similares a los aquí descritos se han observado en El Salvador y Nicaragua.

Este constituye el tercer virus del frijol transmitido por insectos crisomélidos descrito en Centroamérica; el virus del mosaico rugoso (8) y el virus del mosaico sureño (14) habían sido anteriormente descritos como transmitidos por *D. balteata* y *C. inficornis*. Esta es la primera descripción de estas especies de insectos como vectores de un bromovirus.

Los resultados de los estudios preliminares sobre la transmisión del VMA por insectos no muestran diferencias apreciables en la eficiencia de transmisión del virus por *D. balteata* o *C. inficornis*. No obstante, esta última especie retiene aparentemente el virus por períodos más prolongados que *D. balteata*, al igual que sucede con el virus del mosaico rugoso (8). Para el VMA la eficiencia de transmisión no parece estar necesariamente ligada al tiempo de retención del virus, como se ha demostrado también en otros casos (4). El mecanismo de transmisión de virus por coleópteros ha sido exhaustivamente revisado (4), demostrándose, entre otras cosas, la asociación entre la presencia del virus en la hemolinfa con la transmisión y retención del virus por ese insecto vector. En el caso del VMA se requiere determinar si la baja eficiencia de transmisión y la corta retención del virus aquí observadas se asocian a su presencia en la hemolinfa de sus vectores.

#### Agradecimientos

El autor agradece a los señores Reynaldo Pereira y Guillermo Salazar su asistencia técnica, y al antiguo IICA-CTEI y la Unidad de Microscopía Electrónica del INISA-UCR, las facilidades prestadas para la realización de algunos aspectos de este trabajo.

#### Literatura citada

- BOS, L. HAGERDON, D. J. y QUANTZ, I. Suggested procedures for international identification of legume viruses. Tijdschrift over Plantensiekten 66:328-343 1960.
- BRASSE, M. K. Photometric scanning of centrifuged density-gradient columns. Analytical Biochemistry 5: 271-283 1963.
- FULTON, J. P., GAMEZ, R. y SCOTT, H. S. Cowpea chlorotic mottle and bean yellow stipple viruses. Phytopathology 65:741-742. 1975.
- , SCOTT, H. S. y GAMEZ, R. Beetle transmission of legume viruses. In Bird, J. y Maramorosch, K., eds. Tropical diseases of legumes. New York, Academic Press, 1975. pp. 123-131.
- GAMEZ, R. Los virus del frijol en Costa Rica. III. Moteado clorótico. In XV Reunión Anual. Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. San Salvador, El Salvador. Febrero 24-28, 1969. IICA. Publicación Miscelánea N° 68. p. 29.
- . Los virus del frijol en Centro América. I. Transmisión por moscas blancas y plantas hospedantes del virus del mosaico dorado. Turrialba 21: 22-27. 1971.
- . Some properties and beetle transmission of bean yellow stipple virus. Phytopathology 62:759. 1972. (Abstract).
- . Los virus del frijol en Centro América. II. Algunas propiedades y transmisión por crisomélidos del virus del mosaico rugoso del frijol. Turrialba 22: 249-257. 1972.
- . Los virus del frijol en Centro América. III. Razas del virus del mosaico común del frijol de El Salvador y Nicaragua. Turrialba 23:475-476 1973.
- GONZALEZ, C., MORENO, R. y GAMEZ, R. Identidad, incidencia y distribución de virus del frijol de costa (*Vigna sinensis*) en Costa Rica. In Resúmenes, Reunión Anual, División del Caribe, Sociedad Americana de Fitopatología. CIAT, Cali, Colombia, Diciembre 4-6, 1975. p. 45.
- HARRISON, B. D., FINCH, J. I., GIBBS, A. J., HOLLINGS, M., SHEPHERD, R. J., VALENTA, V. y WETTER, C. Sixteen groups of plant viruses. Virology 45:356-363 1971.
- KUHN, C. W. Purification, serology and properties of a new cowpea virus. Phytopathology 54:853-857. 1964.
- LAYNE, E. Spectrophotometric and turbidimetric methods for measuring proteins. In Colowick, S. P. y Kaplan, N. D., eds. Methods in enzymology. New York, Academic Press, 1957. Vol. III, pp. 447-454.

- 14 MURILLO, J. I. Estudio sobre dos aislamientos virales del frijol en Costa Rica. *In* XIII Reunión Anual. Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. San José, Costa Rica. Febrero 28 - Marzo 4, 1967. pp. 52-55.
- 15 ROBERTS, D. Local lesion assay of plant viruses. *In* Corbett, M. K. y Sisler, H. D., eds. Plant virology. University of Florida Press, 1964. pp. 194-210.
- 16 SMITH, K. M. A textbook of plant virus diseases. New York, Academic Press, 1972. 684 p.
- 17 WALTERS, H. J. Beetle transmission of plant viruses. *Advances in Virus Research* 15:339-363. 1969.
- 18 ZAUMEYER, W. J. y THOMAS, H. R. Yellow stipple, a virus disease of bean. *Phytopathology* 40:847-859. 1950.
- 19 ————. A monographic study of bean diseases and methods for their control. Washington D. C. United States Department of Agriculture. Technical Bulletin 868. 1957. 255 p.

# The effect of MCPP on aspects of the metabolism of 17-day old seedlings of *Theobroma cacao*, variety F<sub>3</sub> Amazon\* —

M. O. OLOFINBOBA, M. O. FAWOLE\*\*

## COMPENDIO

El cotiledón, hipocótilo y raíz de plántulas de 17 días de *Theobroma cacao*, variedad F<sub>3</sub> Amazon, contenían lípidos, aminoácidos, maltosa, sacarosa, glucosa, fructosa, xilosa y almidón. El cotiledón almacenó la concentración más alta de lípidos, aminoácidos, almidón y carbohidratos totales. La aplicación de ácido 2,4-clorometilfenoxi-propiónico (MCPP) sobre el cotiledón afectó la distribución de estas reservas en la plántula en el término de 48 horas. El almidón y los carbohidratos totales disminuyeron en el cotiledón con aumento concomitante en la raíz. Los lípidos desaparecieron rápidamente en el hipocótilo y la raíz a las 48 horas de aplicar MCPP al cotiledón. Los aminoácidos, por otra parte, aumentaron en los tres órganos de las plántulas tratadas con la acumulación más alta en el hipocótilo. La tasa de absorción de oxígeno por preparaciones mitocondriales de los tres órganos fue inhibida por el MCPP. Sin embargo, el herbicida en general aceleró las actividades de la oxidasa del ácido ascórbico en el hipocótilo y raíz de las plántulas antes de las 48 horas. Tuvo un efecto inverso sobre las actividades de la enzima en el cotiledón. La ATPasa de la raíz fue inhibida por el MCPP en tanto que sus actividades fueron aceleradas en los cotiledones e hipocótilos antes de las 48 horas. — Los autores

### Introduction

THE application of 2, 4-chloro-methylphenoxy-propionic acid (MCPP) to the cotyledons of *Theobroma cacao* seedlings was reported by Olofinboba (9) to promote cambial activity of the hypocotyl. This resulted in the swelling of the hypocotyl followed by a suppression of growth. Some of these morphological changes were observed within 48 hours of herbicide application. The herbicide also suppressed leaf enlargement and dry weight. These effects were more pronounced on seedlings without expanded foliage leaves. MCPP had no significant effect on the root and stem if applied after the two-leaf stage of the seedling development. The rapidity with which the herbicide effected these morphological changes suggested a likelihood for some rapid metabolic changes in the affected seedling. The food reserves in cotyledons are required for the

development of leaf and cambium in seedlings without expanded leaves. Rapid proliferation of cambial cells might result in changes in the respiratory rates.

This study was therefore designed to investigate changes in the respiratory activity as well as the distribution of amino acids, lipids, starch and of ethanol-soluble carbohydrates, in 17-day old seedlings within 48 hours of MCPP application.

### Materials and methods

Seeds of *Theobroma cacao*, variety F<sub>3</sub> Amazon obtained from the Cacao Research Institute of Nigeria, Onigambari, Ibadan, were germinated directly in batches of three in sterile garden soil contained in polyethylene nursery cocoa bags. The bags were kept under a shed made of palm leaves to simulate the condition adopted in nurseries for raising the seedlings. The temperature in the shed varies widely as it naturally happens in the field. Seventeen-day-old seedlings, without expanded foliage leaves were used.

\* Received for publication June 9th, 1975

\*\* Department of Botany, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria.

Each cotyledon of the 17-day old seedlings was smeared with 0.1 ml of 10 ppm MCPP. The concentration of 10 ppm was selected from the experience in previous experiments (9). Other seedlings left untreated served as controls. Samples were taken immediately from control seedlings and further samples taken from both control and treated seedlings 24 and 48 hrs after treatment. The soil particles on the roots of the harvested seedlings were carefully washed in slow running tap water and the seedlings were then separated into roots, hypocotyls and cotyledons. Those for enzyme extraction were immediately chilled before further treatment while those for chemical analysis were dried to constant weight and then powdered in a coffee mill.

The methods used for the quantitative determinations of ethanol-soluble sugars, starch, lipids, amino acids and protein were those described by Olofinboba

and Fasidi (10). Similarly the procedures used for the preparation of cell-free extract, measurement of respiration and the determination of adenosine triphosphate activity were those described by Fawole and Olofinboba (2).

The activity of ascorbic acid oxidase (AA oxidase) was measured by determining the catalytic effect of the soluble fraction of the extract on the oxidation of ascorbic acid at 25°C (5). The rate of oxidation of ascorbic acid was measured by removing samples from the incubation mixture into 20 per cent metaphosphoric acid and then estimating the unoxidized ascorbic acid by titration against 0.01 per cent of 2,6-dichlorophenol indophenol (DCPIP). Since the volume of DCPIP used in titration is directly proportional to the quantity of ascorbic acid, the activity of AA oxidase was expressed as change in the volume of DCPIP/min/mg protein.

Table 1—MCPP effect on the distribution of ethanol-soluble carbohydrates in seedlings of *Theobroma cacao*, variety F<sub>3</sub>, Amazon (mg/g dry wt; percentage of total in parentheses)

		Ethanol-Soluble		Carbohydrates		
		Maltose	Sucrose	Glucose	Fructose	Xylose
INITIAL CONTROL	C	3.89 ± 0.51 (58.85)	4.59 ± 0.61 (62.62)	13.42 ± 1.17 (35.13)	20.69 ± 1.66 (53.49)	2.41 ± 0.61 (37.25)
	H	1.78 ± 0.61 (26.93)	1.28 ± 0.10 (17.47)	15.28 ± 1.21 (40.00)	10.50 ± 0.41 (27.15)	2.96 ± 0.41 (45.75)
	R	0.94 ± 0.10 (14.22)	1.46 ± 0.06 (19.91)	9.50 ± 1.91 (24.87)	7.49 ± 1.21 (19.36)	1.10 ± 0.12 (17.00)
	CHR	6.61	7.33	38.20	38.68	6.47
CONTROL 24 hr	C	1.69 ± 0.50 (29.47)	4.13 ± 1.11 (58.26)	11.22 ± 0.70 (30.85)	19.44 ± 0.94 (48.91)	1.97 ± 0.41 (32.25)
	H	3.00 ± 0.61 (53.20)	1.55 ± 0.10 (21.87)	12.63 ± 1.20 (34.72)	12.81 ± 1.21 (32.23)	2.44 ± 0.21 (39.94)
	R	0.95 ± 0.20 (16.83)	1.41 ± 0.13 (19.87)	12.53 ± 0.41 (34.43)	7.50 ± 0.65 (18.86)	1.70 ± 0.41 (27.81)
	CHR	5.64	7.09	36.38	39.75	6.11
TREATED 24 hr	C	3.46 ± 0.10 (72.69)	4.74 ± 0.17 (75.48)	20.62 ± 1.40 (74.58)	11.82 ± 1.40 (61.15)	0.90 ± 0.66 (38.97)
	H	0.84 ± 0.10 (17.65)	0.94 ± 0.07 (14.47)	3.56 ± 0.60 (12.88)	3.38 ± 0.61 (17.49)	1.41 ± 0.66 (61.03)
	R	0.46 ± 0.22 (9.66)	0.60 ± 0.11 (9.55)	3.47 ± 0.90 (12.54)	4.13 ± 0.55 (21.36)	0.00 (0.00)
	CHR	4.76	6.28	27.65	19.33	2.31
CONTROL 48 hr	C	2.42 ± 0.10 (32.53)	3.69 ± 0.16 (27.70)	12.34 ± 2.41 (31.42)	17.60 ± 1.71 (43.43)	2.10 ± 0.91 (32.82)
	H	3.81 ± 0.30 (51.21)	2.41 ± 0.14 (18.10)	14.22 ± 1.70 (36.21)	13.59 ± 1.99 (33.53)	2.64 ± 1.41 (41.25)
	R	1.21 ± 0.17 (16.26)	7.22 ± 0.13 (54.20)	12.72 ± 0.91 (32.37)	9.34 ± 1.66 (23.04)	1.66 ± 0.44 (25.93)
	CHR	7.44	13.32	39.28	40.53	6.40
TREATED 48 hr	C	7.97 ± 1.61 (97.55)	5.16 ± 1.12 (98.10)	7.88 ± 1.01 (17.52)	4.31 ± 0.31 (13.25)	0.00 (0.00)
	H	0.20 ± 0.07 (2.45)	0.10 (1.90)	3.44 ± 0.70 (7.65)	0.66 ± 0.04 (2.03)	1.27 ± 0.11 (100.00)
	R	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	33.66 ± 1.92 (74.83)	27.56 ± 1.40 (84.72)	0.00 (0.00)
	CHR	8.17	5.26	44.98	32.53	1.27

C = Cotyledon

R = Root

H = Hypocotyl

CHR = Cotyledon + Hypocotyl + Root

## Results

The seedlings used in this experiment contained maltose, sucrose, glucose, fructose, xylose, starch, lipids and amino acids (Tables 1, 2 and 3). The most abundant carbohydrates were starch, fructose and glucose. The cotyledon of 17-day old seedlings contained the highest concentration of these reserves. It stored 55.60 per cent of starch; 49.68 per cent of total carbohydrates; 97.68 per cent of lipids and 48.08 per cent of amino acids. The hypocotyl contained 26.64 per cent starch; 30.47 per cent total carbohydrates; 1.60 per cent lipids and 28.85 per cent amino acids while the root had 17.76 per cent starch, 19.85 per cent total carbohydrate, 0.72 per cent lipids and 23.07 per cent amino acids.

The relative distribution of these reserves was affected by MCPP within 24 hrs of application (Tables 1, 2 and 3). Percentage accumulation of starch decreased in cotyledon from 55.60 per cent to 19.54 per cent within 24 hours of MCPP application but increased in both hypocotyl and root. Total carbohydrate also decreased in the cotyledon and hypocotyl with a concomitant increase in the root. The effects were more marked within 48 hrs. The percentage accumulation of starch in cotyledon dropped to 9.68 per cent while that of total carbohydrates dropped to 19.68 per cent. Accumulations of starch and total carbohydrate in roots were 60.16 per cent and 63.67 per cent respectively (Table 2).

The effect of MCPP was most marked on the distribution of lipids. The lipid content of cotyledons was

Table 2—MCPP effect on the distribution of starch and total carbohydrates in seedlings of *Theobroma cacao*, variety F<sub>3</sub> Amazon (mg/g dry wt; percentage of total in parentheses).

		Changes as per cent of initial control			
		Starch	Total carbohydrate	Starch	Total carbohydrate
INITIAL	C	31.31 ± 1.21 (55.60)	76.31 (49.68)	—	—
CONTROL	H	15.00 ± 1.60 (26.64)	46.80 (30.47)	—	—
	R	10.00 ± 1.31 (17.76)	30.49 (19.85)	—	—
	CHR	56.31	153.60	—	—
	C	27.81 ± 1.36 (52.47)	66.26 (44.78)	88.82	86.83
CONTROL 24 hr	H	14.56 ± 0.94 (27.47)	46.99 (31.76)	97.07	100.41
	R	10.65 ± 1.00 (20.06)	34.72 (23.46)	106.30	113.87
	CHR	53.00	147.97	94.12	96.33
	C	11.25 ± 1.61 (19.54)	51.89 (44.35)	35.93	68.00
TREATED 24 hr	H	23.44 ± 3.01 (40.72)	33.57 (28.69)	156.27	71.73
	R	22.88 ± 2.11 (39.74)	31.54 (26.96)	228.80	103.44
	CHR	57.57	117.00	102.24	76.17
	C	26.41 ± 2.01 (47.78)	64.56 (39.79)	84.35	84.60
CONTROL 48 hr	H	16.74 ± 1.66 (30.28)	53.41 (32.92)	111.60	114.12
	R	12.13 ± 1.41 (21.94)	44.28 (27.29)	121.30	145.23
	CHR	55.28	162.28	98.17	105.63
	C	6.94 ± 0.66 (9.68)	32.26 (19.68)	22.16	42.27
TREATED 48 hr	H	21.63 ± 2.11 (30.16)	27.30 (16.65)	144.20	58.33
	R	43.14 ± 1.44 (60.16)	104.36 (63.67)	431.40	342.28
	CHR	71.71	163.92	127.35	106.72

C = Cotyledon.  
H = Hypocotyl

R = Root  
CHR = Cotyledon + Hypocotyl + Root

much more than that of either the hypocotyl or root in treated or control samples (Table 3). The level of lipids in the cotyledons and hypocotyls of control samples remained rather unchanged over the 48 hrs period, compared with the initial controls. During the same period, the level of lipids in roots of control plants steadily increased. On treatment of cotyledon with MCP, the lipid content of each organ decreased compared with the levels in the controls. Such effect became most pronounced in the hypocotyls and roots where the lipid completely disappeared within 24 hrs of MCP application.

The amino acid content of cotyledons was always higher than that of either hypocotyls or roots in the control samples (Table 3). This situation was changed when the samples were treated with MCP even within 24 hrs when more than 50 per cent of the total amino acid content of the whole seedling was present in

the hypocotyls. The relative distribution again changed within 48 hrs with the hypocotyl containing 43.24 per cent of total amino acids. The concentrations in the cotyledon and root increased to 32.43 per cent and 24.33 per cent respectively. The various organs of treated seedlings contained more amino acids than those of control seedlings.

The rate of respiration in the cotyledons when compared with the figures for the controls was inhibited by MCP (Fig. 1). The low respiratory rate normally observed in the root was totally inhibited in the treated samples. It should be recalled that the seedlings used were 17 days old where root respiration might be normally low.

The activity of ascorbic acid oxidase appeared to be concentrated in the roots followed by the cotyledons, with the least amount in the hypocotyls (Fig. 2). The presence of MCP in the cotyledons had no effect

Table 3—MCP effect on the distribution of lipids and amino acids in seedlings of *Theobroma cacao*, variety F<sub>3</sub> Amazon (mg/g dry wt; percentage of total in parentheses).

			Changes as per cent of initial control		
		Lipids	Amino acid	Lipids	Amino acids
INITIAL CONTROL	C	54.80 ± 2.14 (97.68)	0.25 ± 0.01 (48.08)	—	—
	H	0.90 ± 0.01 (1.60)	0.15 ± 0.04 (28.85)	—	—
	R	0.40 ± 0.04 (0.72)	0.12 ± 0.05 (23.07)	—	—
	CHR	56.10	0.52	—	—
CONTROL 24 hr	C	54.00 ± 1.06 (95.58)	0.29 ± 0.01 (50.00)	98.54	116.00
	H	1.00 ± 0.14 (1.77)	0.20 ± 0.03 (34.48)	111.11	133.33
	R	1.50 ± 0.9 (2.65)	0.09 ± 0.03 (15.52)	375.00	75.00
	CHR	56.50	0.58	100.71	111.54
CONTROL 24 hr TREATED	C	44.00 ± 1.14 (100)	0.40 ± 0.04 (25.48)	80.29	160.00
	R	0.00 (0)	0.80 ± 0.02 (50.96)	0	533.33
	H	0.00 (0)	0.37 ± 0.01 (23.56)	0	308.33
	CHR	44.00	1.57	78.43	301.92
CONTROL 48 hr	C	55.40 ± 2.61 (94.06)	0.20 ± 0.01 (42.55)	101.09	80.00
	H	1.10 ± 0.14 (1.87)	0.15 ± 0.03 (31.91)	122.22	100.00
	R	2.40 ± 0.66 (4.07)	0.12 ± 0.03 (25.53)	600.00	100.00
	CHR	58.90	0.47	104.99	90.38
TREATED 48 hr	C	41.20 ± 2.14 (98.33)	0.36 ± 0.06 (32.43)	75.18	144.00
	H	0.10 ± 0.01 (0.24)	0.48 ± 0.04 (43.24)	11.11	320.00
	R	0.60 ± 0.04 (1.43)	0.27 ± 0.03 (24.33)	150.00	225.00
	CHR	41.90	1.11	74.69	213.46

C = Cotyledon  
H = Hypocotyl

R = Root  
CHR = Cotyledon + Hypocotyl + Root

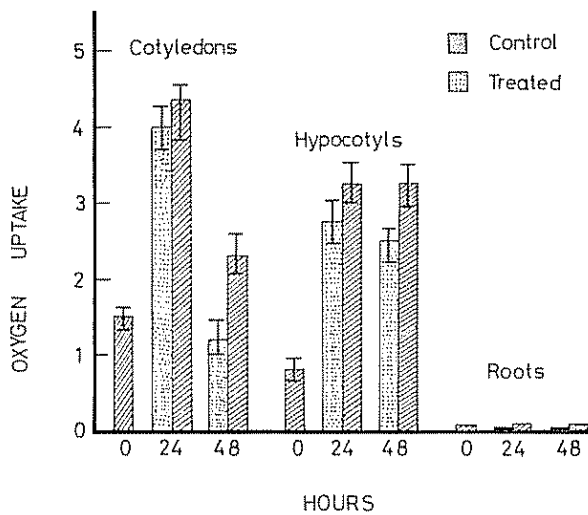


Fig. 1—Oxygen uptake by mitochondrial preparations from cotyledons, hypocotyls or roots of *Theobroma cacao* treated or untreated with MCCP. Oxygen uptake has been expressed as mm<sup>3</sup> oxygen/hr/mg protein.

during the first 24 hrs of application but became significantly inhibitory in 48 hrs. Compared with the data for controls, the herbicide had no inhibitory effect on the enzyme of the hypocotyl even in 48 hr. In fact MCCP actually stimulated the enzyme in the hypocotyl and the root.

ATPase activity was concentrated in the roots as in the case with ascorbic acid oxidase. The soluble fraction contained more ATPase than the mitochondrial fraction of cotyledon, hypocotyl or root extracts. MCCP had no effect on the already low enzyme activity of the cotyledon mitochondria of *T. cacao* (Fig. 3). This was in contrast to the soluble enzyme which was initially stimulated and later declined in 48 hr, but to a level still higher than that of the control (Fig. 3). The effect of MCCP on the hypocotyl mitochondria ATPase was similar to that in the cotyledon. However, the activity of the soluble enzyme was lowered during the first 24 hr of treatment but increased above the control level within 48 hr (Fig. 3). In the roots, MCCP stimulated both mitochondrial and soluble ATPase. However, while in the mitochondria the stimulation was steady, in the soluble enzyme it was reduced, albeit to a level still much higher than that of the control.

#### Discussion

The cotyledon of 17-day-old seedlings of *T. cacao* is the main storage organ for carbohydrates, lipids and amino acids. The reserves are used for the initial growth of the seedling which at this stage of growth has no green foliage leaves. The distribution of the reserves within the seedling was greatly influenced within 48 hr and sometimes within 24 hr of application of MCCP on the cotyledons.

Starch and total carbohydrate decreased in the cotyledon with subsequent increase in the hypocotyl and more in the roots. The abundance of a reserve in any

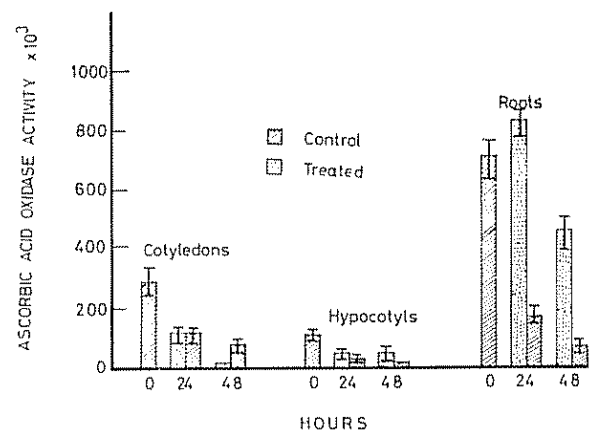


Fig. 2—Activity of ascorbic acid oxidase in the cotyledons, hypocotyls and roots of *T. cacao* treated or untreated with MCCP. Enzyme activity was expressed as change in the vol. of DCPIP/min/mg protein.

part of a seedling may depend on the rate of either its utilization or hydrolysis and eventual translocation to other parts of the seedling. The total amounts of either starch or total carbohydrate in treated and control seedling within 48 hr were not significantly different from the initial control concentration. MCCP did not appear to have significantly affected the utilization of these reserves within the seedling. It, however, affected the redistribution of the reserves. Starch is not a translocable reserve in plants. MCCP must have accelerated its hydrolysis before the products were translocated from the cotyledons to other parts especially the root.

Maltose, an intermediate product of starch hydrolysis accumulated in cotyledons smeared with MCCP. It thus appears that even though MCCP accelerated starch hydrolysis, it inhibited the complete breakdown of maltose to glucose. The inhibition was however not complete as evidenced by an accumulation of glucose, starch and fructose in the root. The hydrolysed products of starch were probably moved within 48 hrs into root where resynthesis of starch occurred from the glucose molecules. The high concentration of fructose and glucose and the complete disappearance of sucrose in root of treated seedling suggests rapid hydrolysis of sucrose in the root.

Lipids are the most abundant food reserve in the cotyledon (Table 3) and the concentration was relatively high in the hypocotyl and root of 17-day-old seedling. The lipids, however, completely disappeared from the hypocotyl and root within 24 hrs of MCCP application on the cotyledon. The total amount of lipids in treated seedling within 24 hrs was less than that in the controls. The utilization of lipids was therefore influenced by MCCP. The fact that the level of lipids declined in all three organs when seedlings were in contact with MCCP might also suggest a participation of the glyoxylate cycle in the metabolism of the seedlings. This may be more so in the roots and hypocotyls than in the cotyledons.

Cambial activity is intense in the hypocotyl after MCCP application (9) and this involves an increase in cell number of the hypocotyl. The formation of new



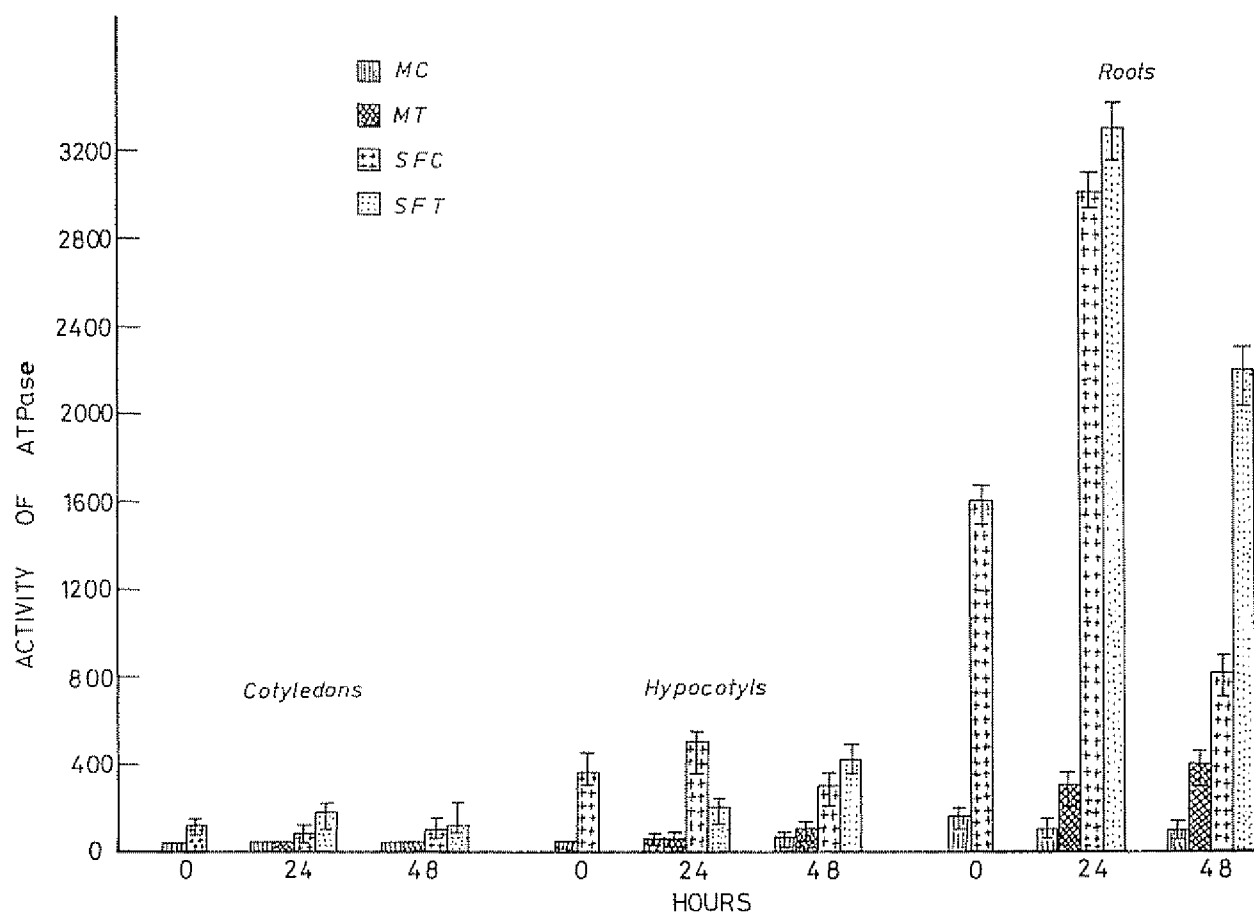


Fig. 3.—Activity of ATPase in the cotyledons, hypocotyls and roots of *Theobroma cacao* treated or untreated with MCPP. Enzyme activity was expressed as µg phosphorus released/min/mg protein

MC = mitochondria control; MT = mitochondria treated; SFC = soluble fraction control; SFT = soluble fraction treated

protoplasm requires the utilization of amino acids. The high concentration of amino acids in the hypocotyl of treated seedlings might be needed for building new protoplasm of the rapidly dividing cells of the swollen hypocotyl. MCPP influenced the utilization of lipids while it affected the hydrolysis of starch and protein and the redistribution of the hydrolytic products.

The respiratory rate of the cotyledons was higher than that of hypocotyls and roots in either treated or untreated samples (Fig. 1). At the same time, there was a reciprocal relationship between oxygen uptake and ascorbic acid oxidase activity in all the three organs (Figs. 1 and 2). Mapson and Moustafa (7) suggested that ascorbic acid oxidase probably plays a minor role in the total respiration of seedlings. It may well be that most of the contribution of the enzyme activity to respiration was concentrated in the root. Such contribution became enhanced by MCPP, especially during the first 24 hr of application of the herbicide.

The ATPase of *Theobroma* appeared to be concentrated in the soluble fraction (Fig. 3). In some earlier studies on the subcellular localization of the enzyme it was found to be most abundant in the cell wall fraction (1, 4) and in some cases in the mitochondria (3,

12). It is noteworthy that ATPase activity in roots was several times higher than that in either cotyledons or hypocotyls (Fig. 3). If *Theobroma* ATPase merely hydrolyses ATP to ADP and inorganic phosphate one would expect an acceleration of respiration as happens similarly in the castor bean endosperm (12). It must be noted however that the enzyme could also be associated with ion transport (11). There is evidence that ATPase can effect the cleavage of both pyrophosphate linkages of ATP in animals (6) and in higher plants (8). In that case the ATP molecule is converted to adenylic acid (AMP) and pyrophosphate. This should not be taken as a rule, however, as Forti (3) has shown definitely that ADP is not further hydrolysed by the ATPase of pea mitochondria. The present data for *Theobroma* show that respiratory activity was lowest in roots which may suggest that the cleavage of ATP in this case goes beyond ADP production.

The present study indicated that the absorption and translocation of MCPP occurred through the cotyledon of *Theobroma*. The herbicide rapidly moved from the cotyledon to the hypocotyl and root where it effected noticeable morphological changes within 48 hr. The seedlings used in the study were without expanded

foliage leaves. The cotyledons of transplanted *Theobroma* seedlings remain physiologically active long after transplantation from the nursery to the field. Even at such advanced stage of development, absorption and translocation of herbicide can still occur through the cotyledon. The results of this study emphasised the adverse effects the application of MCPP could have on the normal nutritional status and respiration of *Theobroma*. These disturbances of normal metabolism invariably lead to disturbed growth rate. There is therefore a great need that herbicides like MCPP that are readily absorbed and translocated within *Theobroma* seedlings are not recommended as weed killers for as long as such seedlings still retain physiologically active cotyledons.

#### Acknowledgements

This study was carried out with funds from the Senate Research Grant Programme of the University of Ibadan. The authors also wish to acknowledge the skilled technical assistance given by Miss Iyabo Talabi.

#### Summary

The cotyledon, hypocotyl and root of 17-day old seedlings of *Theobroma cacao*, variety F<sub>3</sub>, Amazon, contained lipids, amino acids, maltose, sucrose, glucose, fructose, xylose and starch. The cotyledon stored the highest concentration of lipids, amino acids, starch and total carbohydrates. Application of MCPP on the cotyledon affected the distribution of these reserves in the seedling within 48 hr. Starch and total carbohydrates decreased in the cotyledon with concomitant increase in the root. Lipids completely disappeared in hypocotyl and root within 48 hr of applying MCPP on cotyledon. Amino acids, on the other hand, increased in the three organs of treated seedlings with the highest accumulation in the hypocotyl. The rate of oxygen uptake by mitochondrial preparations from the three organs was inhibited by MCPP. However, the herbicide generally accelerated the activities of ascorbic acid oxidase in the hypocotyl and root of seedlings within 48 hr. It had a reverse effect on the activities of the enzyme in the cotyledon. The ATPase of root was inhibited by MCPP while its activities were accelerated in the cotyledons and hypocotyls within 48 hr.

#### Literature cited

1. ATKINSON, M. R. and POLYA, G. M. Salt-stimulated adenosine triphosphatases from carrot, beet and *Chara australis*. Australian Journal of Biological Sciences 20:1069-1086. 1967
2. FAWOLE, M. O. and OLOFINBOBA, M. O. Respiration and enzyme activities during seed germination of *Theobroma cacao*. Ghana Journal of Science (In press) 1976
3. FORTI, G. Adenosine triphosphatase activity of pea mitochondria. Physiologia Plantarum 10:898-909. 1957
4. HALL, J. I. and BUTT, V. S. Adenosine triphosphatase activity in cell wall preparations and excised roots of barley. Journal of Experimental Botany 20:751-762. 1969.
5. HARRIS, L. J. and OLLIVER, M. The reliability of the method for estimating vitamin C by titration against 2, 6-dichlorophenol indophenol. Biochemical Journal 36: 155-181. 1942
6. JOHNSON, M., KAYE, M. A. G., HEMS, R. and KREBS, H. A. Enzymatic hydrolysis of adenosine phosphates by cobra venom. Biochemical Journal 54: 625-629. 1953
7. MAPSON, L. W. and MOUSTAFA, E. M. Ascorbic acid and glutathione as respiratory carriers in the respiration of pea seedlings. Biochemical Journal 62:248-259. 1956
8. MAZELIS, M. Particulate adenylic kinase in higher plants. Plant Physiology 31:37-43. 1956
9. OLOFINBOBA, M. O. Role of cotyledons in seedling development of *Theobroma cacao*. Turrialba 25(2): 121-127. 1975
10. ——— and FASIDI, I. O. The morphology and physiology of *Chlorophora excelsa* galls. Nigeria Journal of Science. In Press. 1976.
11. SEXTON, R. and SUTCLIFFE, J. F. Some observations on the characteristics and distribution of adenosine triphosphatases in young roots of *Pisum sativum*, cultivar Alaska. Annals of Botany 33:683-694. 1969
12. TAKEUCHI, Y., YOSHIDA, K. and SATO, S. Electron transport dependent adenosine triphosphatase activity in Castor bean endosperm mitochondria. Plant Cell Physiology 10:733-741. 1969.

# Absorción y translocación de fósforo en tallos defoliados de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.)\*

MAXIMO E. RESNIK, HORACIO MARTINEZ, SUSANA G. DE PALOMAR, EDUARDO ZEMAN\*\*

## ABSTRACT

*Phosphate uptake and translocation were studied in seedpieces (defoliated stalks) of sugarcane (Saccharum officinarum L.). Absorbing roots were from a 90° sector of one node. After a 48 hour period phosphorus accumulation in the stalk was found to decrease with distance from the rooted node, more markedly downwards. Nodes (with dormant buds) accumulated more than internodes. Lateral transfer showed a gradual decrease toward the sector opposite to the rooted one. This distribution pattern was mimicked in all nodes and internodes. — The authors*

### Introducción

El traslado lateral de agua y solutos ha sido estudiado en plantas adultas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) (2) y en otras plantas (7), pero no en tallos defoliados. Estos constituyen el material de "semilla" en esta planta de reproducción agámica, y su nutrición mineral inicial hasta la aparición de las raíces del brote depende exclusivamente de las raíces de la banda radical del nudo, de su capacidad de absorción de nutrimentos y la posterior distribución de éstos en la caña semilla. En este trabajo se estudia la distribución del fósforo absorbido en tallos defoliados de caña de azúcar.

### Materiales y métodos

Segmentos centrales de tallos con seis entrenudos del cultivar 'NCo 310', provenientes de caña soca de tres años, se enraizaron en cilindros metálicos desarmables con suelo franco cubriendo tres nudos, en abril de 1975, al aire libre. Hasta el mes de junio se produjeron numerosas raíces en la banda radical en los nudos cubiertos, pero ningún brote. A las 9 semanas se lavó

toda la tierra de las raíces y se eliminó de la planta el nudo superior y el inferior, así como las raíces del nudo inferior restante (Fig. 1).

El material experimental así preparado constaba de tres entrenudos y cuatro nudos intactos; de estos últimos el segundo y el abajo con sus raíces de la banda radical. De estas raíces se eliminó las  $\frac{3}{4}$  partes, dejándose las correspondientes al cuarto con yema, uno (u otro) de los adyacentes, o el opuesto ( $\approx$  8g materia fresca). A estas raíces se suministraron 200 ml de solución de  $\text{KH}_2^{32}\text{PO}_4$ ,  $10^{-3}\text{M}$  (pH 6,8) durante 48 horas, marcado con  $^{32}\text{P}$  con una actividad específica de  $\approx 1$  mCi/mmol. Al cabo de ese período se separaron las raíces y se lavó brevemente el exterior de las cañas con fosfato monopotásico estable  $10^{-2}\text{M}$ . Se separaron nudos y entrenudos y se dividió a cada uno de ellos en cuatro secciones radiales, una de las cuales correspondía a la proyección del sector en que se habían dejado las raíces. El material se secó en estufa a  $\approx 90^\circ\text{C}$  y se molió en un molinillo de tipo Wiley. La detección de la radiactividad en cada muestra se realizó con un tubo GM colocado a geometría constante de muestras de 2 g de materia seca en planchetas de 5 cm de diámetro. La cantidad de fósforo en cada caso se calculó con base en la actividad específica conocida.

Durante el período de absorción la temperatura fue de  $19^\circ\text{C} \pm 2$ . Cada tratamiento se realizó con 3 repeticiones, constituyendo los valores tabulados las medias aritméticas. Sobre los datos iniciales se efectuó análisis de la variancia, siendo las DMS estimadas por la prueba de Tuckey.

\* Recibido para la publicación el 12 de diciembre de 1975

\*\* Ph.D. Profesor Titular; Ing. Agr. Profesor Adjunto; Ing. Agr. Aux. Docente Graduado y Ayudante estudiantil, Cátedra de Fisiología Vegetal, Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina

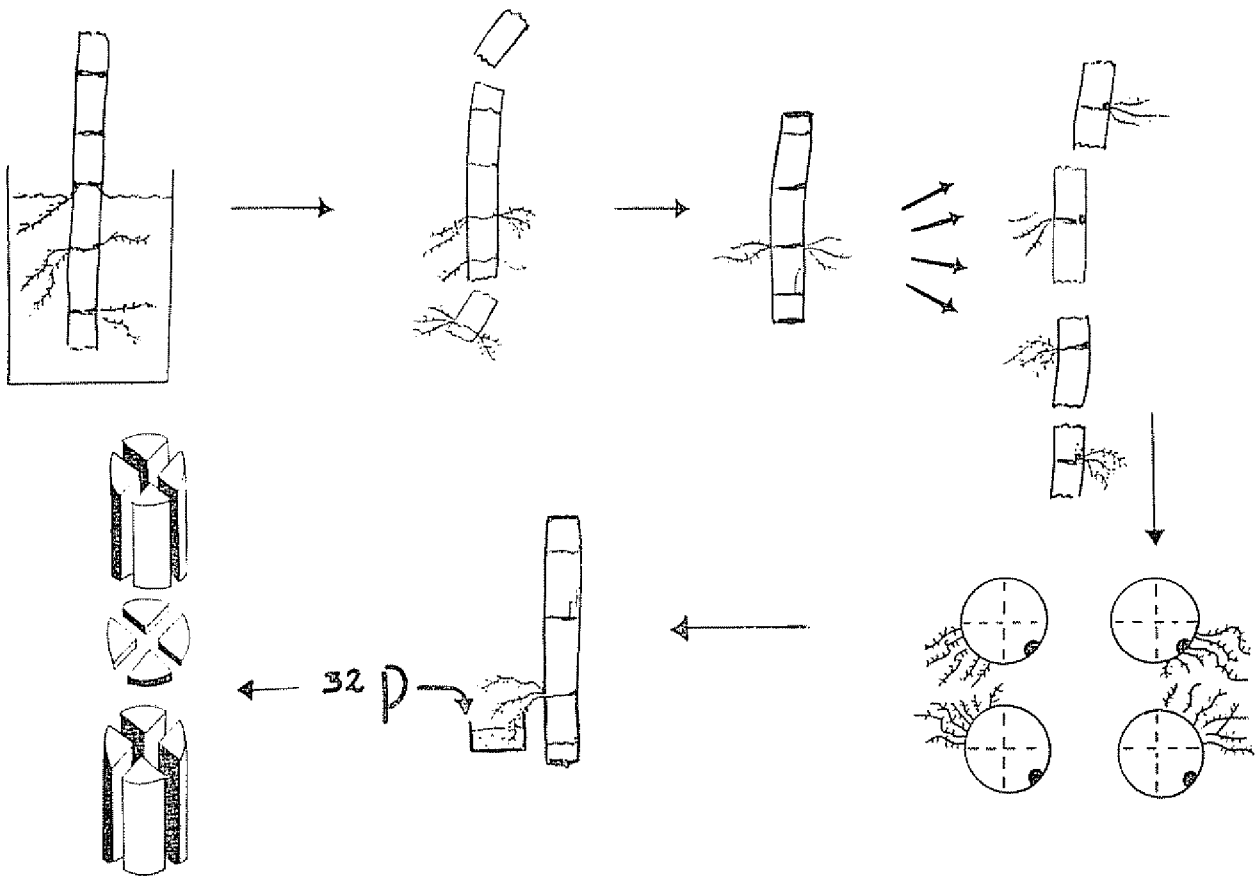


Fig 1—Esquema del experimento. A la derecha y abajo del dibujo se indican las distintas posiciones del sector radial enraizado con respecto a la yema del mismo nudo.

### Resultados

El fósforo fue absorbido y se encontró en todas las secciones radiales y longitudinales de la caña. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 2.

El análisis de la variancia muestra que no existen diferencias significativas entre tratamientos, en el promedio de todos los nudos, entrenudos y sectores. Se analizaron además los resultados expresados en nmoles/g seco de tallo, sin referirlo al peso de la raíz de la semilla correspondiente, hallándose algunas diferencias debidas a desuniformidad en la dimensión del sistema radical. Se consideró entonces, que la absorción está relacionada con las dimensiones del sistema radical, y todos los valores de absorción obtenidos se relacionaron con el peso de las raíces correspondientes a cada planta.

### Traslado vertical

La acumulación de fósforo en los nudos es significativamente mayor que en los entrenudos (1 por ciento P). La concentración del fósforo absorbido es mayor en el nudo enraizado, y decrece hacia los nudos superiores, y más marcadamente hacia el inferior. Del mismo

modo, el entrenudo inmediato superior a las raíces exhibe valores mayores que los otros dos, y en general se observa una acumulación mayor hacia arriba que hacia abajo de las raíces. Los valores correspondientes se encuentran en el Cuadro 1.

### Traslado lateral

La mayor acumulación del fósforo absorbido se encuentra en el sector radial enraizado y en su proyección (ortóstica) correspondiente en los distintos nudos y entrenudos. En forma decreciente se lo encuentra en los sectores adyacentes, y finalmente en el opuesto. Este modelo de distribución es común a todos los tratamientos (posiciones del sector enraizado respecto a la yema), no manifestándose ningún efecto de la yema. Los Cuadros 2, 3 y 4 resumen la distribución lateral en los distintos tratamientos.

### Discusión

La absorción registrada puede considerarse normal, puesto que durante el período considerado un 5,9 por ciento del fósforo presente en la solución fue absorbido, aun siendo la concentración relativamente alta ( $10^{-3}$  M).

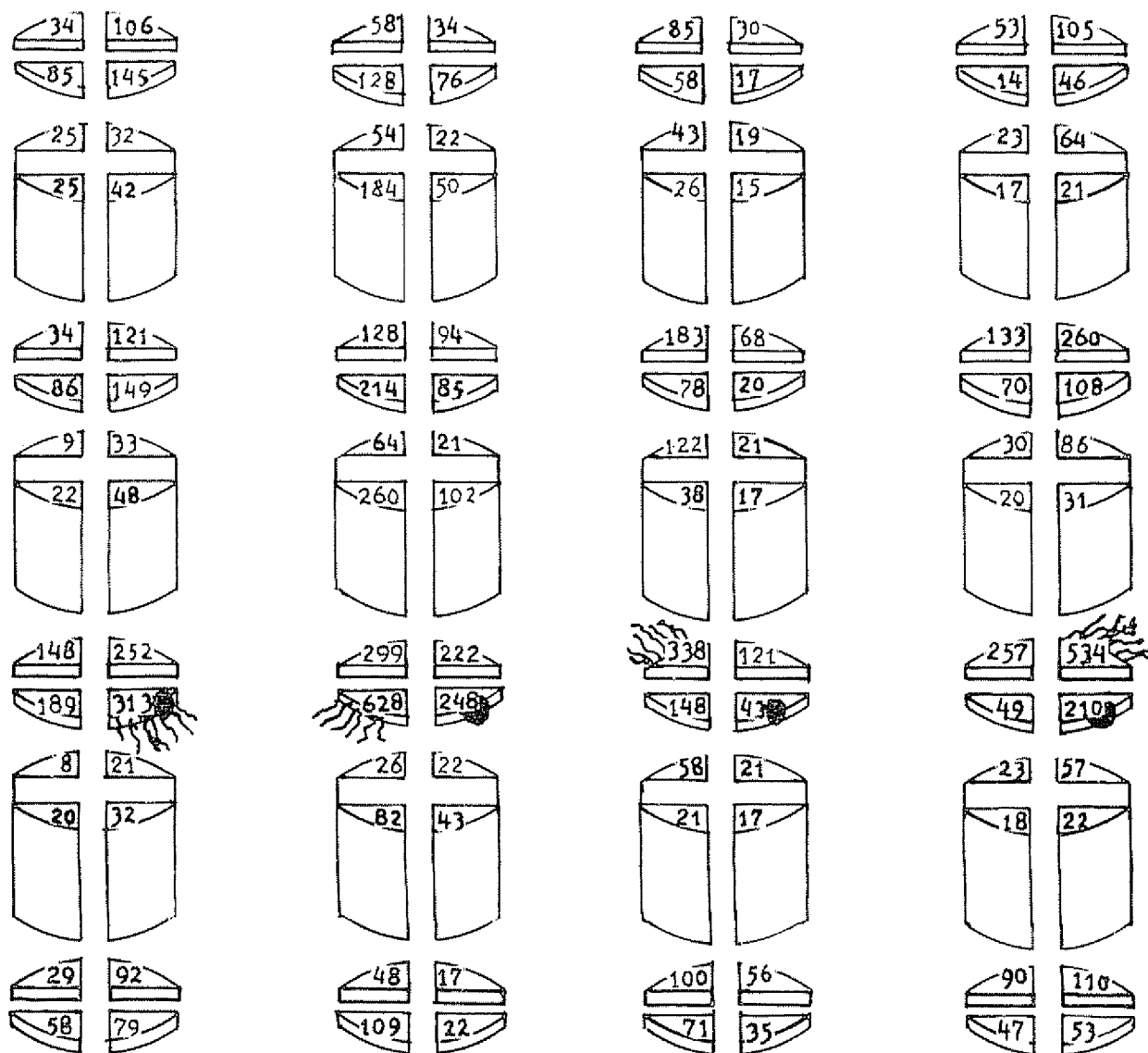


Fig. 2.—Fósforo acumulado en tallos de caña de azúcar con raíces en un sector radial de 90° de un nudo en 48 h (µmoles/g seco/g raíz). El dibujo indica las distintas posiciones de la yema y las raíces.

y la relación raíz/medio suficientemente amplia ( $\approx 1$  por ciento p.f./v). No hay efecto de la posición de la yema dormida respecto al sector enraizado sobre la absorción total (Cuadro 1). La translocación al tallo es, en cambio, relativamente baja: 31 por ciento del total absorbido absoluto, pero 1/266 si se considera  $\mu\text{moles/g}$  seco en el tallo con relación a igual parámetro en la raíz\*. Esto puede deberse a la carencia de hojas en el tallo y, en consecuencia, a la falta de apoyo que la transpiración podría brindar al proceso de translocación, dado que normalmente el movimiento de fósforo en plantas intactas de caña de azúcar es muy rápido (5).

\* Cálculo basado en lo acumulado en la raíz (no consignado en *Retenidos*)

En la distribución vertical, la mayor acumulación en los nudos (Cuadro 1) puede ser indicativa de una mayor actividad metabólica que en los entrenudos, aunque también podría reflejar la mayor densidad del sistema vascular en el cual se opera el traslado.

La translocación lateral, indiferente también a la ubicación de las yemas (Cuadros 2, 3 y 4), exhibe un mismo modelo de distribución radial tanto en nudos como en entrenudos, decreciente en forma perimetral. La relación de acumulación del sector enraizado/sector opuesto es de 4,28 en promedio general, 4,03 en nudos (tomados conjuntamente) y 4,38 en entrenudos (tomados conjuntamente)\*, no difiriendo significativamente

\* Valores calculados en base a los Cuadros 2, 3 y 4

Cuadro 1.—Fósforo acumulado en los distintos nudos y entrenudos enteros de tallos de caña de azúcar, con raíces en un sector radial de 90° de un nudo (nmoles/g seco/g seco raíz).

DMS 5 por ciento: 170,0 para todos los valores excepto medias

DMS 5 por ciento para medias: 62,2

Diferentes letras indican diferencias significativas

Nivel respecto a raíces	Sector enraizado				
	Yema	Adyacente izquierdo yema	Adyacente derecho yema	Opuesto a yema	— X
Nudo superior 2	50,0	55,6	46,3	52,0	50,9 a
Entrenudo superior 2	27,0	39,3	27,3	38,3	32,9 a
Nudo superior 1	98,1	114,0	90,6	132,0	108,7 b
Entrenudo superior 1	37,6	52,3	61,3	45,0	49,0 ab
Nudo enraizado	208,3	246,3	174,3	245,3	218,6 c
Entrenudo inferior	21,6	40,0	27,0	29,3	29,4 a
Nudo inferior	62,0	72,1	59,8	64,0	64,4 ab

Cuadro 2.—Fósforo acumulado en los distintos sectores radiales en nudos de tallos de caña de azúcar con raíces en un sector de 90° de un nudo (4 nudos combinados) (nmoles/g seco/g seco raíz).

DMS 5 por ciento para todos los valores excepto medias: 202,2

DMS 5 por ciento para medias: 73,3

Diferentes letras indican diferencias significativas

P en sector	Sector enraizado				
	Yema	Adyacente izquierdo yema	Adyacente derecho yema	Opuesto a yema	— X
Enraizado	166,6	201,6	171,2	245,3	196,1 a
Adyacente izquierdo a raíz	98,0	109,3	89,1	85,0	95,4 b
Adyacente derecho a raíz	133,3	101,3	88,0	121,3	110,9 b
Opuesto a raíz	53,6	52,6	49,0	46,3	48,6 b
— X	112,8	116,2	99,3	123,7	—

Cuadro 3.—Fósforo acumulado en los distintos sectores radiales en entrenudos de tallos de caña de azúcar con raíces en un sector de 90° de un nudo (3 entrenudos combinados) (nmoles/g seco/g seco raíz).

DMS 5 por ciento para todos los valores excepto medias: 30,2

DMS 5 por ciento para medias: 21,9

Diferentes letras indican diferencias significativas

P en sector	Sector enraizado				
	Yema	Adyacente izquierdo yema	Adyacente derecha yema	Opuesto a yema	— X
Enraizado	43,0	93,3	73,0	73,3	70,6 a
Adyacente izquierdo a raíz	20,3	43,3	20,0	23,1	26,6 b
Adyacente derecho a raíz	27,6	34,6	26,6	23,3	28,0 b
Opuesto a raíz	17,6	19,6	11,3	15,6	16,0 b
— X	27,1	47,7	32,7	33,8	—

Cuadro 4.—Fósforo acumulado en los distintos sectores radiales en nudos y entrenudos (4 nudos y 3 entrenudos combinados) de tallos de caña de azúcar con raíces en un sector de 90° de un nudo (nmoles/g seco/g seco raíz).

DMS 5 por ciento para todos los valores excepto medias: 46,8

DMS 5 por ciento para medias: 33,9

Diferentes letras indican diferencias significativas

P en sector	Sector enraizado				
	Yema	Adyacente izquierdo yema	Adyacente derecha yema	Opuesto a yema	— X
Enraizado	74,6	126,6	105,3	126,0	108,1 a
Adyacente izquierdo a raíz	35,0	72,6	29,6	41,6	44,7 b
Adyacente derecho a raíz	53,0	52,6	48,3	55,0	52,2 b
Opuesto a raíz	23,6	31,3	19,0	27,1	25,2 b
— X	46,5	70,7	50,5	62,1	—

entre sí. El valor de este parámetro no disminuye en los distintos nudos y entrenudos a medida que se alejan del nudo enraizado. Esto sugeriría que la distribución radial se sitúa en el nudo enraizado y que el traslado vertical permite estampar en los distintos niveles una mímica de la distribución radial del nudo enraizado. El complejo sistema vascular del nudo (4) parece entonces no ser funcional para la translocación del fósforo, del mismo modo que no lo es para el azúcar (aunque sí para el agua) (2). Levi (7) propuso la existencia de "unidades de translocación", con restricciones similares a las impuestas por el ortóstico en el floema de otras plantas (3, 6), pero sugirió también que podría haber translocación lateral en el nudo (en *Phaseolus*). Es posible que la desaparición de las hojas haga perder la funcionalidad de parte del sistema vascular del nudo (2) con el cual habían estado vinculadas. La integridad del sistema sería necesaria para interpretar la nutrición fosforada normal de una planta adulta por una sola raíz en los experimentos de Hartt (5), aunque en ese caso el prolongado período de absorción y translocación da la posibilidad de explicaciones alternativas basadas en la recirculación (1).

#### Resumen

Se estudió la absorción y translocación de fósforo en tallos defoliados y enraizados de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) por raíces ubicadas en un sector de 90° de un nudo. La distribución vertical a las 48 horas fue decreciente hacia arriba y más aún hacia abajo, y la acumulación mayor en los nudos que en los entrenudos. El traslado lateral fue restringido, disminuyendo el fósforo acumulado a ambos lados del sector enraizado y más aun hacia el sector opuesto. En todos los nudos y entrenudos la distribución radial siguió el mismo modelo.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Estación Experimental Agrícola de Tucumán por la provisión de tallos de caña de azúcar, al Ing Agr J. Mariotti y a sus colaboradores por su ayuda en la interpretación estadística de los resultados, y al Ayudante Estudiantil Ernesto Saade por su colaboración general.

#### Literatura citada

1. BIDDULPH, O *et al*. Circulation patterns for phosphorus, sulfur and calcium in the bean plant. *Plant Physiology* 33:293-300. 1958.
2. BULL, T A, GAYLEY, K R y GIASZIOU, K T. Lateral movement of water and sugars across xylem in sugarcane stalks. *Plant Physiology* 49:1007-1011. 1972.
3. CALDWELL, J. Studies on translocation. II. The movement of food materials in plants. *New Phytologist* 29:27-43. 1930.
4. DILLEWIJN, C VAN. Botany of sugarcane. Waltham, Mass., *Chronica Botanica*, 1952. 371 p.
5. HARTT, C E. The phosphorus nutrition of sugarcane. *Hawaiian Planters Record* 55:33-46. 1955.
6. HO, L. C y PEEL, A. J. Transport of <sup>14</sup>C-labelled assimilates and <sup>32</sup>P-labelled phosphate in *Salix viminalis* in relation to phyllotaxis and leaf age. *Annals of Botany* 33:743-751. 1969.
7. LEVI, E. The distribution of mineral elements following leaf and root uptake. *Physiologia Plantarum* 21:213-226. 1968.

# Bioelement loss on clearing a tropical rain forest<sup>\*1/</sup>\_\_\_\_\_

G DE LAS SALAS\*\*, H. FÖLSTER\*\*\*

## COMPENDIO

*Se transformó un bosque lluvioso tropical con un capital de bioelementos conocido, en un barbecho con y sin quema y se registraron los cambios resultantes en las propiedades del suelo y en la reserva de nutrientes*

*El número restringido de réplicas y la gran variación local especialmente de la capa orgánica dentro del bosque, no permite dar más que un intervalo de las pérdidas de bioelementos infligidas al ecosistema forestal por tumba, quema y cultivos durante un año. Las pérdidas en los cationes intercambiables son del orden de 60-140 kg K/ha, 100-240 kg Ca/ha y 30-80 kg Mg/ha. Estas pérdidas pueden compensarse con la precipitación en rastrojos secundarios suficientemente vigorosos, sólo durante periodos de barbecho comparativamente largos (10-20 años).*

*Los 1300 a 1400 kg N/ha que se pierden en la vegetación y en el suelo (con distribución variable y relaciones C/N dependientes de los tratamientos), parecen ser más fácilmente compensados por tasas de fijación de 100 a 150 kg/ha/año. Estas últimas cifras se derivan de un estudio comparativo de algunos sitios de pastizales secundarios y barbechos con condiciones similares de suelo. — Los autores*

### Introduction

**C**LEAR-FELLING and burning of primary forests or secondary regrowth disrupts the mineral cycle and sets free sizeable quantities of bioelements, from both vegetation and soil, in volatile or dissolvable form. The former are lost from the site though some of it may return to the region with the rain. How much of the dissolvable bioelements are lost by leaching will depend on climatic and soil conditions and land use practices. At present, very few data exist on the bioelement stores of tropical primary and secondary vegetations (2, 13) and even less on the changes inflicted on soil bioelement stores during and after clearing though such data should be of vital interest for certain South American regions where the forest is presently cut at a formidable rate.

The data which the present paper is contributing, were obtained at a humid tropical lowland site of the Middle Magdalena Valley, Colombia, during a study of the bioelement stores of primary and secondary vegetation sites. The clear-felling of the forest in the experimental area provided the opportunity to examine the effect of burned and unburned clearing though this study had to adapt to the requirements of the primary study, especially in regard to the time interval and the number of samples to be analysed. Quantitative balances of bioelement changes in forest ecosystems suffer from the enormous short distance variation in the composition of the organic layer and soil. Therefore, our data cannot claim to supply more than approximated intervals of bioelement losses and rates of nitrogen fixation.

### Materials and methods

The study area is situated on the Pleistocene terraces of the Magdalena. The terrace material constitutes a dense parent material on which 3000 mm of annual rainfall result in long phases of high water saturation with intervening irregular phases of drought. The sea-

\* Received for publication December 26th, 1975

1/ This study was financially supported by the German Research Foundation

\*\* Facultad Forestal, Universidad Distrital, Bogotá, Colombia

\*\*\* Faculty of Forestry, Göttingen University, Büsgenweg 2, 31 Göttingen, West Germany



sonal evergreen forest on these acid terrace latosols is a low (max 30 m), two-layered stand with a considerable contribution of palms (7). Because of the high seasonal water saturation of the mineral soil, a great part of the fine roots grow on the surface forming a coherent root mat mixed with organic debris (F layer) (6), while root penetration into the soil is restricted to the uppermost 30 cm. Wind fall of trees is common, and the ground surface is characterized by pits (hogwallows). Total biomass of the stand belongs to the lowest recorded in tropical evergreen forests (180 t/ha)

The experiments were planned as balances between total bioelement stores before and after cutting respectively cutting and burning of the vegetation. The biomass and the different bioelement stores in the different plant compartments were estimated by means of allometric regressions based on data from harvest trees of selected dimensions and type. The size of the sample was 40 trees in the primary, and 23 trees in the older secondary forest. Undergrowth and younger regrowth stages were harvested on plots of 10 x 10 to 4 x 4 m. Plant components (leaves, twigs, branches, stemwood, palm fronds, etc.) were analysed separately for dry weight and bioelement content. For more details of method and results see the paper by Fölster, De las Salas, and Khanna (7).

The sampling of the organic layer and the soil was carried out on 10 x 10 m plots. Six volume samples (20 x 20 cm) of the organic layer were taken per plot and combined to a composite sample. Similarly, one composite soil sample was mixed per 10 cm depth layer, from 6 auger samples. Because of the shallow rooting, only data from 0-50 cm depth have been included in the soil store. In the original lay-out, two plots were planned as replica for each treatment. However, the short distance variation, especially in the thickness of the organic layer, proved to be too great, in regard to some elements greater than the changes due to clearing. Therefore, each plot had to be balanced separately, and the final balances be treated as replica. This change intervened with our original lay-out with the result that the number of plots per treatment is uneven, and that two plots of the unburned fallow had to be balanced against one and the same forest plot.

Soil and vegetation samples were analysed for bioelements in the Institut für Bodenkunde und Waldernährung, Göttingen. In the organic layer, the total soil only in regard to N, Ca-, Mg-, K stores in the soil were those exchangeable with ammonium-chloride at the pH of the soil. Organic P, Al- and Fe-phosphates were determined in the soil besides total P. The sum of the former have been used in the balance.

The spacial variation in soil bioelement stores requires to keep the unit area of study small. The respective unit area for woodland biomass (and the bioelement store) determination is necessarily larger (1, 3, 14)

This discrepancy poses a methodical problem of correcting the overall figure for the bioelement store of the vegetation for every soil unit. For this purpose, we assumed that woody matter would not loose bioelements at an appreciable rate within the first 6-12 months after clearing. On the unburned fallow, stem wood was actually removed from the plots but the neglect of bioelement loss from twig wood implies a slight underestimation of total bioelement losses. Results from the burned fallow show that the assumption was wrong here; the charring of twigs and tree bark contributed considerable amount of ash though the fire was not very hot. This addition from wood charring could, however, be determined in the organic layer directly after burning. In regard to leaf biomass, we corrected the overall figure (10 t/ha) by means of the added twig biomass on the ground surface of the plots (balance before and after clearing) and the twig: leaf ratio assuming that the amount of tree leaves and palm fronds would be inversely related. The corrected leaf biomass (line two, Tables 2 and 3) does not deviate substantially from the overall figure.

### Results and discussion

#### The unburned fallow

The total bioelement store and its distribution in the primary terrace forest is shown in Figure 1. The soil site is comparatively well supplied with nitrogen. The N-content in the leaves is rather high (about 20 mg/g). Because of the low biomass of the forest, only 10 per cent of the total store is found in the vegetation. The percentage figure for P in the vegetation does not even reach that level (6 per cent). From 50 to 80 per cent of the soil P occurs as occluded phosphates, and the P-content of leaves (0.7 - 1.0 mg/g) and wood (0.1 mg/g) belongs to the lowest recorded in tropical forest vegetations. The cations, on the other hand, show a high accessibility so that the very low soil reserves

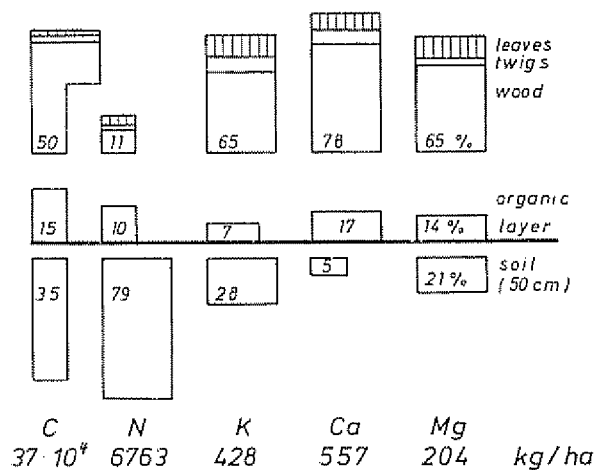


Fig. 1—Total carbon and bioelement stores of the primary forest, and their per cent distribution between vegetation, organic layer and soil

have been mobilized to a considerable extent. Of the total stores, 50 - 70 per cent are contained in the above-ground vegetation, and of these, again 5 - 20 per cent return annually to the soil with the leaf litter. The K/Ca-ratio varies in leaves (1.08) and wood (0.77). In the organic layer, K is released at a fast, Ca and Mg at a much a slower rate (6), but the element content of the actual F-layer + root mat is low.

The results of the clearing and of one year fallow without burning have been summarized in Table 1. The losses in and above the mineral soil have been balanced separately. Because of the required rearrangement, the two plots of the fallow are balanced against one and the same pre-clearing plot. The former have been placed in such a way as to overlap with the latter. The variation in the plot balances of the organic layers (Table 1, line 5) do not only reflect the existing spacial variation of the organic layer weights. Disturbances arise from the break-down of twig material which adds to the organic layer during the year of fallow, but also from the root tangle of the F-layer from which organic debris falls into the mineral soil during the sampling procedure, especially when thicker living roots pass through the sampling area and have to be cut. This was the case in the second plot (Table 1) where a great loss of C in the organic layer is partly compensated by a gain in the uppermost 10 cm of the mineral soil. Analytically, this gain is obvious but cannot be calculated

because of the simultaneous loss of soil humus. The remaining variance of the total loss balance is still unsatisfactorily high.

The data of Table 1 imply that wood (twigs, branches, trunks) does not loose any bioelements during one year. This assumption certainly underrates the possible speed of wood decay so that the losses of Table 1 represent minimum figures. However, the low C/N-ratio ( $C/N = 7$ ) of the carbon and nitrogen losses indicate that it is easily decomposable organic matter that constitutes the bulk of the organic matter loss. During the decomposition of this material Ca, Mg and K have been mineralized and been leached beyond the rooting limit level with the cations added with the leaf biomass.

#### The burned fallow

Three plots were sampled before clearing, immediately after burning the slash (before the first rain), and again after 5 months when the experiment had to be discontinued.

The changes before and after burning concerned the organic layer only and provided information on the amount of volatile loss, as well as on the extent to which elements accumulated from material not accounted for in the input (Table 2, line 3). Such additional salt naturally stems from the burning of wood. The actual

Table 1.—Balance of bioelement store in forest and unburned fallow (2 plots).

	t/ha		kg/ha									
	org C		N		P		K		Ca		Mg	
1) Organic layer before clearing	15		394		19		2.1		163		33	
2) Leaf biomass added through clearing	6		227		9		67		56		25	
3) Input	21		627		28		91		219		58	
4) Organic layer one year after clearing	20	8	612	230	21	8	36	18	183	97	43	22
5) Minimum loss above mineral soil	-1	-12	-15	-597	-7	-20	-55	-73	-36	-122	-15	-36
6) Loss in mineral soil (0-50 cm) during one year fallow	-6	+2	-1116	-864	-17	+8	+27	-13	+10	+33	+2	-2
7) Total loss	-7	-11	-1131	-1461	-21	-12	-28	-86	-26	-89	-13	-38
— separate for both plots	C/N = 6-8											
— average	-9		-1296		-18		-57		-58		-26	
— % of forest store	C/N = 7		-19.2%				-13.3%		-10.5%		-12.7%	



amount burned probably does not make up a sizeable portion of the existing store of the clearing but much of it was charred on the surface. The bark is richer in bioelements than wood and has a much lower K/Ca-ratio (15, 18). This might explain why Ca and Mg dominate the excess salt.

How much woody matter was lost due to burning could not be determined. The volatile loss of line 5 (Table 2) is, therefore, a minimum figure. The organic layer has been strongly affected, not only the L-layer (3 - 6 t/ha) but also the F-layer. The loss increases with the thickness of the organic layer from about 10 per cent to almost 70 per cent in the plot with highest organic matter accumulation in the forest (120 t/ha). The C/N ratio of the volatile loss is slightly higher than that of the organic layer (36/31).

After five months, i.e. after the first part of the rain maximum, the quantitative changes in the organic layer were negligible, obviously because less easily decomposable material (C/N = 44) had remained after burning. However, the rain of the 5 months effectuated a transfer of P to the mineral soil, and a complete (K) or considerable though incomplete (Ca, Mg) leaching of cations from the organic layer, but not yet from the rooting zone of the mineral soil. Figure 2 shows the vertical distribution of cations in the mineral soil at this time in comparison to the original situation (forest) and the situation under the unburned fallow one year after clearing. It seems that the first flush of easily dissolvable cations had already been washed down (probably following the early rain maximum of the first 2½ months (March/May: 1090 mm) after the burning) to a depth of 40 - 50 cm (K, Mg), in the case of Ca also beyond. Ca is the only element with a marked negative balance. Leaching later slowed down, probably following the rains (June/July: 240 mm), the decreasing availability of HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> and the decreasing ion concentration. The total loss of cations in Table 1 and 2 show little difference, and this is statistically uncertain because of the great variation of plot results and plot conditions, but also because of the different time length involved.

The store of "available" phosphorus (org. Al- and Fe-phosphates) decreases in both treatments by about 20 kg/ha, that of total P by about 8 kg/ha. As leaching of P needs not to be considered, these figures may indicate some change in the solubility of P-compounds.

In regard to nitrogen and carbon, the total balance figures demonstrate that the fire also attacks less easily decomposable organic matter. The C/N ratio of this loss (C/N = 46) is much wider than in case of the unburned plots (C/N = 8) so that actual N-losses are smaller than on the unburned plots (12 as against 19 per cent of the original N-store of the ecosystem). In case of the burned plot, 75 per cent of the N was lost below the mineral soil surface, mainly in the top soil (0 - 20 cm). In case of the burned plots, this relation was reverse. The C- and N-data of the soil balance of the second plot have not been considered

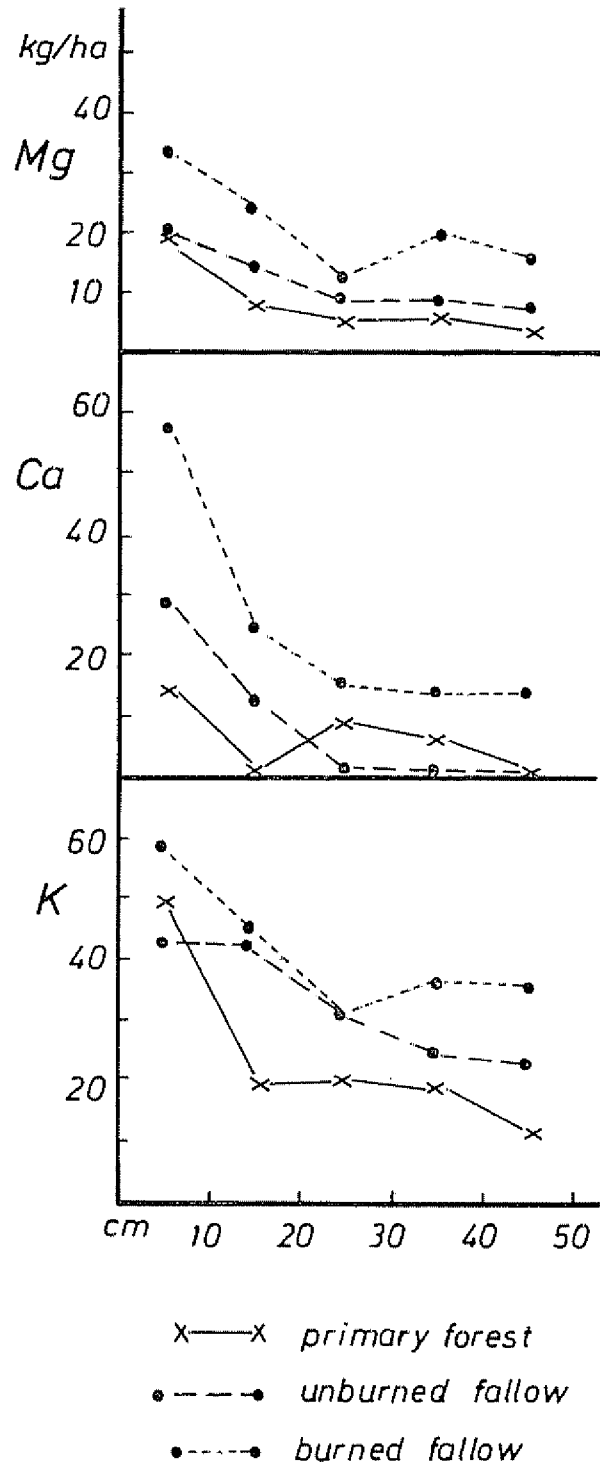


Fig. 2 — Vertical distribution of cation stores in the soil of primary forest, unburned and burned fallow.

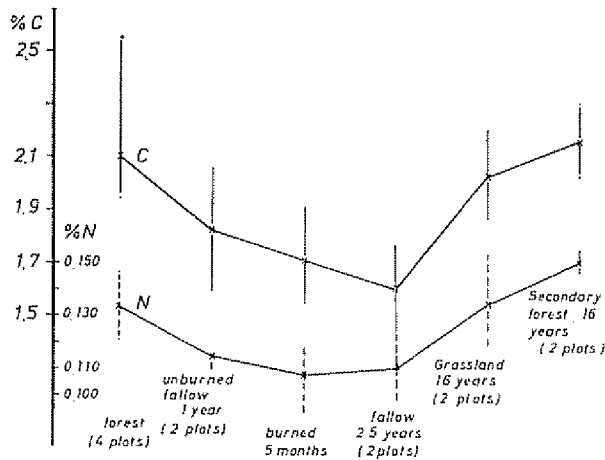


Fig. 3.—Changes in C and N per cent in the uppermost 10 cm of the soil following different clearing treatments and under secondary vegetation

(brackets) as the forest plot had exceptionally high C-contents in the subsoil. The most likely explanation is that one or two of the auger holes hit a subsoil disturbance which can develop in connection with tree fall. Apart from this exception, the changes in the mineral soil occur mainly in the surface layer, for which C- and N-contents have been summarized separately in Figure 3. The drop from the original to the actual contents in the soil of the fallows amounts to about 15 per cent. A similar decomposition constant was found by Cunningham (4).

Figure 3 also includes data from two plots of an older fallow in the immediate environment of the clearings. The site had been cleared, burned and cultivated with upland rice before it was abandoned to natural regrowth which, after two years, had built up a biomass of 19 t/ha. Because of the more severe burning and the cultivation, the soil humus had been

affected more strongly, though accretion especially from grass litter has certainly lifted the present figures above their absolute minimum after cultivation. If the bioelement stores of the primary forest are compared with those of the 2 years fallow, the difference would suggest a total loss of 1800 kg N, 200 kg K, 380 kg Ca and 120 kg Mg. These figures include the bioelements of the wood, and are, therefore, certainly too high as some of the wood was still present on the fallow, and because some of its bioelements would be taken up by the gradually developing root system of the fallow.

In order to arrive at a reasonable estimate of bioelement losses after forest clearing and one year of burned and cultivated fallow under the humid tropical conditions of the Magdalena valley, one can only envisage an interval range that takes into account the variable combinations of treatment and meteorological conditions. As lower limit, we suggest the losses of our unburned plots increased in regard to C and Ca because of the additional fire. The above mentioned difference between the stores of the primary forest and the 2 years fallow could be used as upper limit though after subtracting 50 per cent of the cations and 100 per cent of the C and N contained in the wood. The interval thus obtained (Table 3) appears to approach a reasonable average though the N values may be somewhat closer.

*Recovery of bioelement losses*

The bioelement losses inflicted on the ecosystem during or because of human interference involve an appreciable portion of the original bioelement store of the ecosystem (15 - 45 per cent, see Table 3). One has to bear in mind, that the high rainfall and the sudden death of 200 t of vegetable matter represent the most favourable conditions for great bioelement losses, and that these decrease markedly in adapted shifting cultivation systems with shorter fallow cycles and narrower fluctuations of the soil organic matter (13). On the other hand these singular losses are definite and not

Table 3.—Bioelement loss on clearing of a rain forest (in brackets: per cent of total store), average annual bioelement input with the rainfall, and their quotient, i.e. the number of years needed for recovery of the loss, by rainfall input.

Bioelements	t/ha	kg/ha			
	org. C	N	K	Ca	Mg
Loss minimum	40 (11)	1300 (19)	60 (14)	100 (18)	30 (15)
Loss maximum	60 (16)	1400 (21)	140 (33)	240 (43)	80 (39)
Input with rain	—	15	7	5	3
Bioelement loss	} (min)	86	9	20	10
Input with rain					

recoverable. On a regional basis, some of the volatile loss including ash particles that were blown up into the air, may return to the ground. They add to the bioelements contained in the rain from other sources and—together with nitrogen fixed from the atmosphere—constitute the only possible accretions to the bioelement store of the soil.

No data concerning the element content of the rainfall are available for the Magdalena valley. We, therefore, used an average of the not very numerous data available for the tropics (13, 16, 19) and juxtaposed this possible annual accretion to the site with the proposed loss figures in Table 3. The comparison shows that the elements contained in the rain could not possibly play any role in land use systems with brief fallow periods. The longer the life span of a fallow, the more important the size of this accretion, at least under the assumption that the developing root system of the fallow will be able to retain most of the added bioelements and keep them circulating in the secondary regrowth. Cations may then be accumulated in quantities equivalent to the minimum losses in Table 3 when the fallow is allowed to grow for 10 (K, Mg) or 20 (Ca) years. The assumption of a loss-free bioelement cycle can, of course, not be maintained. Otherwise, the primary forest would be rich in bioelements. However, the annual loss of the circulating bioelement stock will vary with the element concentration of the circulating solutions. In mature forests, one can assume an equilibrium between leaching output and addition with the rain to be maintained (11). In the fast growing stages of the secondary regrowth, high annual rates of bioelement fixation in the vegetation maintain a disequilibrium in the bioelement flow which might support high uptake rates from the bioelements in the rain, without which it would, in fact, be difficult to understand the subsistence of centuries old shifting cultivation systems.

In regard to nitrogen, the ratio between loss rate and the content in rain water is less favourable, and the number of years required to compensate the loss from rainfall addition 5 to 10 times higher than for the cations. Irrespectively, the secondary regrowth builds up a nitrogen store in the aboveground biomass. Following the figures given by Nye and Greenland (12) for N-stores in tropical secondary vegetations, the annual increase of the above-ground N-store amounts to 25 - 75 kg N/ha/yr. The simultaneous increase of soil humus normally accompanying this development suggests N-fixation as source.

In the Magdalena valley, we studied three regrowth stages of similar species composition and different age (2, 5 and 16 years) (7). In this case, the above-ground N-store (vegetation and organic layer) increased from 276 to 609 and to 1045 kg respectively. Soil nitrogen increased also but we don't know the original humus content of the soil before and after clearing and burning. The soil sites of the 2 years and the 16 years regrowth were practically identical with that of our forest and fallow site so that we included figures of the 16 years regrowth site, as well as of a neighbouring grassland

site, into Figure 3, to show the possible extent of C- and N-regeneration in the surface layer of the soil. In order to arrive at a quantitative estimate of the actual N-fixation under secondary regrowth we again propose a range interval between minimum and maximum values:

- Minimum estimate: Assuming the soil organic matter to have remained unaltered since the clearing, the above-ground N-store of the 16 years regrowth would imply an average annual fixation of 50 kg/ha/yr — in case of the 2 years fallow (and without considering the organic layer which still contains residues of the forest) the rate would be 75 kg/ha/yr, and 55 kg/ha/yr in the 5 years regrowth.
- Maximum estimate: Assuming that the difference in soil humus between the 2 years regrowth and the 16 years regrowth is due to humus regeneration, the annual fixation rate would amount to 160 kg/ha/yr.

One could also use the humus content of the grassland (see Fig 3) as base to calculate the humus regeneration in the 16 years regrowth, as both belonged to the same clearing, and as one can be reasonably certain, that the rather well kept grassland did not lower but rather increase the lowest level of soil humus 1 or 2 years after the clearing and burning. The difference between the two N-stores would imply 100 kg/ha of annual fixation which can be considered the more likely minimum estimate, though variations with age and quality of the regrowth may be expected. More exact information would require many more regrowth sites to be studied, which would be desirable also in regard to the suggested regeneration of the cation stores.

Moore (12) and Ruinen (17) have summarized some estimates of annual N fixation in tropical grassland and forest systems. Our proposed range of 100 to 150 kg/ha/yr of fixed nitrogen does not reach the high level of 650 kg/ha/yr found by Jaiyebo and Moore (10), but is higher than most data from forest systems while equivalent levels have been reported from grasslands. Greenland and Nye (9) suggested fixation rates between 50 and 150 kg/ha/yr. Most of this gain can be expected to have derived from non-symbiotic fixation. They are, however, net gains without the leached and volatilized accretions. Gross fixation according to Ruinen (17) might well be 2 to 3 times higher, while Nye and Greenland (13) do not consider high N-losses likely in the dense fallow vegetation.

### Summary

A tropical rain forest of known bioelement store was turned into unburned and burned fallow, and the resultant changes in soil properties and element store were determined.

Restricted number of replica and great local variation especially of the organic layer within the forest do not permit to give more than a range interval of bioelement losses inflicted on the forest ecosystem due to

clearing, burning, and cultivation for one year: Cation losses in the order of 60 - 140 kg K, 100 - 240 kg Ca, and 30 - 80 kg Mg are possible and can be restored by rainfall input in sufficiently vital secondary regrowth only during comparatively long fallow periods (10 - 20 years) The 1300 - 1400 kg N which are lost above and below ground (with varying distribution and C/N-ratios depending on the treatment) appears to be more easily restored by N-fixation rates of 100 - 150 kg/ha/yr The latter figures are derived from a comparative study of some secondary grassland and fallow sites of similar soil conditions

#### Literature cited

- 1 ASHTON, P S A quantitative phytosociological technique applied to tropical mixed rainforest Malayan Forester 27(3):304-317 1964
- 2 BARTHOLOMEW, W. V, MEYER, J and LAUDELOUT, H Mineral nutrient immobilization under forest and grass fallow in the Yangambi (Belgian Congo) region. Brussels INEAC, Serie Scientifique N° 57. 1953 27 p.
- 3 BRÜNING, E F Biomass diversity and biomass sampling in tropical rainforest In IUFRO biomass studies Orono University of Maine, 1973 pp 269-293
- 4 CUNNINGHAM, R K The effect of clearing a tropical forest soil Journal of Soil Science 14(2):334-346. 1963
- 5 EWEL, J Biomass changes in early tropical succession Turrialba 21(1):110-112 1971
- 6 FÖLSTER, H. and DE LAS SALAS, G Litterfall and mineralization in three tropical evergreen forests, Colombia. (In preparation)
- 7 ———, DE LAS SALAS, G and KHANNA, P. A tropical evergreen forest site with perched water table, Magdalena valley, Colombia: Biomass and bioelement inventory of primary and secondary vegetation (In preparation)
- 8 GOLLEY, F B *et al* La biomasa y la estructura mineral de algunos bosques de Darién, Panamá Turrialba 21(2):189-196 1971
- 9 GREENLAND, D J and NYE, P. H Increases in the carbon and nitrogen contents of tropical soils under natural fallows Journal of Soil Science 10:284-299 1959.
- 10 JAIYEBO, E. O and MOORE, A W. Soil nitrogen accretion under different covers in a tropical rainforest environment Nature, London, 197:317-318 1963
- 11 KLINGE, H and FIITKAU, E. J Filterfunktionen im Ökosystem des Zentralamerikanischen Regenwaldes Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 16:130-135 1972.
- 12 MOORE, A W Non-symbiotic Nitrogen fixation in soil and soil plant systems Soils and Fertilizers 29(2): 113-128. 1966
- 13 NYE, P H and GREENLAND, D J The soil under shifting cultivation. Harpenden Technical Commonwealth Bureau of Soils, 1960 156 p.
- 14 OGAWA, H *et al* Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand II Plant biomass. Nature and Life in SE-Asia, 1965 Vol 4 pp 50-80
- 15 PAVLOV, M. B Bioelement-Inventur von Buchen- und Fichtenbeständen im Solling. Göttinger Bodenkundliche Berichte 25:1-174 1972
- 16 REGENWASSERANALYSEN aus Zentralamazonien, ausgeführt in Manaus, Amazonas, Brasilien, von Dr. H. Ungemach Amazoniana 3(2):186-198 1972.
- 17 RUINEN, J. Nitrogen fixation in the phyllosphere In Quispel: The biology of Nitrogen fixation. Amsterdam, North Holland Publishing Company, 1974
- 18 STARK, N The nutrient content of plants and soils from Brazil and Surinam Biotropica 2(1):51-60 1970
- 19 STEINHARD, U Input of chemical elements from the atmosphere. A tabular review of literature Göttinger Bodenkundliche Berichte 29:93-132 1973

# Relación entre el balance hídrico y la población de *Radopholus similis* (Cobb) Thorne en la zona bananera de Guápiles, Costa Rica\* ————— RAMIRO JARAMILLO C\*\*, ADRIAN FIGUEROA\*\*\*

## ABSTRACT

*A study was conducted to check the influence of soil-water balance on natural population changes of Radopholus similis in Guápiles, Costa Rica.*

*Root sampling on bananas var. 'Giant Cavendish' were performed periodically during two years in an experimental plot 1.5 ha in size. Determination of soil water balance was made according to Thorntbwaite's technique. By combining and adjusting values of deficit or excess in water balance for two successive sampling dates, analysis of trends and maximum responses were accomplished.*

*Results showed that soil-water deficits were of greater importance, biologically, than soil-water excess, thus higher population values are closely related to the occurrence of numerous short showers during drier months. It is suggested that nematocide applications should escape periods of excess of water in the soil. — The authors.*

## Introducción

UN análisis completo de la influencia del clima en la dinámica de las poblaciones de nematodos no ha sido realizado tal como en el caso de insectos u otros animales, pero en criterio de algunos autores (2, 8) es menos relevante a causa de que una población de nematodos ya establecida está persistentemente presente a una alta densidad con ligeras fluctuaciones periódicas.

El presente estudio tiene como finalidad tratar de determinar los efectos de la variación de los elementos del balance hídrico en la fluctuación de la densidad promedio de población de *R. similis* en las condiciones de la estación experimental Los Diamantes, en Guápiles, Costa Rica.

## Revisión de literatura

Las relaciones entre la humedad del suelo y la actividad de los nematodos indican frecuentemente que la capacidad de campo provee las condiciones óptimas pa-

ra su reproducción y desarrollo. Los resultados de los requerimientos de CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> en nematodos (14) demuestran el efecto inhibitorio de bajas concentraciones de oxígeno y explican por qué los nematodos se inactivan en suelos con alta humedad.

Algunos autores han determinado la capacidad de supervivencia de *R. similis* en suelos saturados; así Ducharme (3) comprobó que este fitoparásito, en las condiciones de Florida, es capaz de sobrevivir 2-3 meses en suelos saturados; sin embargo Loos (10) informó que *R. similis* desaparecía de suelos que estuvieran inundados durante 5 o más meses.

Los informes sobre las fluctuaciones de las poblaciones de *R. similis* en condiciones de campo (plantaciones de banano) y su relación con los factores agroclimáticos son relativamente recientes. Así, los resultados obtenidos por Jiménez (9) indican que las fluctuaciones poblacionales de *R. similis* en la zona bananera de Poci, Costa Rica son, en alto grado, dependientes de la precipitación; anota además que las modificaciones debidas a la cantidad de lluvia caída producirán variaciones en las poblaciones del nematodo. Este efecto queda demostrado cuando después de intensas lluvias sigue un período de luminosidad abundante, el cual ocasiona una pérdida gradual de los excesos de humedad en los suelos hasta niveles óptimos para la actividad del nematodo, consiguiéndose así la restauración de las poblaciones.

\* Recibido para la publicación el 29 de marzo de 1976.

\*\* Unión de Compañías Centroamericanas. Apartado 4824, San José, Costa Rica.

\*\*\* Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sección de Nematología. San José, Costa Rica.



Por el contrario, si la luminosidad persiste, la irradiación genera un déficit de humedad y las poblaciones tienden a disminuir. Sin embargo, este autor no cuantificó cuál de los dos factores, el exceso o el déficit hídrico, tenía una mayor importancia en la dinámica de la población.

Otros autores (8) mencionan que los factores ambientales, especialmente las condiciones hídricas del suelo y las disponibilidades de alimento explicarían en un alto porcentaje la alternancia de épocas de máxima o mínima densidad de población de *R. similis*, estos autores explican la variación cronológica de la población del nematodo y sólo mencionaron algunas de las posibles causas de esta fluctuación.

El modelo propuesto trata de describir las tendencias del comportamiento de la población del nematodo, en plantas diferentes pero de generación homogénea, como respuesta a las variaciones de la reserva de agua en el suelo y correspondientemente al conjunto de elementos y factores agroclimáticos involucrados en el balance hídrico. Las limitaciones inherentes a este modelo son las mismas que las mencionadas en el trabajo anterior (8) y se hace hincapié en que el modelo es sólo un comprador de los resultados que se obtengan en otras zonas.

Además, como lo ha puntualizado Wallace (14), estos ensayos tienen relación con asociaciones superficiales debido a que los estudios de poblaciones en el campo sólo dan el resultado final de la influencia de todos los factores interdependientes en un ambiente determinado.

#### Materiales y métodos

El experimento se realizó en la plantación bananera de la finca experimental Los Diamantes, situada en Guápiles, Costa Rica. El muestreo se efectuó en una plantación de dos años de edad, sembrada con la variedad 'Cavendish Gigante' (*Musa acuminata* AAA); el área de muestreo comprendía una superficie de 1,5 ha.

La clase de muestreo, el tipo de planta y de raíces seleccionadas así como el método de procesamiento y análisis de las muestras, se describieron previamente (8). El muestreo se realizó mensualmente a través de un período de 2 años; durante el tiempo del experimento no se aplicó ningún producto químico al suelo del área experimental. En la determinación del balance hídrico diario se utilizaron los registros (1) de temperatura, precipitación y humedad relativa siguiendo la técnica de Thornthwaite (12); la evapotranspiración se calculó según la fórmula de García y López (5); el cálculo de la capacidad de almacenaje para el área experimental, se realizó considerando una profundidad de 80 cm y los valores de las propiedades físicas determinadas por Jaramillo (6).

Para el análisis de tendencia y estimación de máxima respuesta, se ajustó una superficie de segundo grado (11), con 4 variables de la forma:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{44}x_4^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4$$

donde:

- $y$  = Variable de respuesta (número de *R. similis*/100 gramos de raíces).
- $x_1$  = Déficit hídrico del mes anterior al muestreo de raíces (mm)
- $x_2$  = Déficit hídrico del mes correspondiente al muestreo de raíces (mm).
- $x_3$  = Exceso hídrico del mes anterior al muestreo de raíces (mm).
- $x_4$  = Exceso hídrico del mes correspondiente al muestreo de raíces (mm).
- $b_0$  = Constante, punto de corte del eje de respuesta por hiperesfera generada por  $X_i$ .
- $b_i$  = Razón de cambio en  $y$  por cada unidad de  $X_i$
- $b_{ij}$  = Razón del cambio del coeficiente  $b_i$
- $b_{ij}$  = Razón de cambio en  $y$  por el efecto simultáneo de  $X_i$  y  $X_j$

Todos los datos fueron procesados en una computadora IBM 1130 del IICA.

#### Resultados

En el Cuadro 1 se observa el marco agroclimático en el cual se ha desarrollado la población de *R. similis*.

De acuerdo con un trabajo anterior (8) se pueden distinguir dos épocas de máxima densidad de población del nematodo las cuales corresponden a los meses de abril-mayo y de agosto-setiembre; complementariamente se presentan dos depresiones o disminución de la densidad en los meses de enero-febrero y junio-julio.

Las condiciones prevalecientes durante los máximos corresponden a lo denominado por Trojer (13) como meses secos (con predominio de buen tiempo).

Durante este tipo de tiempo se intercalan períodos secos y lluviosos de corta duración y esta es la razón del porqué en estos períodos no se encontró correlación entre la densidad máxima y el número de días con déficit o exceso climático o con suelo saturado; sin embargo durante este tiempo se presenta un calentamiento relativamente alto; en consecuencia baja la humedad relativa, la cual en conjunto con la brisa local, aumenta la evapotranspiración; de tal manera pueden detectarse algunas veces valores altos de déficit de agua en el suelo (abril, 1971).

La magnitud del exceso de agua en el suelo para las épocas en que se presentan máximas de población fluctuaron entre 160 y 400 mm.

Las condiciones en las cuales se presentaron densidades mínimas corresponden a meses con 6-14 días con déficit climático; el número de días con suelo saturado puede llegar a 23 y el exceso de agua en el suelo varía de 230 a 535 mm. Debido a la difícil interpretación de las tendencias en la densidad de población tomando simplemente los datos del balance hídrico mensual, se hizo

Cuadro 1.—Promedio de población de *R. similis* y valores del balance hídrico mensual

Mes	Población de <i>R. similis</i> (especímenes/100 g de raíces)	Nº de días con déficit climático	Nº de días con exceso climático	Nº de días con suelo saturado	Magnitud del déficit de agua en el suelo (mm)	Magnitud del exceso de agua en el suelo (mm)	Magnitud del almacenaje promedio de agua en el suelo (mm)	Magnitud del almacenaje mínimo de agua en el suelo (mm)
Set./70		19	11	7	2	113	240	227
Oct /70	29666	21	10	4	3	39	240	227
Nov /70	38333	15	15	11	0	533	245	224
Dic /70	39416	6	25	25	0	1393	249	245
Ene /71	14000	13	18	16	0	327	246	237
Feb /71	33416	21	7	0	7	0	223	210
Mar /71	44666	19	12	6	2	63	241	224
Abr /71	50791	23	7	6	10	160	223	192
May./71	38750	16	15	7	4	202	227	181
Jun /71	38083	10	20	19	0	453	248	244
Jul /71	51666	7	24	23	0	535	249	244
Ago./71	56117	16	15	8	0	132	245	238
Set /71	61000	14	16	11	3	272	240	221
Oct /71	41050	14	17	15	0	500	245	233
Nov /71	52000	18	12	9	3	113	235	214
Dic /71	56700	20	11	5	1	55	239	224
Ene /72	65800	13	18	14	1	519	242	231
Feb /72	48750	14	15	11	2	230	240	216
Mar /72	41625	21	10	7	2	65	241	219
Abr /72	53750	14	16	12	1	236	244	220
May /72	98317	10	21	20	0	359	248	245
Jun /72	55000	12	18	14	3	235	238	218
Jul /72	53000	6	25	22	0	188	249	244
Ago /72	90417	10	21	18	0	311	247	238
Set /72	77916	8	22	20	0	460	248	239

un análisis estadístico combinando excesos y déficit de uno, dos y tres meses anteriores al muestreo de nematodos.

El mejor ajuste se obtuvo con la combinación de los déficit y excesos correspondientes al mes muestreado y al mes anterior al muestreo.

Este análisis se representa por la siguiente ecuación:

$$y = 125915 - 13322,37x_1 - 30703,28x_2 - 125,27x_3 - 38,06x_4 + 1256,71x_1^2 + 2027,86x_2^2 + 0,01x_3^2 - 0,03x_4^2 + 283,27x_1x_2 + 7,95x_1x_3 - 13,44x_1x_4 + 27,71x_2x_3 + 27,54x_2x_4 + 0,11x_3x_4$$

$$R^2 = 0,757$$

donde:

$y$  = Número de *R. similis*/100 g de raíces

$x_1$  = Déficit hídrico del mes anterior al muestreo (mm).

$x_2$  = Déficit hídrico del mes correspondiente al muestreo (mm)

$x_3$  = Exceso hídrico del mes anterior al muestreo (mm)

$x_4$  = Exceso hídrico del mes correspondiente al muestreo (mm).

Como se observa en la ecuación, los coeficientes de más alto valor son los correspondientes al déficit hídrico del mes en el que se efectúa el muestreo; luego sigue en importancia el déficit hídrico del mes anterior al muestreo; las contribuciones de los excesos hídricos son menores.

Los valores que maximizan la ecuación son los siguientes:

$$x_1 = 4,5 \text{ mm}$$

$$x_2 = 1,9 \text{ mm}$$

$$x_3 = 554 \text{ mm}$$

$$x_4 = 230 \text{ mm}$$

Estos valores corresponderían a épocas de tiempo variable donde se intercalan períodos lluviosos y secos de corta duración.

En la Figura 1 se observan las tendencias en meses durante los cuales (supuestamente) no se presentaría déficit hídrico; las poblaciones tienden a incrementarse cuanto menores sean los excesos hídricos tanto del mes correspondiente al análisis como del anterior al muestreo. Sin embargo si el exceso hídrico del mes anterior es bajo y aquel del mes analizado es alto, la población presenta una tendencia a disminuir.

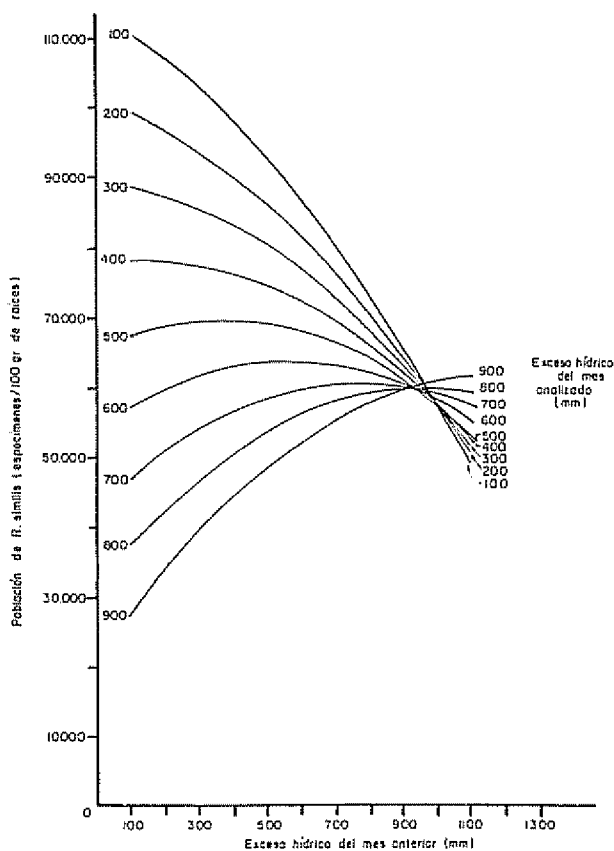


Fig. 1.—Población esperada de *R. similis* en relación con la magnitud del exceso hídrico del mes anterior y del mes analizado, en el caso de que el déficit hídrico de los dos meses sea igual a cero mm. Estación Experimental Los Diamantes, Costa Rica.

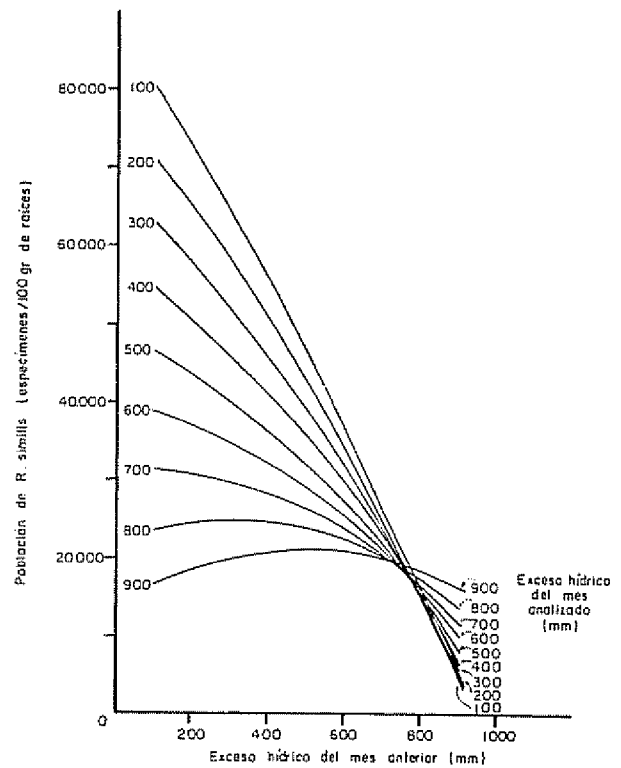


Fig. 2.—Población esperada de *R. similis* en relación con la magnitud del exceso hídrico del mes anterior y del mes analizado en el caso de que el déficit hídrico del mes anterior sea igual a tres mm y el déficit hídrico del mes analizado igual a cero mm. Estación Experimental Los Diamantes, Costa Rica.

En la Figura 2 se observa la población esperada en aquellos meses en los cuales (supuestamente) se presenta un ligero déficit hídrico (3 mm) en el mes anterior al análisis; las tendencias de la población tienen distribuciones similares a aquellas de la Figura 1; sin embargo con un ligero déficit en el mes anterior como el que se considera en este caso, hace más sensible la población a los excesos hídricos; de tal manera que con un bajo exceso hídrico del mes anterior al muestreo y un alto exceso del mes correspondiente al análisis, la población tiende a disminuir; así mismo si los excesos de ambos meses son altos, la población de *R. similis* presenta una tendencia a decrecer.

### Discusión

Según Dao (2) para los nematodos fitoparásitos, aparentemente la planta hospedante es el factor dominante cuando el clima y el suelo son bastante favorables para su desarrollo y reproducción; así cuando alcanzan cierto nivel de población el alimento y otros componentes del ambiente se vuelven operativos *in situ*. Es posible que los efectos del déficit o exceso hídrico en las diferentes etapas del desarrollo del hospedante (banano) afecten en forma directa la población de *R. similis*, pero esta influencia no es importante a causa de que la población de este nematodo, una vez establecida

presenta persistentemente y con algunos altibajos una alta densidad.

Las plantas de banano a pesar de las condiciones desfavorables (exceso o relativo déficit hídrico) continúan produciendo cierta cantidad de biomasa, suficiente para la supervivencia del parásito.

Conforme mejoren las condiciones ambientales (predominio de buen tiempo), tiene lugar un acelerado crecimiento de las plantas con la consecuente emisión de nuevas raíces las cuales aseguran el alimento suficiente para la reproducción del nematodo (4)

La capacidad de supervivencia de *R. similis* con altos niveles de exceso hídrico (no se hace referencia a condiciones de inundación permanente), ha sido determinada en otras condiciones ambientales (3). En el presente estudio esta capacidad se demuestra en el Cuadro 1, en donde durante el ciclo que duró el ensayo, en un 67 por ciento de los meses se determinaron excesos mayores de 200 mm/mes; sólo en un 20 por ciento de los meses se calcularon excesos menores a los 100 mm/mes.

La razón de la mayor importancia biológica de los bajos valores de déficit hídrico (1-10 mm) puede encontrarse en la subestimación de estos, debido al método utilizado para su cálculo. Algunos autores (7) señalan que el método tradicional del cálculo del balance de agua en el suelo sea de baja sensibilidad, especialmente cuando se refiere al déficit, a causa de que en zonas donde se intercalan períodos secos y lluviosos de corta duración, se empiezan a detectar deficiencias cuando el almacenaje ha disminuido de tal manera que la planta ha empezado a tener trastornos fisiológicos. Estas condiciones afectarán en grado variable (dependiendo de la duración del período de déficit) a la población de *R. similis*. Durante las épocas con predominio de buen tiempo los períodos con déficit hídrico se presentan con frecuencia, especialmente en la zona de Guápiles, donde los suelos son en su mayoría livianos (franco arenosos sobre arenoso-francos), con alta permeabilidad y baja capacidad de retención de humedad.

Una recomendación práctica de este ensayo es la de que los programas de control de nematodos en el área de estudio deben dirigirse hacia la búsqueda, no sólo de épocas de disminución o inicio del incremento de la población, sino de aquellos períodos en los cuales las aplicaciones de nematicidas sean eficaces, evitando meses con un alto exceso hídrico para así obviar pérdidas de los nematicidas y consecuentemente deficiencias en el control de estos fitoparásitos.

#### Resumen.

En este estudio se establecieron los efectos de la variación de los elementos del balance hídrico en la fluctuación de la densidad promedio de *R. similis* en la zona bananera de Guápiles, Costa Rica.

El muestreo de raíces para el recuento de especímenes se verificó durante dos años en una parcela de 1,5 ha, sembradas con la variedad 'Cavendish Gigante'. En

la determinación del balance hídrico diario se utilizó la técnica de Thornthwaite.

Para el análisis de tendencia y estimación de máxima respuesta se ajustó una superficie de segundo grado con la combinación de los déficit y excesos hídricos de los meses anteriores y correspondientes al muestreo de raíces.

Se encontró que los déficit hídricos tenían mayor importancia biológica que los excesos. Además los valores que maximizan la población corresponden a épocas de tiempo variable donde se intercalan períodos lluviosos y secos de corta duración. Se sugiere que los programas de aplicación de nematicidas deben dirigirse a la búsqueda de períodos en los cuales las aplicaciones sean efectivas evitando meses con un alto exceso hídrico.

#### Agradecimiento

Los autores expresan su agradecimiento al Dr. Raúl Moreno del CATIE, Turrialba, Costa Rica y al Ingeniero Agrónomo Manuel Francisco Jiménez de la Compañía E. I. Dupont de Nemours por sus acertadas sugerencias y revisión del manuscrito.

#### Literatura citada

1. COSTA RICA. Servicio Meteorológico Nacional. Archivos Meteorológicos de la estación Los Diamantes. San José, Costa Rica, 1970-1972.
2. DAO, F. D. Climatic influence on the distribution of plant parasitic and soil inhabiting nematodes. Wageningen, The Netherlands, Laboratory of Nematology. State Agricultural University, 1970. 181 p.
3. DUCHARME, E. P. Sub-soil drainage as a factor in the spread of the burrowing nematode. Florida State Horticultural Society 29-31. 1955.
4. FIGUEROA, M. A. Cinco nematicidas en el control de *Radopholus similis* (Cobb) Thorne en la zona bananera de Guápiles. San José, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Boletín Técnico N° 64. 1975.
5. GARCIA BENAVIDES, J. y LOPEZ, D. Fórmula para el cálculo de la evapotranspiración potencial adaptada al trópico (15°N, 15°S). Agronomía Tropical 20(5): 335-345. 1970.
6. JARAMILLO, R. Estudio detallado de los suelos del proyecto La Curia, S. A. I. San Cristóbal. San José, Costa Rica, Departamento de Investigaciones Agrícolas, 1970. 98 p.
7. ——— y GARCIA BENAVIDES, J. Relación entre el balance hídrico y la duración del desarrollo del fruto del banano (Variedad 'Giant Cavendish') en Guápiles. Agronomía Tropical 23(4):343-354. 1973.

8. JARAMILLO, R y FIGUEROA, A. Análisis armónico de densidad de población de *R. similis* (Cobb) Thorne en la zona bananera de Guápiles, Costa Rica. Turrialba 24(4):402-407 1974.
9. JIMÉNEZ, M. F. Fluctuaciones anuales de la población de *Radopholus similis* en la zona bananera de Pococí, Costa Rica. Nematológica 2(2):33-40 1972.
10. LOOS, C. A. Eradication of the burrowing nematode, *Radopholus similis*, from bananas. Plant Disease Reporter 45(6):457-461 1961.
11. MYERS, R. H. Response surface methodology. Boston, Allyn and Bacon, 1971. 246 p.
12. THORNTHWAITE, C. W. y MATHER, J. R. Instruction and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Drexel Institute of Technology. Publications in Climatology 10(3):184-311 1952.
13. TROJER, H. El clima y el desarrollo de la producción del cacao en la finca La Lola. Cacao (Costa Rica) 13(4):1-9. 1968.
14. WALLACE, H. R. Abiotic influences in the soil environment. In: Zuckerman, B. M., Mai, W. F. y Rhode, R. A., eds. Plant parasitic nematodes. New York, Academic Press, 1971. Vol. 1, pp. 257-280.

# Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage. VII. Total carbonyls, activity of polyphenol oxidase, and hydroperoxides<sup>\*1/</sup>

—H. V. AMORIM,\*\* M. G. LEGENDRE,\*\*\* VERA L. AMORIM,\*\* A. J. St ANGELO\*\*\*, R. I. ORY\*\*\*

## RESUMO

*Carbonilos totais e hidroperóxidos foram determinados no óleo de café verde classificados quanto a qualidade da bebida em Mole e Rio. Os carbonilos totais decrescem com o armazenamento e é maior no café Mole. Não foram observadas diferenças para hidroperóxidos entre cafés Mole e Rio armazenados por dois anos. A atividade da polifenol oxidase (DOPA como substrato) é maior no café Mole e decresce com o tempo de armazenagem. Estes resultados são discutidos com os já existentes na literatura — Os autores*

## Introduction

THE roles of hydroperoxides (9, 17) and carbonyls (6) in flavor of foods are well documented in the literature. In coffee, however, most of the references deal with research on roasted coffee (19). Calle (4, 5) was the first to call attention to the importance of aldehydes in green coffee and in quality of the beverage. His qualitative tests showed that the best coffees gave a more positive reaction for aldehydes than did the poor. Also by qualitative tests, Harigopal (7) confirmed these results. The probable importance of phenolics on the protection of aldehydes was illustrated by Amorim and Silva (1), who showed that spoiled coffee had lower polyphenol oxidase activity in compari-

The purpose of this research was to recheck the reports of Calle (5) and Harigopal (7) pertaining to the carbonyls, along with concurrent of polyphenol oxidase activity and the estimation of hydroperoxides by the conjugated diene hydroperoxide method (17)

son to good coffee. Several authors also found that polyphenol oxidase activity is higher in the best coffees (1, 15, 16, 11, 8).

## Materials and methods

Commercial coffee samples, classified for quality of the beverage by professional cup tasters from the Brazilian Institute of Coffee as Soft (Mole) and Rio, were examined.

The beans were frozen in liquid nitrogen and ground in a Wiley mill under liquid nitrogen. The powder (<40 mesh) was used immediately for oil and enzyme extractions.

Hydroperoxides were estimated by the method of St. Angelo *et al.* (17). The oil was extracted in a mortar and pestle with spectroscopic grade hexane (2 g/30 ml) and allowed to stand for 1.5 hr in stoppered centrifuge tubes with occasional mixing. After centrifugation (20,000 g, 2-4°C), 0.2 ml of the supernatant was added into a 3 ml spectrophotometric cuvette containing 2.8 ml of hexane, mixed, and read at 234 nm against a hexane blank. The concentration of CDHP (conjugated diene hydroperoxide) was calculated from an  $\epsilon$ -max of 24,500. Values are given in  $\mu$ moles of CDHP/g of coffee powder. Two extractions and four determinations were made for each sample. Total carbonyls were extracted four times from 3 g of coffee powder with 10 ml carbonyl-free benzene. After each extraction, the homogenate was centrifuged at 37,000 g for 10 min at -4°C. The supernatants were combined and diluted

\* Received for publication January 2, 1976.

1/ Research carried out in part at the Southern Regional Research Center, United States Department of Agriculture, New Orleans, La., U.S.A.

\*\* Department of Chemistry, E.S.A. "Luiz de Queiroz", University of São Paulo, Piracicaba, SP, Brazil.

\*\*\* Southern Regional Research Center, United States Department of Agriculture, New Orleans, Louisiana, U.S.A.

to 50 ml with benzene. Two aliquots of 10 ml were removed and evaporated under nitrogen at 50°C to measure oil content. Two additional aliquots were immediately removed and total carbonyls were estimated by the procedure of Brown *et al.* (3), which used the 2,4-dinitrophenylhydrazone complex to analyze volatiles from peanuts and peanut products.

Polyphenol oxidase was extracted from 1 g of the powder with 20 ml of 0.05 M phosphate buffer, pH 6.5, for 10 min (1). The homogenate was centrifuged at 27,000 g for 20 min at 0-2°C. The supernatant was used for enzymatic assay. Aliquots of 0.5 ml of the supernatant were made to 3 ml with either DL-Dopa (DL-dihydroxyphenylalanine, 8 mg/10 ml) in 0.1 M phosphate buffer pH 7.0, or with the buffer only as a blank. The increase in absorbance at 410 nm was measured continuously in a Gilford spectrophotometer and the absorbance at 10 min was used for the calculations. Duplicate readings were made for each sample.

Table 1.—Total carbonyls in the coffee oil and activity of polyphenol oxidase (PPO) of Arabica green coffee beans.

Sample		Total carbonyl $\mu\text{mol/g oil}$	Activity of PPO Abs. 10 min/g powder
Soft (Stored 1 yr)	1	125.8	1.78
	2	119.7	1.46
	3	114.9	1.66
	4	94.5	1.96
	(mean)	113.7 a	1.72 a
Rio (Stored 1 yr)	5	80.5	0.96
	6	102.2	0.52
	7	67.6	0.60
	8	104.8	0.78
	(mean)	88.8 b	0.72 b
Soft (Stored 2 yr)	9	97.5	0.84
	10	98.8	1.14
	11	78.4	0.88
	12	97.5	1.02
	(mean)	93.0 b	0.97 c
Rio (Stored 2 yr)	13	102.6	0.00
	14	70.4	0.46
	15	95.9	0.66
	16	81.7	0.92
	(mean)	87.6 b	0.51 d

Different symbols (columns) mean significance at 5 per cent level

### Results and discussion

Table 1 shows the results of total carbonyl and polyphenol oxidase (PPO) activities on samples classified as Soft and Rio, which had been stored for 1 and 2 yr.

Table 2 shows the hydroperoxide values found for the same coffees stored for 2 yr.

The activity of PPO was higher in Soft coffee and decreased on storage. These data agree with results obtained by Amorim and Silva (1), Pereira (13), Oliveira (11), Valencia (18) and Rotemberg and Iachan (15). The total carbonyls followed the same pattern as the enzyme activities; they were higher in the Soft coffee and decreased with storage. However, Rio coffee stored for one and two years were not statistically different. These results agree with the qualitative work of Calle (5) and Harigopal (7) on beverage quality. The higher activity of PPO and total carbonyls, which decreases with age, in the good (Soft) coffee, may be due to the protection which phenolics exert on aldehydes. The explanation for the lower PPO activity found in spoiled and old coffee may be the inactivation of the enzyme by the oxidized phenolics produced by the PPO system (2) which lowers the protection of the aldehydes.

The results of our current study apparently substantiate the hypothesis that chlorogenic acid, a phenolic compound, may act as a protective agent for aldehydes in coffee (1), although acetaldehyde was found to be associated with spoiled coffee after long fermentation (14). Rodríguez *et al.* (14), however, did not estimate total carbonyls or total aldehydes. A more detailed analysis of the carbonyls, identifying the ketones and aldehydes, could shed more light on this matter and should determine if there really is a correlation between certain types of carbonyls in the green bean and the quality of the beverage.

Table 2.—Total conjugated diene hydroperoxide in coffee oil extracted from green coffee beans stored for two years (Average of 2 extractions and 4 estimations).

Rio	$\mu\text{m CDHP/g}$ powder	Soft	$\mu\text{m CDHP/g}$ powder
1	6.69	1	4.99
2	5.15	2	5.09
3	5.45	3	4.25
4	3.98	4	4.55
5	4.01	5	3.99
6	4.39	6	5.59
—	—	7	5.23
—	—	8	2.97
mean	4.94 $\pm$ 0.42	mean	4.58 $\pm$ 0.29

No statistically significant

Unsaturated fats can undergo oxidative reactions catalyzed by metals or by lipoxygenase, and the hydroperoxides formed may contribute to off flavors in foods (12). The same peroxide values found for Soft and Rio coffee stored 2 yr do not mean that hydroperoxide formation is not important in coffee flavor, because hydroperoxides can undergo further degradation to form aldehydes, ketones, and alcohols that generally have unpleasant flavors. However, some of the degradation products do contribute to desirable flavors. Jordão *et al.* (10) estimated peroxide values by the A O C S. method (Cd 8-53) in coffees stored in different conditions and they did not find peroxide up to 21 months of storage. The quality of the coffee at the start of the experiment was one of the intermediate type (Hard) and it did not change flavor even after peroxide was detected; however it is not known if hydroperoxide can affect the flavor of a good coffee (Soft).

Although we have found more total carbonyls in the good and young coffee beans, these findings do not invalidate the hypothesis that off flavors may be caused by production of hydroperoxide and further reactions, since the samples analysed were two years old and numerous transformations could have taken place.

#### Summary

Soft and Rio green coffee beans were analyzed for total carbonyls, polyphenol oxidase activity, and hydroperoxides. Total carbonyls and polyphenol oxidase activity were higher in Soft than in Rio coffees, decreasing with length of storage, although the difference on carbonyls between Rio coffees stored for one and two years were not different statistically. After 2 years storage, total hydroperoxides did not differ between Rio and Soft coffees.

#### Acknowledgements

Appreciation is expressed for the grants from Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (Proc. Agronomia 73/1173); to Dr. Aldir Alves Teixeira, Brazilian Institute of Coffee, for supplyings and classifying the samples; and to the Southern Regional Research Center for supplying the facilities for conducting part of this research.

#### Literature cited

- AMORIM, H. V. y SILVA, D. M. Relationship between the polyphenol oxidase activity of coffee beans and the quality of the beverage. *Nature (London)* 219(5152): 381-382. 1968
- *et al.* Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage. III Soluble proteins. *Turrialba* 24(3):304-308. 1974.
- BROWN, D. F., SENN, V. J., STANLEY, J. B., DOLLEAR, F. G. Comparison of carbonyl compounds in raw and roasted runner peanuts. I. Major qualitative and some quantitative differences. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 20(3):700-706. 1972
- CALLE, H. V. Pruebas químicas para determinar la calidad del café. *Boletín Informativo (C.N.I.C. - Colombia)*. 6(65):158-160. 1955
- Reacciones cualitativas en la determinación del aroma del café. *Cenicafé (Colombia)* 14(3):187-194. 1963
- DANOPOULOS, A. A. and NINNI, V. L. Detection of frozen fish deterioration by an ultraviolet spectrophotometric method. *Journal of Food Science* 37:649-651. 1972
- HARIGOPAL, N. Qualitative biochemical tests in relation to coffee quality. 27th Annual Detailed Technical Report (1973-1974). Coffee Board Research Department, India. 1973. pp. 126-127
- Biochemical aspects of coffee quality and waste utilization. 27th Annual Detailed Technical Report (1973-1974). Coffee Board Research Department India. 1973. pp. 121-126
- HAYDAR, M. and HADZIEV, D. Pea lipids and their oxidation on carbohydrate and protein matrices. *Journal of Food Science* 38:772-778. 1973
- JORDÃO, B. A. *et al.* Armazenamento de café beneficiado a granel, em silo com ventilação natural. *Cole-tania do Instituto de Tecnologia de Alimentos (Campinas)* 3:253-281. 1969-70
- OLIVEIRA, J. C. Relação da atividade do polifenol oxidase, peroxidase e catalase dos grãos do café e a qualidade da bebida. Tese de Doutorado. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 1972. 80 p.
- ORY, R. I. and ST. ANGELO, A. J. Symposium on Effects of Oxidized Lipids on Food Proteins and Flavor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 23(2): 125. 1975
- PEREIRA, M. J. Proof of the existence of a chlorogenic oxidase in the coffee bean, change in its activity according to the age of the bean. *Estudos Agronômicos (Lisboa)* 3(4):151-156. 1962.
- RODRIGUEZ, D. G. *et al.* Acetaldehyde as a possible indicator of spoilage in green kona (Hawaiian) coffee. *Journal of Science and Food Agriculture* 20:15-17. 1969.
- ROTEMBERG, B. and IACHAN, A. Método Químico automático para diferenciação de "Café Bebida". *Revista Brasileira de Tecnologia* 2:67-69. 1971.
- SANINI, O. V. y VALENCIA, A. G. Actividad enzimática en el grano de café en relación con la calidad de la bebida. I. Duración de la fermentación. *Cenicafé (Colombia)* 21(2):59-71. 1970
- ST. ANGELO, A. J., ORY, R. I. and BROWN, I. E. A comparison of minor constituents in peanut butter as possible sources of fatty acid peroxidation. *Journal of the American Peanut Research and Education Association, Inc.* 4(1):186-197. 1972
- VALENCIA, G. A. Actividad enzimática en el grano de café en relación con la calidad de la bebida del café. *Cenicafé* 23(1):3-18. 1972.
- VIITZIHUM, O. G. Chemie und bearbeitung des Kaffees. *In Kaffee und Coffein*. Herausgegeben von Oskar Eichler. Berlin, Springer-Verlag. 1975. pp. 1-77.



# Estudios sobre el cultivo de la yuca en Costa Rica. I. Extracción de nutrimentos del suelo<sup>\*1/</sup>

NILS SOLORZANO, ELEMER BORNEMISZA\*\*

## ABSTRACT

*The extraction by three cassava varieties of P, K, Ca and Mg from soils of the Fabio Baudrit Experiment Station on the Central Plateau of Costa Rica was studied. The climate is tropical (Aw'i). Samples were taken from the rows and between them, at 0-10 cm and 10-30 cm depth. The experiment lasted a year and samples were taken at zero, five, eight and twelve months.*

*For extractable P a rapid initial decrease was noted for the five months samples, followed by leveling off the data. The maximum P absorption was noticed between rows, 40 cm from the stem of the plants.*

*The exchangeable K content of the upper layer varied little but at 10 to 30 cm there was a decrease until the eight month, followed by an increase. Ca behaved similarly presenting an initial decrease and a final increase while there were only small changes in Mg and pH.*

*The three varieties studied 'Valencia', 'Mangi' and 'Bayuna Dulce' presented the same pattern of extraction. — The authors.*

## Introducción

LA yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es una planta de origen americano que se cultiva en Costa Rica desde hace muchos años. Las técnicas de su producción no son muy avanzadas debido a que existen pocas publicaciones sobre este cultivo en Costa Rica (1) y a que los buenos resúmenes a nivel mundial son recientes (3, 4).

La apreciable importancia nutritiva y el potencial industrial de la planta promovieron este estudio de su extracción de nutrimentos en la Estación Experimental Fabio Baudrit de la Universidad de Costa Rica, donde se comparó la extracción de P, K, Ca y Mg por tres variedades en un suelo de la serie Sáenz (Typic Ustropept) sin ninguna fertilización, debido a la apreciable condición de fertilidad de este suelo.

La composición de la yuca cosechada y los aspectos agronómicos del estudio se presentarán en los siguientes dos trabajos de este grupo.

## Materiales y métodos

El ensayo se estableció en la Estación Experimental Fabio Baudrit al oeste de la ciudad de Alajuela. La Estación tiene una temperatura media de 20,5°C y una precipitación media de 2 504 mm/año. Pertenece a la zona climática de Aw'i. (2) según la clasificación de Köppen.

Las plantas fueron cosechadas al año de haberse sembrado, el 2 de agosto de 1974. Fueron estudiadas tres variedades de yuca, 'Bayuna Dulce', 'Mangi' y 'Valencia'. Se dejó un metro entre surcos y medio metro entre plantas con una distancia de dos metros entre parcelas. Antes de sembrar se aró a 30 cm de profundidad y se rastreó dos veces para uniformizar. Las deshierbas se realizaron con machete y se tuvo que combatir una epidemia de ácaros usando polvo mojable de

\* Recibido para la publicación el 28 de enero de 1976.

1/ Este estudio formó parte de la tesis de grado del primer autor en la Universidad de Costa Rica.

\*\* Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, y Contrato UCR-IIICA, respectivamente. San José, Costa Rica.

azufre seguido por una aplicación de Karathane y finalmente aplicando Galurón 50 EC con una semana de diferencia entre las aplicaciones.

*Toma de muestra de suelos*

Se realizaron cuatro muestreos de suelos, el primero a la siembra, el segundo a los cinco meses de sembrado en el período seco, el tercero a los ocho meses de sembrar a finales del período seco, y la última vez a los doce meses, al cosechar. En todas las oportunidades se tomaron dos muestras de los alrededores de dos plantas, seleccionadas al azar y una del lote testigo. Los sitios de muestreo fueron en el surco a 20 cm desde la estaca, en el entresurco a 20 cm de la estaca en dirección hacia el otro surco, es decir a 90° de la otra muestra y a 40 cm en el entresurco en la misma dirección que el anterior. La muestra testigo se tomó en el suelo sin cultivo de yuca. En todos los sitios antes indicados se tomaron muestras correspondientes a las profundidades de 0-10 y 10-30 cm. De muestras de suelos secadas al aire y bien mezcladas se sacó una alícuota de 0,5 kg, la cual se tamizó a 0,84 mm para efectuar las diferentes determinaciones.

*Determinaciones analíticas en los suelos*

El contenido de fósforo se determinó según la técnica de Olsen (9), los cationes cambiables K, Ca y Mg se extrajeron con acetato de amonio 1N pH 7,0 y se determinaron por absorción atómica (11). La materia orgánica se determinó por digestión húmeda, el pH en agua y KCl 1N con potenciómetros y la capacidad de intercambio catiónico por medio de saturación con acetato amónico normal pH 7,0 (11).

*Resultados y discusión*

*Comportamiento del fósforo*

Los promedios del contenido de P se observan en el Cuadro 1. Por comportarse similarmente no se dan diferentes valores para las variedades individuales. Se observa un descenso del contenido de P al aumentar la edad del cultivo en las tres posiciones y en el testigo. Sin embargo, la disminución en los sitios con yuca es muy superior al descenso de las muestras testigo. Esta reducción del P en el suelo concuerda con los resultados de Orioli y colaboradores (10) quienes observaron una fuerte acumulación del elemento en los primeros meses de crecimiento de la yuca. El descenso del testigo se explica por el lavado intensivo que sufrió el suelo durante este período, el cual correspondió con la época lluviosa.

A los ocho meses, al final del período seco, hay un aumento de la concentración de P soluble. El fenómeno se cree se debe a un ritmo reducido del crecimiento de la yuca en este período, lo cual permite que la solubilización de las fuentes de P en el suelo suplan las reservas de la fracción extraíble. El aumento paralelo para el testigo se explica por la mineralización del P orgánico presente.

Cuadro 1.—Promedios del contenido de P del suelo durante un ciclo de cultivo de yuca (ppm)

Epocas (meses)	Surco	Entresurco		Testigo	Promedio
		20 cm	40 cm		
0-10 cm de profundidad					
0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
5	6,6	7,4	6,1	14,8	8,7
8	11,8	12,6	12,4	20,0	14,2
12	13,9	13,9	13,5	14,8	14,0
Promedio	12,6	13,0	12,5	16,9	13,7
10-30 cm de profundidad					
0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0
5	5,5	3,8	1,6	10,5	5,3
8	11,1	10,0	7,4	17,0	11,4
12	12,3	11,9	10,3	10,4	11,2
Promedio	11,5	10,7	9,0	13,7	11,2

La tendencia a una concentración moderadamente alta en las muestras tomadas a los doce meses coincide con las observaciones de Oelsgle (8) y Orioli y colaboradores (10) quienes indican una pérdida de P en el área de las plantas de yuca al período final del cultivo.

Al comparar las dos profundidades de muestreo, se observa la misma tendencia para ambas, con valores ligeramente inferiores para la profundidad de 10 a 30 cm, posiblemente por la presencia de menores cantidades de P orgánico, ya que los datos son bajos, tanto en las parcelas con yuca, como en la parcela testigo.

Del análisis de los sitios de muestreo se observa claramente la diferencia entre los testigos y las posiciones cercanas a la planta, debido a la extracción. Esta diferencia es muy acentuada en el primer período del desarrollo de la planta y disminuye posteriormente, cuando las necesidades de P decrecen.

La mayor disminución en la concentración de P ocurre a 40 cm de distancia en el entresurco y a 10-30 cm de profundidad. Estos resultados confirman los datos de Normanha y Pereira (7) en Brasil, quienes obtuvieron los mejores resultados con una aplicación lateral de N-P-K al momento de la siembra, lo que significa poner el P en el momento y el sitio necesarios.

La fuerte concentración de raíces extractantes en el entresurco observada en este trabajo apoya los resultados que se observaron sobre la extracción del P.

Se desarrollaron ecuaciones según un modelo cuadrático para representar la concentración de P a diferentes profundidades. Las ecuaciones se encuentran en el Cuadro 6.

Cuadro 2.—Promedios del contenido de K en el suelo durante un ciclo de crecimiento de yuca (ppm).

Epoas (meses)	Surco	Entresurco		Testigo	Promedio
		20 cm	40 cm		
0-10 cm de profundidad					
0	319	319	319	319	319
5	334	329	337	352	338
8	326	315	330	303	319
12	328	323	356	232	310
Promedio	327	321	335	302	321
10-30 cm de profundidad					
0	317	317	317	317	317
5	310	280	231	288	277
8	269	240	229	236	243
12	273	270	247	243	258
Promedio	292	277	256	271	274

*Comportamiento del potasio*

La cantidad promedio de K para las posiciones y profundidades estudiadas se observa en el Cuadro 2. De nuevo se promediaron los datos de las tres variedades por no presentar éstas diferencias. El contenido estimado según un modelo cuadrático, se puede representar por las ecuaciones indicadas en el Cuadro 6.

De los datos se puede notar que los cambios de K en el suelo (0-10 cm) son muy pequeños, aunque la literatura indique (4, 8) que la yuca es un gran extractor de este elemento. Es interesante anotar que en promedio a esta profundidad, la parcela testigo tenía menos K que las demás parcelas, lo que podría deberse al lavado más intensivo del testigo, el cual no tenía ningún cultivo de cobertura.

Existe una situación ligeramente diferente para las muestras tomadas a 10-30 cm. Para esta profundidad el K en el suelo va disminuyendo hasta los ocho meses, con un ligero aumento posterior. El período hasta la fecha indicada coincide con el desarrollo vegetativo intensivo y con las fuertes exigencias de la planta en este tiempo (4,8). El aumento podría explicarse en parte por las pérdidas de este elemento de las hojas y tallos según lo indican Orioli y colaboradores (10) y también por medio de una restitución de la reserva del suelo. De nuevo se encuentra una concentración mínima a 40 cm en el entresurco confirmando que para el K, al igual que para el P, la mayor absorción ocurre en este sitio, lo que coincide con la información de Brasil (5, 6, 7).

*Comportamiento del calcio*

Las concentraciones promedio de Ca se indican en el Cuadro 3. Se presenta el promedio de las tres variedades debido a su comportamiento análogo.

El contenido estimado en función del tiempo por medio de ecuaciones cuadráticas se encuentra en el Cuadro 6. Estas ecuaciones indican la misma tendencia para el elemento a ambas profundidades, sea una disminución moderada a la menor profundidad y una disminución más intensa entre 10 y 30 cm. Después del descenso inicial sigue un ligero aumento en la capa superior pero más acentuado en la capa inferior.

A diferencia de lo que se observa para el K, el Ca no presenta diferencias entre los diferentes sitios de muestreo en la capa superior y solamente resultó algo inferior a los 40 cm del tallo a 10-30 cm de profundidad.

La disminución del contenido en el suelo ocurre a los cinco meses de cultivo y coincide con las observaciones de Orioli *et al.* (10) quienes indican acumulación inicial y disminución posterior para este elemento. Es posible que la mineralización de hojas caídas haya contribuido a las concentraciones finales altas, especialmente después del período seco (muestreo a los 8 meses) cuando se pierde bastante follaje.

*Comportamiento del magnesio*

Los promedios del contenido de Mg para las diferentes posiciones de muestreo se indican en el Cuadro 4, mientras que en el Cuadro 6 se indican las ecuaciones

Cuadro 3.—Promedios de contenido de Ca en el suelo durante un ciclo de crecimiento de yuca (ppm).

Epoas (meses)	Surco	Entresurco		Testigo	Promedio
		20 cm	40 cm		
0-10 cm de profundidad					
0	1280	1275	1275	1275	1276
5	1115	1070	1170	1190	1136
8	1421	1374	1338	1242	1344
12	1280	1350	1310	1290	1308
Promedio	1274	1267	1273	1249	1266
10-30 cm de profundidad					
0	1290	1290	1290	1290	1290
5	1065	1125	970	1240	1100
8	1207	1227	1157	1176	1192
12	1300	1220	1185	1231	1234
Promedio	1215	1215	1150	1234	1204

Cuadro 4—Promedios de contenido de Mg en el suelo durante un ciclo de crecimiento de yuca (ppm).

Epocas (meses)	Surco	Entresurco		Testigo	Promedio
		20 cm	40 cm		
0-10 cm de profundidad					
0	220	220	220	220	220
5	199	189	191	189	192
8	294	278	266	272	277
12	226	219	214	222	220
Promedio	234	227	223	226	227
10-30 cm de profundidad					
0	221	221	230	221	224
5	181	179	163	195	179
8	266	246	236	261	252
12	216	195	191	204	201
Promedio	221	210	205	220	214

Cuadro 5—Valores de pH en agua para las posiciones estudiadas

Epocas (meses)	Surco	Entresurco		Testigo	Promedio
		20 cm	40 cm		
0-10 cm de profundidad					
0	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06
5	5,85	5,92	5,95	6,02	5,93
8	5,80	5,76	5,69	5,72	5,74
12	5,86	5,82	5,87	6,88	5,86
Promedio	5,89	5,89	5,89	5,92	5,90
10-30 cm de profundidad					
0	6,07	6,07	6,07	6,07	6,07
5	5,98	6,07	5,97	6,04	6,01
8	5,82	5,79	5,75	5,78	5,79
12	5,88	5,87	5,95	5,91	5,91
Promedio	5,94	5,95	5,94	5,94	5,94

cuadráticas que expresan la concentración del elemento en función del tiempo en meses. Las ecuaciones indican una tendencia de aumento inicial, acentuado en la capa superior y muy poco pronunciado en la capa inferior.

Similarmente, como en el caso del Ca, no se notan diferencias entre los sitios de muestreo, y entre estos y el testigo son muy reducidas. La considerable concentración de Mg en el suelo estudiado suplió fácilmente las necesidades de la planta y repuso el Mg absorbido, aproximadamente la tercera parte del Ca y la misma del K extraído bajo las condiciones del presente experimento

*Variaciones del pH*

En el Cuadro 5 se observan los valores de pH obtenidos en agua, proporción suelo y agua 1:2,5. Solamente se dan los valores en H<sub>2</sub>O, ya que la información obtenida en KCl 1 N confirma lo observado con las determinaciones en suspensión acuosa sin añadir nueva información

Cuadro 6—Ecuaciones cuadráticas que estiman los elementos estudiados a diferentes profundidades en función del tiempo

Elemento	Profundidad	Ecuación
P	0—10	$y = 26,7 - 12,5x + 2,3x^2$
P	10—30	$y = 28,4 - 15,5x + 2,9x^2$
K	0—10	$y = 296,8 + 31,2x - 7,1x^2$
K	10—30	$y = 389,3 - 80,8x + 11,8x^2$
Ca	0—10	$y = 1320,2 - 99,5x + 25,9x^2$
Ca	10—30	$y = 1513,5 - 298,1x + 58,1x^2$
Mg	0—10	$y = 168,9 + 45,3x - 7,3x^2$
Mg	10—30	$y = 204,4 + 8,8x - 1,6x^2$

Se observó que las tendencias a las dos profundidades de muestreo resultaron idénticas y que no hubo diferencias entre los diferentes puntos de muestreo, comportándose el pH de manera uniforme en todo el suelo alrededor de las plantas. Se vio también que las diferencias entre el testigo y los sitios en la vecindad de la planta fueron mínimas.

Un descenso hasta el octavo mes y un ascenso posterior se pudo observar tanto para los testigos como para el yucal, de tal manera que se cree que es más bien una reflexión de las condiciones climáticas que de la extracción de algunos nutrientes. De todas maneras el suelo del sitio experimental, un Typic Ustropept, tiene una alta capacidad tampón, lo que puede explicar la constancia del pH

*Resumen*

Se estudió la extracción de P, K, Ca y Mg de tres variedades de yuca de un suelo de la Estación Experimental Fabio Baudrit en la Meseta Central de Costa Rica con clima tropical (lluvioso y seco (Aw'i)). Se tomaron muestras de surcos y entresurcos y se les comparó con muestras testigos a 0-10 cm y 10-30 cm de profundidad. El experimento duró un año y se muestreó a los cero, cinco, ocho y doce meses.

Se observó una rápida disminución de P para los primeros cinco meses y una estabilización posterior, con una máxima absorción a 40 cm del tallo en entresurco.

En la capa superior hubo muy poco cambio de K pero de 10 a 30 cm se presentó un descenso de hasta ocho meses con un aumento posterior.

El Ca mantuvo un descenso inicial y un incremento final mientras que el Mg presentó pequeñas variaciones igual que el pH del suelo estudiado.

Las tres variedades estudiadas, 'Mangi', 'Valencia' y 'Bayuna Dulce', presentaron las mismas tendencias de extracción.

*Literatura citada*

1. ACOSTA, R y PEREZ, J. Abonamiento en yuca. Suelo Tico (Costa Rica), 7(31):300-309 1954.
2. AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT. Análisis regional de recursos físicos, Costa Rica. Washington, D. C. AID Resources Inv. Center, US Army Corps of Engineers, 1965.
3. HENDERSHOTI, C. H. *et al.* A literature review and research recommendations on cassava (*Manihot esculenta* Crantz). University of Georgia Research Rept. 1972. 326 p. (Mimeo).
4. MONTALDO, A. Cultivos de raíces y tubérculos tropicales. Lima, Editorial IICA. 1972. 284 p.
5. NORMANHA, E. S. y PEREIRA, A. S. Aspectos agronómicos de cultura de Mandioca (*Manihot utilissima* Pohl). Bragantia 10:179-202. 1950.
6. ——— y PEREIRA, A. S. Cultura de mandioca. Campinas, São Paulo, Instituto Agronomico, Boletim N° 124. 1964. 29 p.
7. ———, PEREIRA, A. S. y FREIRE, E. S. Modo o época de aplicação de adubos minerais em cultura de mandioca. Bragantia 27:143-154. 1968.
8. OELSLIGLE, D. D. Accumulation of dry matter, nitrogen, phosphorus and potassium in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Turrialba, 25:85-87. 1975.
9. OLSEN, S. R. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. Washington, D. C., U. S. Department of Agriculture. Circular N° 939. 1954. 19 p.
10. ORIOLI, G. A. *et al.* Acumulación en materia seca, N-P-K y Ca en *Manihot esculenta*. Bonplandia (Argentina) 2(13):175-182. 1967.
11. SAIZ DEL RIO, J. F. y BORNEMISZA, E. Análisis Químico de Suelos. IICA, Turrialba, 1962. 107 p.

# Acrocarpus fraxinifolius Wight, especie de rápido crecimiento inicial, buena forma y madera de usos múltiples\* —

J. I. WHITMORE, A. OTAROLA T.\*\*

## ABSTRACT

*Acrocarpus fraxinifolius*, a leguminous Asian tree offers many advantages for plantation programs in the humid tropics. Relatively little information is found in the literature regarding this species. Seven year old plantations in Turrialba (premontane wet forest) show trees of excellent form and growth, high volumes per ha, and desirable wood quality. More attention is warranted due to a dieback problem and a possible site sensitivity. — The authors.

### Introducción

A TRAVES del programa de mejoramiento de árboles forestales del Departamento de Ciencias Forestales del CATIE, se han introducido y probado más de 100 especies en los últimos 10 años. Las procedencias de estas especies incluyen varios países de África, Australia, Asia y América Latina. El propósito de este proyecto de introducción de especies fue seleccionar las más prometedoras para las condiciones de Turrialba (9)

Ahora, la fase de eliminación ha concluido, y la fase de trabajo intensivo sobre las especies mejores ha empezado. Entre estas especies mejores está *Acrocarpus fraxinifolius*. Este informe revisa lo que se sabe sobre esta especie e indica su comportamiento bajo condiciones de Turrialba hasta ahora.

*Descripción de la especie* (5, 6, 8, 10)

### Nombre botánico

*Acrocarpus fraxinifolius* Wight

### Familia

Caesalpiniaceae (Tribu: Eucaesalpiniaceae)

### Sinónimos

*A. combretifolius* T. et B., y *Megoneurum grande* Miq.

### Nombre común:

Mundani (India)

### Distribución natural.

India, Indonesia, Bangladesh y Birmania.

### Caracteres botánicos.

Árbol, 30-40 m de alto, hasta 50 m; DAP hasta 2-3 m; corteza delgada; hojas de hasta 1 m de longitud o mayores, alternas, bipinnadas, con 4 a 6 pares de pinnas, opuestas, más una pinna terminal; cada pinna con 6-8 pares de hojuelas, opuestas, elípticas o lanceoladas,  $\pm$  10 cm de largo; flores con racimos axilares, 15-30 cm de largo, con pétalos rojos, 6-10 mm de largo; estambres más largos y más conspicuos; frutos legumbres aplanadas, alados en un lado, 8-16 cm de largo y 1-2 cm de ancho; semillas 13-32/gramo

### Silvicultura

Mundani (*A. fraxinifolius*) es nativa en zonas de pluviosidad elevada (aunque en Kenia plantaciones de 4 años crecieron bien en una zona de 750 mm por año). En condiciones naturales se le encuentra de 700 a 1200 m s n m (6), pero en Zaire dio buen resultado a los

\* Recibido para la publicación el 22 de diciembre de 1975

\*\* Dasonomos, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Dirección actual de Otárola; Dirección General de Bosques y Fauna, Natalio Sánchez, 220-5er Piso, Lima 11, Perú.

2100 m. En Nigeria, en condiciones de sabanas (1270 mm/año), llegó a 6,1 m en 4 años, después se estancó y murió; en sabanas más húmedas creció 1,3 - 3,0 m/año, durante los primeros 7 años, después llegó a los 26 m en 23 años. Otra plantación sobre sabana en Nigeria llegó a una altura de 10,7 m y un DAP de 9,5 cm, promedios en 4 años (8). Es muy exigente a la luz y sensible a las heladas (3, 12). Zanoni (13) tuvo éxito en enraizar estacas de mundani.

Las plantaciones tienen que mantenerse libres de malezas hasta que la copa cierre para eliminarlas; pero el primer raleo debe hacerse en el 3er ó 4º año porque la copa tiene que liberarse para evitar estancamiento. Generalmente las plantaciones prosperan libres de plagas y enfermedades, excepto quizá por ataques de térmitas, aún en rodales jóvenes. Por lo general, el fuste es de muy buena forma (8). Mundani ha sido usado para plantaciones de enriquecimiento en Uganda, con bastante éxito (1100 - 1200 m de altura, 1300 - 2200 mm de lluvia), a pesar de la presencia de térmitas (7).

#### La madera

La madera es de gran utilidad, suficientemente dura pero fácil de labrar. En la India se usa para construcciones donde es apreciada por ser dura y fuerte. También sirve para muebles, cajas y pulpa de papel (6). El peso específico queda entre 0,58 - 0,68, la albura es blanca, el duramen es rojizo a café claro, y es susceptible a térmitas (10). Las fibras son 1,35 mm de largo y 31  $\mu$ m de diámetro (promedios), lo cual es muy típico para árboles de hoja ancha (2, 6).

Sharma *et al.* (11) indican que mundani pesa 690 kg por m<sup>3</sup> (12 por ciento contenido de humedad), y que se comporta bien en el secado.

#### Experiencia en Turrialba

##### Clima y suelo:

Las parcelas de ensayo están localizadas en dos sitios diferentes: Puente Cajón (Procedencia N° 3) y Florencia Sur (Procedencias 4, 5 y 6). El relieve en ambos es de llano a levemente ondulado. La altitud media sobre el nivel del mar es de 602 m; la temperatura media mensual es de 22,1°C. La precipitación media anual es de 2591 mm. En consecuencia el clima de acuerdo a la clasificación de Holdridge (4) corresponde al bosque muy húmedo premontano tropical.

Los suelos para los sitios son diferentes: en Puente Cajón los suelos corresponden a la Serie Juray' con drenaje generalmente moderado, salvo en las hondonadas donde el drenaje se torna imperfecto, con la presencia de moteaduras en el perfil. En Florencia Sur, los suelos corresponden a la serie La Margot, fase coluvial, presentando en su superficie piedras y fragmentos rocosos que cubren aproximadamente el 10 por ciento del área con drenaje de bueno a excesivo (1).

Cuadro 1.—Comportamiento de *Acrocarpus fraxinifolius* en Turrialba (bosque húmedo premontano según Holdridge). Datos sobre las plantaciones, su crecimiento total y anual, su factor mórfito, supervivencia y derecha de fuste. Evaluación según índice de comportamiento con base en cuatro indicadores del crecimiento.

Especie	Procedencia	Fecha y lugar de plantación	Promedio y límites de variabilidad <sup>1/</sup>		Volumen m <sup>3</sup> /ha	Promedio <sup>2/</sup>		Supervivencia %	Derecha de fustes <sup>3/</sup>	Índice de comporta- miento <sup>3/</sup>
			DAP (cm)	Altura (m)		Área basal m <sup>2</sup> /ha	Factor mórfito (f)			
<i>A. fraxini- folius</i>	N° 3 - India	Junio 1968 P. Cajón	10,67 ± 0,77 (1,52)	9,29 ± 0,53 (1,33)	63,75 (9,11)	11,75 (1,68)	0,53	50	100	4,00
<i>A. fraxini- folius</i>	N° 4 - India	Julio 1968 Florencia Sur	18,17 ± 1,44 (2,60)	16,17 ± 0,90 (2,51)	255,00 (36,43)	30,67 (4,38)	0,49	76	100	2,50
<i>A. fraxini- folius</i>	N° 5 - Kenia (Plantación)	Julio 1968 Florencia Sur	19,53 ± 1,64 (2,79)	18,19 ± 0,74 (2,60)	332,67 (47,52)	34,67 (4,95)	0,51	73	100	1,25
<i>A. fraxini- folius</i>	N° 6 - India	Julio 1968 Florencia Sur	19,78 ± 1,90 (2,83)	16,28 ± 1,08 (2,35)	220,67 (31,52)	24,67 (3,52)	0,52	51	96	2,25

1/ Promedios en parentesis indican aumentos anuales.

2/ Por ciento de árboles con fustes rectos.

3/ Menor valor indica mejor comportamiento.

*Evaluación de A. fraxinifolius a los 7 años (Cuadro 1)*

Comparativamente a las procedencias 4, 5 y 6, el desarrollo cuantitativo de la procedencia N° 3 es notoriamente inferior para las variables analizadas; demuestra un volumen de 63,8 m<sup>3</sup>/ha para esta primera edad, que definitivamente está por debajo de las otras procedencias que exhiben volúmenes impresionantes para la misma edad (332,7 m<sup>3</sup>/ha para la procedencia N° 5, por ejemplo). En igual forma es relevante su poca área basal (11,8 m<sup>2</sup>/ha) registrada, en contraste con valores de 30,7; 34,7 y 24,7 para las procedencias 4, 5 y 6 respectivamente. Lo mismo se puede decir para las variables independientes, DAP y altura, que son significativamente inferiores en la procedencia 3, comparando con las procedencias 4, 5 y 6.

Las procedencias 4, 5 y 6 demuestran un crecimiento bastante regular; la prueba de "t de Student" no arroja diferencias significativas entre estas procedencias en cuanto a variables independientes (DAP y altura). Parece que la superioridad de estas variables sobre las de la procedencia 3 se debe a factores del sitio, especialmente el drenaje moderado a imperfecto predominante en el sitio Puente Cajón, lo cual puede ser el factor limitante para el éxito en este caso.

Casi todos los árboles de todas las procedencias tienen los fustes rectos y limpios, características que silvícolamente son muy deseables, ya que amplían su margen de utilidad a nivel industrial. En este aspecto es similar, y aún aventaja, al laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz y Pav.) Oken).

Es notorio que algunos árboles sufren necrosamiento (muerte regresiva), originándose la lesión en el ápice del árbol y continuando regresivamente hacia la base. Este necrosamiento en su fase avanzada es complementado por un ataque intensivo de térmitas que definitivamente dan muerte al árbol. Aproximadamente el 5 por ciento del rodal está afectado.

Se ha practicado un análisis complementario utilizando cuatro estimadores del crecimiento (Volumen, Área Basal, DAP y Altura) con el expreso fin de comparar mediante un sólo número las procedencias. La expresión del comportamiento de una procedencia por una sola cantidad (promedio aritmético) es el llamado Índice de Comportamiento. Para conseguir este índice, las procedencias se van ordenando de acuerdo al orden de mérito que han alcanzado según la magnitud de la variable respectiva. Un índice más bajo corresponde a un mejor comportamiento de la especie al sitio. Para nuestro caso *A. fraxinifolius* procedencia 5 es la de mejor comportamiento; le siguen en orden de mérito las procedencias 6, 4 y finalmente 3 (Cuadro 1).

Una prueba de ocho muestras de madera de estas plantaciones indicó un peso específico promedio (peso seco/volumen verde) de  $0,62 \pm 0,03$ . A pesar de ser árboles de poca edad (7 años), tienen un peso específico que concuerda con lo encontrado por Sen-Sarma *et al.* (10).

*Conclusiones*

1. Considerando diámetro y altura, no hay diferencia significativa entre las procedencias 4, 5 y 6; la procedencia 3 es inferior a aquellas.
2. Los contenidos volumétricos y área basal de las procedencias 4, 5 y 6 son altamente superiores a los de la procedencia 3; la procedencia N° 5 alcanza 47,5 m<sup>3</sup>/ha/año.
3. Las cuatro procedencias tienen los árboles con fustes rectos y limpios; ésto hace posible que *A. fraxinifolius* tenga pocas restricciones en cuanto a su uso (madera aserrada, pulpa para papel).
4. La muerte regresiva detectada debe ser objeto de pronto estudio a fin de determinar la verdadera dimensión de este mal que definitivamente cuestiona su adaptabilidad a este medio.
5. Un análisis complementario tomando en consideración cuatro indicadores del crecimiento y expresado como Índice de Comportamiento demuestra que: *A. fraxinifolius* procedencia 5, tiene mejor comportamiento, seguido de procedencias 6, 4 y finalmente 3, en sentido decreciente.
6. La madera producida en estas plantaciones jóvenes demuestra un peso específico de 0,62, normal para la especie.

*Literatura citada*

1. AGUIRRE ASIE, V. Estudios de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag Sc Turrialba, Costa Rica IICA 1971. 139 p.
2. BROWN, H. P., PANSHIN, A. J. y FORSAITH, C. C. Textbook of Wood Technology Volume I. New York, McGraw-Hill 1949. 652 p.
3. GRIFFITH, A. I. Snowfall in Dehra Dun. Indian Forester 71:117-8. 1945.
4. HOLDRIDGE, L. R. Life Zone Ecology. San José, Costa Rica. Tropical Science Center. 1967. 206 p.
5. ——— y POVEDA, L. A. Árboles de Costa Rica. Vol. I. San José, Costa Rica. Centro Científico Tropical 1975. 546 p.
6. ISTAS, J. R. *et al.* Caractères généraux des bois feuillus du Congo Belge en relation avec leur utilisation dans l'industrie de pâtes a papier. Publication INEAC, Congo Belge (Série Technique) N° 43. 1954. 121 p.
7. KRIEK, W. Preliminary report on under-planting trials in tropical high forest. Technical Note, Forestry Department of Uganda N° 158/68. 1968.



- 8 LAURIE, M. V. Prácticas de plantación de árboles en la sabana africana. Roma. FAO. Cuadernos de Fomento Forestal N° 19. 1975. 203 p.
- 9 OTAROLA, A. y ROSERO, P. Ensayo de especies forestales en Turrialba, Costa Rica (en preparación). 1976.
- 10 SEN-SARMA, P. K. *et al.* Studies on the natural resistance of timbers to termite attack. VI. Laboratory evaluation of the resistance of Mundani, Amjan and Banti to *Microcerotermes beasoni* Snyder (Insecta: Ipsotera: Amitermitinae). Indian Forester 96(1): 75-84. 1970.
- 11 SHARMA, S. N. *et al.* A solar timber seasoning kiln. Journal of the Timber Development Association of India 18(2):10-26. 1972.
- 12 TROUP, R. S. Exotic forest trees in the British Empire. Oxford. Clarendon Press. 1932. 259 p.
- 13 ZANONI, C. Propagación vegetativa por estacas de ocho especies forestales. Tesis, Mag. Sc. Universidad de Costa Rica - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba. 1975. 100 p.

# Comunicaciones

## Purification of the whitefly-transmitted Bean Golden Mosaic Virus

**Sumario.** El virus del mosaico dorado del frijol es transmitido por la mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn.) y es un virus no transportado por la semilla. En este estudio se encontró que su punto de inactivación termal fue de 55°C, su punto final de dilución de 1:100, y su longevidad *in vitro* de 48 horas, la máxima estudiada. El virus fue estable en fosfato, 0.1M, desde pH 4.5 hasta 9; con la adición de reductores y quelatos la estabilidad del virus aumentó levemente.

Para su aislamiento, 30 g de hojas infectadas con BGMV se homogenizaron en 30 ml de fosfato, 0.1M, pH 7.5 más 1 por ciento de 2-mercaptoethanol. Este supernadante se clarificó con 7 por ciento de n-Butanol con agitación constante por 1 hr. La fase acuosa se separó a 10 000 rpm, por 15 min para luego someterla a 2 ciclos de 6 por ciento PEG-6000 más 1 por ciento NaCl con agitación constante por 1 hr cada ciclo. El precipitado se resuspendió en 2.3 ml del tampón, los cuales se centrifugaron a 24.000 rpm por 240 min en columnas de gradientes de sucrosa, las cuales se prepararon flotando 4, 7, 7, y 7 ml de una solución preparada con 100, 200, 300 y 400 mg de sucrosa por ml de tampón, respectivamente. El densitómetro ISCO, utilizando su mayor sensibilidad, registró a 254 nm un componente diferente en el extracto enfermo, el cual contenía partículas polihédricas unidas en dímeros de 30 x 19 nm de diámetro, y, fue infectivo únicamente cuando las partículas estaban unidas en esta forma. Cuando se separaron en partículas individuales con EDTA, 0.1M, pH 7.5, perdieron su poder infectivo. Por lo tanto, se postula que las partículas en dímeros corresponden al virus del BGMV. La transmisibilidad de este virus purificado por las moscas blancas queda por demostrarse.

Bean Golden Mosaic Virus (BGMV) causes a serious disease on beans (*Phaseolus vulgaris* L.), which limits their production in the tropics (2, 7, 8). Although 5,000 bean cultivars have been tested for resistance to the disease, only 'Turrialba 1' and 'Porrillo 1'

have shown partial tolerance to it (6, 8). The disease is transmitted by the whitefly, *Bemisia tabaci* Genn (2, 7, 8); it is not seed-borne (8, 10). Recent attempts to transmit the causal agent mechanically from one bean plant to another were partially successful under special temperature conditions (3, 9).

Several attempts have been made to isolate whitefly-transmitted viruses. Tobacco leaf curl virus was first reported by Sharp and Wolf (11) as rod shaped, but later the same authors described it as a soft, spherical particle about 39 nm in diameter (12). Recently, Bird *et al.* (1) found spherical particles (30 nm) in ultrathin sections and in the low-speed (5,000 rpm) supernatant of crude *Datura stramonium* L. sap affected with Euphorbia mosaic. These particles were not present in healthy plants. Bock (personal communication) has been able to isolate a rod-shaped virus from a whitefly-transmitted disease of sweet potatoes in East Africa.

This report describes the purification of BGMV and some of its biological properties. Two BGMV isolates were used: one obtained from El Espinal, Colombia and the other from Santa Tecla, El Salvador. Mechanical transmission in the greenhouse (av. 25°C) was low at the beginning. The susceptible cultivars 'ICA-Guali' and 'Red Kidney' were used as test plants, as well as sources of the virus.

Inoculation and purification studies used sodium or potassium phosphate buffer, 0.1 M, pH 7.5 plus 1 per cent 2-mercaptoethanol. The plants were inoculated in both primary leaves, which had been previously dusted with 600-mesh carborundum. The inoculum was obtained from infected leaves of plants that had been inoculated 15 - 20 days before.

Among phosphate, EDTA, Tris. HCl, borate, and hepes buffers at 0.1 M, pH 7.5 with 1 per cent 2-mercaptoethanol, the best were phosphate and hepes, respectively. The virus was highly stable in phosphate buffer, 0.1 M, at pH's ranging from 4.5 up to 9.0; 25 per cent and 90 per cent infectivity, respectively were obtained. The molarity of the buffer was most critical at 0.1 M in a range tested between 1 M and 0.01 M. The use of reducing or chelating agents had little effect on the stability of the virus.

## PURIFICATION OF BEAN GOLDEN MOSAIC VIRUS

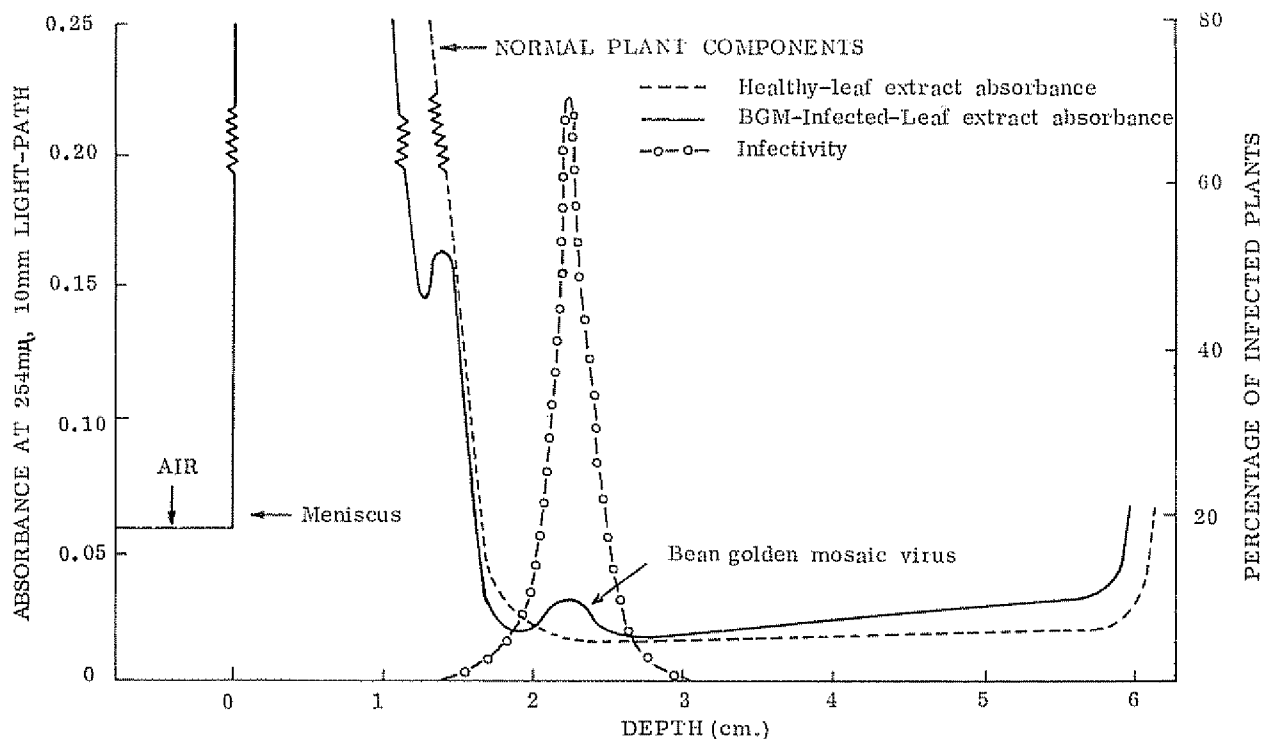


Fig. 1—The virus was purified by clarification with 7 per cent *n*-butanol, and PEG-NaCl precipitation, at 6 per cent and 1 per cent, respectively. The pellet was resuspended in the buffer phosphate, 0.1 M, pH 7.5 plus 1 per cent 2-mercaptoethanol, and after a low speed centrifugation (10,000 g for 15 min), 2 ml were layered on sucrose density-gradient columns. They were centrifuged at 60,000 g for 4 h in a Spinco 251 rotor,

and analyzed in an ISCO densitometer using its highest sensitive range (0.1 - 0.25), and a 10-mm light path cell. The peaks were collected and used to determine infectivity and particle structure. Note that there was not a peak present when healthy material was used as well as infectivity was not obtained when aliquots taken at the same depth of the peak were inoculated.

The highest virus concentration was detected 15 - 20 days after inoculation and dropped dramatically 40 days after inoculation.

Some biological properties were determined using 15 - 20 day inoculum. The inoculum was extracted 1:1 (w/v) in the buffer and then treated. A thermal death point of 55°C, a dilution end point of  $10^{-1}$  (in only one instance  $10^{-2}$ ) were obtained. The aging *in vitro* at room temperature was as long as 48 h, the maximum time tested, when 3 - 20 per cent of the plants showed symptoms.

A Sorvall omnimixer was used to homogenize 60 g of infected leaves at 6,000 rpm at 4°C for 45 - 60 s in 60-ml potassium phosphate, 0.1 M, pH 7.5, 1 per cent 2-mercaptoethanol. The supernatant after 10,000 g for 15 min was treated with 7 per cent *n*-butanol (v/v) and stirred continuously for 1 h. The phase containing the virus was separated by centrifugation at 10,000 g for 15 min. Baker polyethylene glycol 6000 (PEG) and NaCl were added with stirring to the clarified extract to give a concentration of 6 and 1 per cent, respectively. The mixture was stirred for 1 h, and the virus was precipitated by low-speed centrifugation (10,000 g for 15 min). The pellet was resuspended in the buffer

and recentrifuged at a low speed; the supernatant was given another cycle of PEG-NaCl treatment. The pellet was resuspended and homogenized in 2.3 ml of buffer; and after a low-speed clarification, 2 ml were layered on sucrose density-gradient columns, which were prepared by layering 4, 7, 7 and 7 ml of 100, 200, 300 and 400 mg of sucrose per ml of buffer, respectively. The columns were used after standing overnight at 4°C; they were centrifuged at 60,000 g for 4 h in a Spinco SW 251 rotor. The gradients were then analyzed and fractionated with an ISCO density-gradient fractionator attached to an ultraviolet analyzer (254 nm), using its highest sensitive range (0.1 - 0.25) and a 10-mm light path cell. The peaks were collected and used to determine infectivity and particle characteristics.

The presence of a component not found in healthy extracts is shown in Fig. 1. The peak was at 2.3 cm from the meniscus and contained the causal agent of the Bean Golden Mosaic disease as shown by repeated infectivity assays. Samples from healthy extracts taken at this same depth did not show any infectivity (Fig. 1). A sample of this component was concentrated by centrifugation at 250,900 g for 1 h. The pellet was fixed for 30 min with neutral 2 per cent formaldehyde and then

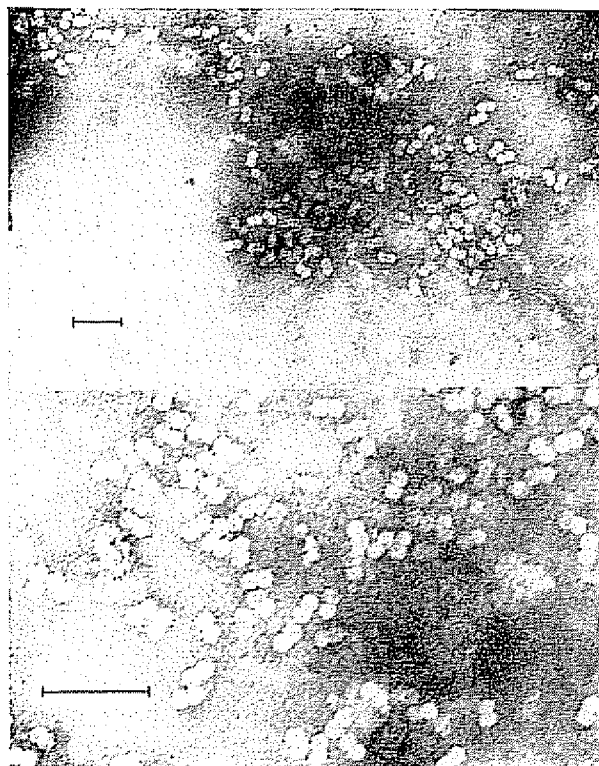


Fig. 2.—Electron micrographs of BGMV stained with 3 per cent uranyl acetate plus 0.05 per cent bovine serum albumen. Both represent virus that were banded in sucrose density-gradient columns, and then concentrated by centrifugation at 250 900 g for 1 h. The pellet was fixed for 30 min with neutral 2 per cent formaldehyde and then resuspended in 1 per cent Formvar-coated copper grids. Note the numerous paired particles (a relation of 10 to 0.1 were counted). The bonded side of these paired particles had a flattened appearance. They are about 32 x 19 nm, and this bonded particle corresponds actually to the Bean Golden Mosaic Virus structure. The bar in both pictures represents 100 nm.

resuspended in 1 per cent ammonium acetate. Droplets of this suspension were placed on Formvar-coated copper grids and stained with 3 per cent uranyl acetate, 2 per cent PTA, pH 6.8, or 3 per cent ammonium molybdate. The preparation were then examined in a JEM 7A electron microscope. Numerous paired particles were observed (Fig. 2). The bonded side of these paired particles had a flattened appearance. Almost no single particles were seen (100:1). The bonded particle measured about 32 x 19 nm and the single one 15 - 20 nm. The bonded particle is easily dissociated by EDTA, 0.1 M, pH 7.5, losing its infectivity almost completely. It is postulated that the bonded particle is the Bean Golden Mosaic Virus. Its transmissibility by the white flies remains to be demonstrated.

Similar structures are found in maize streak virus, (4, 5) as well as cassava brown streak (5), beet curly top (5) and bean summer death (5). These viruses are leafhopper-borne except for cassava brown streak, whose vector is still unknown. A virus affecting the fungus

*Nemospiza crassa* also has a similar morphological structure (Bozarth, personal communication). This unique morphological structure would suggest that these viruses might form a new group. The interesting dimer structure of the particles raises the question of whether each segment carries the complete genetic information for replication and infectivity or whether each segment of the bonded structure contains only part of the complete genetic code. If the paired particle is not the virus, can the single particle, which would be one of the smallest virus particle known (15 - 18 nm), contain all this genetic information in itself?

We thank Dr. Julio E. Ospina and his associates for letting us the use the JEM 7A microscope, Instituto Nacional Cancerología, Bogotá, Colombia, and Dr. Elliot Kitajima, Univ. Brasilia, Brasil, for taking some of the BGMV electronmicrographs. Likewise to Miss Angela Tascón for her technical assistance.

November 17th, 1975.

GUILLERMO E. GALVEZ E.  
MAURICIO CASTAÑO J.  
CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL  
CALI, COLOMBIA

#### REFERENCES

- BIRD, J. *et al.* Mosaico de *Euphorbia pruriifolia* Jacq. en Puerto Rico, transmisión, hospederas y etiología. Memorias de la XXI Reunión Anual del PCCMCA. San Salvador. 1975. pp. 233-234.
- *et al.* A whitefly-transmitted golden-yellow mosaic virus of *Phaseolus lunatus* in Puerto Rico. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 56:64-71. 1972.
- , SANCHEZ, JOSEFINA, RODRIGUEZ, RITA L. and JULIA, F. J. Rugaceous (whitefly-transmitted) viruses in Puerto Rico. In Bird, J. and Maramorosch, K., eds. Tropical diseases of legumes. New York, Academic Press, 1975. pp.
- BOCK, K. R., GUTHRIE, E. J. and WOODS, R. D. Purification of maize streak virus and its relationship to viruses associated with streak diseases of sugar cane and *Panicum maximum*. Annals of Applied Biology 77:289-296. 1974.
- . Maize streak, cassava latent and similar viruses. 3rd Intl. Congress Virology (Abstracts), Madrid, 10-17 Sept. 1975. p. 93.
- CIAT. Annual Report 1973:181-190. 1973.
- COSTA, A. S. Three Whitefly-transmitted virus diseases of beans in São Paulo, Brazil. FAO Plant Protection Bulletin 13:1-12. 1965.
- GAMEZ, R. Los virus del frijol en Centroamérica. I. Transmisión por moscas blancas (*Bemisia tabaci* Gen.) y plantas hospedantes del virus del mosaico dorado. Turrialba 21:(1): 22-27. 1971.
- MEINERS, J. P., LAWSON, R. H., SMITH, F. F. and DIAZ, A. J. Mechanical transmission of a whitefly-borne disease agent of beans in El Salvador. Phytopathology 63:803-804. 1973.
- PIERRE, R. E. Observations on the golden mosaic of beans (*Phaseolus vulgaris*) in Jamaica. In Bird, J. and Maramorosch, K., eds. Tropical diseases of legumes. New York, Academic Press, 1975. pp.
- SHARP, D. G. and WOLF, F. A. The virus of tobacco leaf-curl. Phytopathology 39:225-230. 1949.
- and WOLF, F. A. The virus of tobacco leaf-curl. II. Phytopathology 41:94-98. 1951.

## Light interception efficiency in contrasting sorghums

**Sumario.** La intercepción de luz en Bangalore, India, fue mayor en sorgos enanos que en altos, en densidades altas de población que en bajas, en sembríos triangulares y cuadrados que en los rectangulares. El sembrío triangular fue menos interceptor de luz en altas densidades de población en el sorgo enano. Una fórmula se propone para evaluar el índice de eficiencia de intercepción de luz del dosel del plantel, expresado en rendimiento biológico o en grano en relación con el por ciento de luz interceptada.

Light interception and utilization assumes great importance in view of the fact that it is one of the natural inputs which could be harnessed properly for maximizing agricultural production without involving much cost. It has been rightly suggested that there is a possibility of increasing growth rate of crops by using reflectors and other auxiliary heat collectors (6). Nevertheless, many studies have proved that light interception efficiency of crops could be increased by evolving proper canopy arrangements through using right genotypes, populations and varying the planting patterns, etc (1, 2, 4, 7). However, still there is need to explore such possibilities in sorghum. An attempt has been made in this communication to evaluate the light interception efficiency of the canopies of a dwarf and tall sorghum hybrids raised under different populations and stand geometries.

Sorghum hybrids 'CSH-3' (105 cm) and 'Kovilpatti Tall' (220 cm) were grown under two populations, 1.33 and 2.67 x 10<sup>5</sup> plants per hectare with rectangular, square and triangular planting patterns at Agricultural college farm, Dharwar, India. Twelve treatment combinations were replicated four times in a randomised block design. Regular cultural operations were carried out to raise the crop. Light observations were taken in the canopy of a 60-day old crop, when all the leaves on the plants had fully emerged. The integrated light values were obtained following Friend (3) with suitable modifications. Ozalid paper booklets were exposed to the sun through black paper covers provided with 4 holes, by placing them beneath the crop canopy. The booklets were developed after exposure in vapours of ammonium hydroxide. The ratio of light reaching the ground through the canopy to the light received above the canopy was worked out based on the number of sheets of the booklet bleached after exposing beneath and above the canopy. The ratio has been expressed as the percentage of light intercepted by the canopy.

A new expression was formulated for evaluating the light interception efficiency of the canopy in producing grain and biological yield. This new parameter, viz, Light Interception Efficiency Index (E) indicates the effect of differences in two planting or canopy arrangements, in terms of grain or biological yield in relation to percentage of light intercepted. This was worked out using the formula:

$$E = \frac{Y_b - Y_a}{L} \times 100$$

where  $Y_a$  and  $Y_b$  are yield values for normal and varied planting patterns, respectively and  $L$  is the per cent light intercepted by the canopy of the planting pattern for which  $E$  is being worked out.

In general, the canopy of hybrid 'CSH-3' intercepted more light (41 per cent) than that of 'Kovilpatti Tall' (31 per cent). This may be because of the shorter internodes in 'CSH-3' which facilitated closer arrangement of leaves than in 'Kovilpatti Tall'. The population at 2.67 x 10<sup>5</sup> per ha resulted in interception of more light (41 per cent) than 1.33 x 10<sup>5</sup> per ha (31 per cent). Bowers *et al.* (1) have also suggested variation in radiant energy reaching the ground through sorghum canopy of different populations. Among the stand geometries, square and triangular (42 and 36 per cent, respectively) were more efficient in light interception as compared to rectangular pattern (33 per cent). In 'CSH-3', with 1.33 x 10<sup>5</sup> plants per ha, square and triangular plantings enabled better light interception by the canopy while with 2.67 x 10<sup>5</sup> plants per ha rectangular and square plantings were more efficient (Table 1). In 'Kovilpatti Tall', square planting was more advantageous than rectangular and triangular plantings under lower population, whereas under higher population both square and triangular plantings intercepted more light from reaching the ground.

The efficiencies of the crop canopy of square and triangular plantings in producing both grain as well as biological yields as related to their respective light intercepting ability was compared to those of rectangular planting by light interception efficiency index. Higher efficiency was indicated in 'CSH-3' at lower population wherein triangular planting was more favourable than square (Table 2). However, at higher population square planting attained greater efficiency than triangular pattern. Probably the canopies of the crop with square and triangular plantings provided better disposition of the foliage in order to trap more light and utilize it for

Table 1.—Percentage light intercepted by the canopy of sorghum hybrids under different populations and stand geometries.

Stand geometries	CSH-3		Kovilpatti Tall	
	P1 33	P2 67	P1 33	P2 67
Rectangular	31.25	50.00	25.00	25.00
Square	37.50	50.00	31.25	43.75
Triangular	37.50	43.75	25.00	31.25

P1 33 and P2 67 are plant populations in lakhs per ha

Table 2.—Light interception efficiency indices of square and triangular stand geometries as compared to rectangular pattern.

Stand geometries	CSH-3		Kovilpatti Tall	
	P1 33	P2 67	P1 33	P2 67
Square	0.1131(0.192)*	0.104(0.042)	-0.923(-0.030)	-0.475(-0.130)
Triangular	0.305(0.263)	0.024(0.057)	-1.396(-0.312)	-0.529(-0.242)

1/ Light interception efficiency indices for grain yield.

\* Figures in parenthesis indicate light interception efficiency indices for biological yield.

producing photosynthates. The light interception efficiency with regard to biological yield was also favoured by triangular and square plantings at lower population and by square planting at higher population. With 'Kovilpatti Tall', the light interception efficiency indices under square and triangular plantings attained negative values indicating the superiority of the rectangular planting. This may be due to the stature of this tall hybrid the performance of which is probably governed by the inter-plant competition and other factors apart from the light interception and distribution in the canopy.

Although the study provides some basic information on the relative light interception efficiency of sorghum canopies of different structure, it is suggested that this expression (E) becomes more useful when the light interception observations are made at different stages of the crop growth and also at different heights within the canopy. Also, the light interception values in the present study are to be viewed relatively, as the absolute figures would be much higher.

#### Acknowledgement

Authors are thankful to Dr. K. Krishnamurthy, Professor of Agronomy, and Dr. S. V. Patil, Director of Instruction (PGS), University of Agricultural Sciences, for facilities and encouragement.

March 25, 1976

G. RAGHUNATHA  
M. K. JAGANNATH  
AGRONOMY DEPARTMENT  
UNIVERSITY OF AGRICULTURAL SCIENCES  
HEBBAL, BANGALORE 560024  
INDIA

#### REFERENCES

1. BOWERS, S. A., HANKS, R. J. and STICKLER, F. C. Distribution of net radiation within sorghum plots. *Agronomy Journal* 55:204-205. 1963
2. DENMEAD, O. T., FRIEFSCH, I. J. and SHAW, R. H. Spatial distribution of net radiation in corn field. *Agronomy Journal* 54:505-510. 1962
3. FRIEND, D. T. C. A simple method of measuring integrated light values in the field. *Ecology* 42(3):577-580. 1960.

4. SAKAMOTO, C. M. and SHAW, R. H. Light distribution in the field soybean canopies. *Agronomy Journal* 59(1):7-9. 1967.
5. SHAW, R. H. and WEBER, C. R. Effect of canopy arrangement on light interception and yield of soybeans. *Agronomy Journal* 59:155-159. 1967.
6. UTILIZATION OF solar energy. *Current Science* 25(7):209-212. 1956.
7. YAO, A. Y. M. and SHAW, R. H. Effect of plant population and planting pattern of corn on the distribution of net radiation. *Agronomy Journal* 56(2):165-169. 1964.

## Numerical characterization of the development of the bean plant (*Phaseolus vulgaris* L.)

**Sumario.** El desarrollo completo de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) se divide en ocho fases (I a VIII) que se pueden identificar a simple vista. El propósito de esta división es permitir una descripción objetiva para trabajos experimentales, independientemente del genotipo y del ambiente.

#### Introduction

In many experiments with beans, for instance in screening resistant genotypes through artificial inoculation, a bean scientist may have to closely follow the sequential stages of the ontogeny of bean plants, to intervene at the particular stage which he thinks most convenient for obtaining his objectives. In studying the effect of TIBA application on yield and protein content of *Phaseolus vulgaris* and *Vigna sinensis* cultivars, Rocabado and Pinchinat (1) have used the symbols  $E_1$  and  $E_2$  to designate respectively the first and third fully developed trifoliate leaf,  $E_3$  for the first fully developed flower, and the symbol  $E_4$  meaning 6-7 days after  $E_3$ . Unfortunately in many papers on dry bean mention is often made only of time of intervention, as in the following sentence picked up at random from bean literature "the treatments studied were one foliar application 10 days and two foliar applications 10 and 20 days after the emergence of the bean plants". Or else no mention at all is made, either of stage or of time, as in the following sentence: "groups of three plants, each one in

a separate container, were inoculated according to the techniques established by . . .

The development of a bean plant may be considered as a sequential switch on and off of genes in a given environment. Saying that a particular intervention is made when the first trifoliate leaf is fully expanded, clearly indicates what genes are actually working or inactivated. At the same time a genotype and environment-independent description of the material is made. In wheat, such a description has been made possible by a numerical characterization of the development of the plant. Proposed in this note is a simple method to numerically characterize the ontogeny of a normal bean plant, illustrating the determinate growth habit.

#### Method

The method consists of identifying eight growth stages, as follows:

- Stage I : the dry bean seed, containing about 13 per cent moisture (Fig. 1a).
- Stage II : or "knee-stage": the seedling has pushed up through the soil, the seed leaves still enclose the primary leaves and the hypocotyl presents the characteristic curving. The seedling is said to be kneed (Fig. 1b).
- Stage III : the primary leaves are fully expanded (usually horizontal), the stem has elongated and the cotyledons, if still present, are drying up (Fig. 1c).
- Stage IV : this stage is subdivided into sub-stages IV-1, IV-2, IV-3 and so on, with the arabic figures referring to the first, second, third . . . , fully unfolded trifoliate leaf (Fig. 1d).
- Stage V : the first flower buds are appearing (Fig. 1e).
- Stage VI : or "needle-stage": pods are forming. Since some portion of the style will remain as a filament at the end of the pod, this stage is called "needle" (Fig. 1f).
- Stage VII : the pods are drying.
- Stage VIII: or "harvest-stage": nearly all pods have dried. Beans are usually harvested at this stage.

#### Discussion

The proposed method is simple (a technical assistant will not have any difficulty in identifying a particular stage), objective (the identification is based upon clear-cut features of the ontogeny of the bean plant) and unambiguous (no two stages can be confused). Consider, for instance, stage V. Additional trifoliate leaves may be developing at the same time as flowers, but by definition the plant is in stage V and not in stage

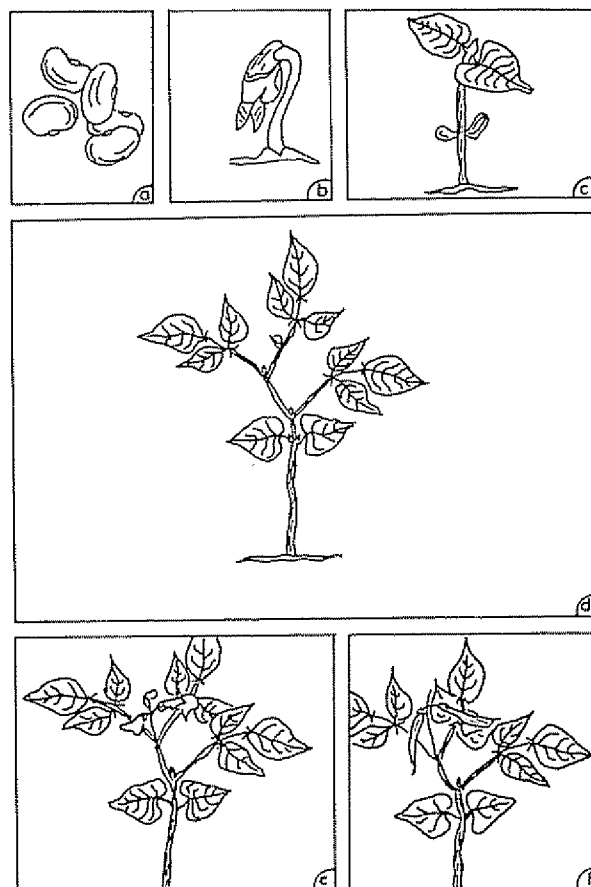


Fig. 1—Some stages of the development of a bean plant: a. Stage I: the dry bean seed with about 13 per cent of moisture; b. Stage II: the "knee-stage"; c. Stage III: the primary leaves are fully expanded; d. Stage IV: the third trifoliate leaf is fully unfolded; e. Stage V: the first flower buds are appearing; f. Stage VI: the "needle-stage".

IV-5 for example. Moreover, additional flower buds may appear when pods are drying. In this case, the plant is in stage VII and not in stage V. Established in that way the method can also be used without any change for other bean growth habits, like indeterminate climbing.

The advantages of the method are evident. Bean scientist can describe bean growth stages independently of genotypes and environments. A better comparison of scientific results is allowed and long-word description are avoided.

March 1976.

ARIEL AZAEL  
PLANT CYTOGENETICIST  
SECTION FOR GENETICS AND BIOMETRY  
DEPARTMENT OF AGRICULTURE  
HAITI

#### REFERENCES

1. ROCABADO, J. E. and PINCHINAI, A. M. Rendimiento y contenido proteínico de grano en frijoles común y costeño tratados con TIBA. Turrialba 25(1):72-78. 1975.

## Reseña de Libros

BORNEMISZA, E y ALVARADO, A, eds Manejo de suelos en América Tropical. Raleigh, N. C., University Consortium on Soils of the Tropics, 1975. 582 p.

Este libro nos presenta los trabajos expuestos en el Seminario sobre el Manejo de Suelos y el Proceso de desarrollo en América Tropical, celebrado en el Centro Internacional de Agricultura Tropical, en 1974, y a través de sus secciones nos da una visión actual y bastante profunda de la situación de los estudios de suelos en esta región de América.

El libro está dividido en siete secciones que abarcan aspectos diversos tanto teóricos como prácticos y esta orientación es, a mi manera de ver uno de los mayores aportes que nos trae. En efecto, la primera sección de Caracterización y Clasificación de Suelos contiene por ejemplo artículos específicos sobre suelos del Brasil, Perú, Colombia y Bolivia, junto con un trabajo de comparación de sistemas de clasificación y otro sobre la clasificación de suelos en base a su fertilidad.

La segunda sección - Relaciones suelo- Planta - agua, nos muestra estudios realizados en este aspecto con relación tanto a suelos diversos (oxisoles, suelos de cenizas volcánicas), como a cultivos específicos. Además, incluye un trabajo muy útil sobre el manejo del agua en la finca.

Las dos secciones siguientes se refieren a las fuentes y uso del nitrógeno y al manejo de suelos ácidos, dos asuntos importantes en la región tropical de América y contienen trabajos especialmente de aplicación práctica a regiones o a cultivos, lo que da una clara idea del adelanto alcanzado en estos últimos años en la investigación de temas tan importantes.

La quinta sección que sirvió posiblemente de base al seminario, se refiere a los sistemas de manejo de suelos y discute temas muy interesantes sea básicos, como las relaciones entre la mineralogía y el manejo de suelos en la América Latina, sea de aplicación como el manejo de praderas de leguminosas y gramíneas en un ecosistema de Selva Lluviosa Tropical en el Perú, o las propiedades que influyen en el manejo de los oxisoles en ecosistemas de sabana.

La sexta sección se refiere a la evaluación de la fertilidad del suelo y como se puede deducir del título, en ella se encuentran artículos de interés práctico como el de A. H. Hunter, sobre nuevas técnicas y equipo para procedimientos analíticos de rutina de suelos y plantas, o el empleo correcto de fertilizantes en cultivos perennes y anuales en el Ecuador.

La última sección es también muy importante pues allí se exponen diversas ideas con respecto a la coordinación de las labores, tanto entre los edafólogos como entre los servicios dedicados al estudio y utilización del recurso suelo, que según se observa, ya no es tan olvidado en nuestro medio.

En resumen, se trata de una contribución utilísima que nos hace el consorcio de Universidades para el estudio de los suelos de regiones tropicales, más aún si consideramos la diversidad de aspectos que abarca, todos de mucha actualidad. Además, la presentación es buena y hay corrección en el idioma, siendo esto importante pues algunos artículos son traducidos del inglés.

FAUSTO MALDONADO  
PROGRAMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA  
REGION SUR DEL ECUADOR  
QUITO, ECUADOR

MESSIAEN, C M Le potager tropical. 3. Cultures spéciales. Paris. Agence de coopération culturelle et technique. 1975. 567 p.

Ce troisième et dernier volume du potager tropical ferme la collection sur les cultures maraichères présentée dans la série Agronomie Tropicale de l'agence de coopération culturelle et technique pour les pays de langue française. L'information sur le dernier groupe des cultures spéciales se concentre dans six nouveaux chapitres qui suivent la pagination du premier et du second volume.

Le volume en question traite principalement des épiphytes tropicaux, des plantes à tubercules, des malvacées



marachères et des espèces du genre *Allium*. Les sous-titres de chapitre concernent généralement l'intérêt diététique, la description botanique, les maladies et ennemis, les variétés et modes de culture et les usages ou modes de sélection des espèces étudiées.

L'ouvrage se termine par une brève réflexion sur les conditions de conservation des produits marachères en climat tropical, une liste des instituts, centres ou stations de recherche qui s'intéressent aux cultures marachères et un index alphabétique des trois volumes. Une présentation soignée permet une lecture agréable et facile bien que certaines références citées au cours de l'exposé n'apparaissent pas dans la bibliographie présentée à la fin de l'ouvrage. De nombreux diagrammes facilitent l'observation immédiate des espèces étudiées. L'auteur se réfère principalement aux Antilles pour situer ses exemples pratiques dans un cadre tropical. Mais cela affecte peu l'orientation et la valeur de l'ouvrage.

ANDRE VICTOR  
CATIE  
TURRIALBA, COSTA RICA

---

McCULLOUGH, M. E. Optimum feeding of dairy animals for meat and milk. 2nd ed. Athens, University of Georgia Press, 1973. 200 p. \$4.95.

Lo que al inicio aparentaba ser un libro con el trazo de un texto elemental en nutrición de vacas lecheras, se tornó para agradable sorpresa del crítico, en una obra que aporta valiosas ideas y enfoques hacia la solución de los problemas inherentes a la alimentación de bovinos.

El primer capítulo trata del desarrollo histórico de la ganadería en los Estados Unidos. Aunque es ameno, el libro podría haber mantenido, o aumentado, su valor técnico con la exclusión o condensación de este capítulo. Causa cierto deslíz de la atención la presencia de errores tipográficos que continúan en el resto del libro.

El segundo capítulo ofrece una excelente exposición de ciertos principios que un estudiante de nutrición debe dominar. Sin embargo, la segunda parte de este capítulo peca de sobresimplificación del concepto de sistemas de alimentación y falla en explicar ciertos principios como las relaciones biológicas entre parámetros alimenticios y la producción de leche.

Desafortunadamente el autor titula el capítulo tres "Alimentos - Las herramientas de la nutrición". Debería cambiarse a "Ensilajes - la única manera eficiente de conservar forrajes". Esta observación sirve para dar idea del tema cubierto y el grado en que fue tratado.

La máxima expresión técnico-literaria se encuentra en el siguiente capítulo intitulado "El rumen y su uso en la Nutrición". No solamente el lenguaje es claro, directo y altamente motivador, sino que también las gráficas y cuadros seleccionados son altamente ilustrativos. Esto contrasta con el capítulo siguiente en que el tema (Combinación de la fisiología y nutrición para el crecimiento y engorde) se desarrolla con cierta superficialidad. Las recomendaciones que el autor hace no

cuentan con apoyo de literatura y algunas expresiones como "los problemas nutricionales en la cría de terneros de reemplazo son relativamente simples" son claramente rebatibles. En suma, en este capítulo se perdió la oportunidad de establecer lo que su título implica, relaciones entre la fisiología y la nutrición. Este es el punto más criticable del libro.

En los siguientes capítulos 6, 7, 8 y 9 el libro vuelve a alcanzar un plano de excelencia, aún en el referente a manejo de alimentos (Capítulo 7), en el que el concepto de análisis económico empleado podría fácilmente ser criticado duramente. La ligera superficialidad en el tratamiento que el autor da a los temas cubiertos en estos últimos cuatro capítulos permite que un estudiante que se esté iniciando en el campo de nutrición logre una comprensión adecuada de los conceptos expuestos. Lo más sobresaliente quizás sea el último capítulo (principios de la producción de carne) el cual, aunque breve, logra su cometido con mucho éxito y avanza el concepto de que la mayor eficiencia en la producción de carne se logra con altas ganancias de peso, pues reduce el tiempo de permanencia del animal y por lo tanto los gastos en mantenimiento del mismo. Consideración aparte debe darse al Capítulo 8 (programación lineal), el cual es muy completo y detallado, especialmente si se combina con el Apéndice que versa sobre el mismo tema.

En conclusión, la obra del Dr. McCullough es recomendable para estudiantes de zootecnia y nutrición por lo novedoso de su enfoque, por el tratamiento sistemático de los tópicos y por su carácter altamente motivador. Las advertencias se refieren a las observaciones enunciadas previamente y a la inaplicabilidad de algunas funciones y recomendaciones a la situación ganadera latinoamericana.

MANUEL E. RUIZ  
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE)  
TURRIALBA, COSTA RICA

---

NENE, Y. I. Fungicides in plant disease control. New Delhi, Oxford & IBH, 1971. 386 p. Rs 20.000

Este libro trata de como controlar las enfermedades de plantas en la India. Sin embargo, muchas de las enfermedades y hospedantes mencionados se encuentran en las zonas tropicales americanas, y por tal razón el libro puede ser valioso dentro de nuestro ambiente. Como introducción al campo de fungicidas en general, se cubren bien todos los principios básicos.

El autor empieza con un capítulo excelente sobre el concepto de qué son los fungicidas, lo cual incluye secciones que tratan de formulaciones; métodos de aplicación; factores que puedan afectar la eficacia en el campo; adyutores; almacenamiento; manejo; etc. Está seguido con una historia corta del uso de fungicidas en la India; y luego el profesor Nene pasa a la parte más

importante del libro, una serie de capítulos sobre las varias clases de fungicidas

Cada clase se describe químicamente y físicamente, luego se describen los usos en el campo y las dosis recomendadas. Cada capítulo tiene su propia bibliografía. Grupos mencionados son: Azufres; Cobres; Mercurios; Quinonas; Captan y Folpet; los Sistémicos; y Fungicidas Misceláneos.

Aunque fue escrito en 1971, lamentablemente en el libro hace falta suficiente énfasis sobre el tema de los fungicidas sistémicos, el grupo más nuevo y hoy día de suma importancia. Debido a que dicho grupo está mal entendido e incorrectamente empleado en muchos casos, la información de un libro como este había sido muy valiosa. Existen libros tales como "Systemic Fungicides" (editado por R. W. Marsh, New York, John Wiley & Sons, 1972, 321 p) que tratan exclusivamente de los fungicidas sistémicos. Son muy completos, pero demasiado avanzados para personas que buscan simplemente una introducción.

Con cualquier grupo de pesticidas, el valor de los productos está basado en el empleo y manejo correcto. El autor sabe esto perfectamente, y procura reunir esta información sobre los fungicidas modernos. También provee conceptos de la utilidad y modos de aplicación de los varios productos. Para amplificar estos esfuerzos, el libro incluye un apéndice con prescripciones de productos para controlar las enfermedades específicas. Otros apéndices incluyen: una lista de materiales empleados en control de enfermedades; fuentes de productos; productos para desinfectar suelos y modos de aplicación; y además una lista de términos.

El libro, "Fungicides in Plant Disease Control", forma una valiosa referencia para estudiantes y profesores, fitopatólogos, agrónomos, agentes de extensión, y las demás personas cuyo trabajo requiere conocimientos básicos de control de enfermedades de plantas. Sin embargo, sería de gran valor una edición revisada que cubra avances recientes en el campo mencionado.

GEORGE L. GREENE  
MERCK SHARP & DOHME  
APARTADO 10135  
SAN JOSE, COSTA RICA.

THE BRITISH COUNCIL. British scientific documentation services. Boston Spa, Wetherby, Yorkshire, England, 1974. 72 p. ISBN: 0 900229 15 2

Esta publicación describe los servicios de documentación de 99 organizaciones, sobre 220 materias diferentes. Los servicios de documentación seleccionados son organizaciones que comprenden editores, centros de información, asociaciones de investigación y otras, que producen índices, compendios o bibliografías, en Gran Bretaña principalmente; sin embargo, las referencias incluidas en estos productos son de naturaleza inter-

nacional. Las disciplinas científicas que cubre la guía están relacionadas con las ciencias naturales y biológicas, la tecnología y la ingeniería, a excepción de las ciencias médicas.

La publicación lleva un Índice de los Servicios por orden alfabético; luego está la lista principal que contiene información sobre cada servicio y sus productos, o sea las publicaciones de cada servicio. Para cada producto se da el título, la cobertura, frecuencia, número aproximado de entradas, el costo, forma de envío, y la dirección a donde solicitarlo. En la tercera lista de la publicación se da un Índice de Productos, o sea una lista de los títulos de las publicaciones incluidas, por orden alfabético.

Esta publicación contiene 38 títulos de productos de interés para las ciencias agrícolas y afines, tales como Chemical Abstracts, Food Science and Technology Abstracts, y otros.

Complementa la guía un índice de materias.

ANA MARIA PAZ DE ERICKSON  
AIBDA  
TURRIALBA, COSTA RICA

HOUGHTON, BERNARD. Scientific periodicals; their historical development, characteristics and control. London, Clive Bingley, 1975. 136 p.

Durante casi dos décadas los científicos han sido advertidos de que la escalada de sus actividades como investigadores no podía continuar al mismo paso febril. Los estimados que sugerían que el crecimiento científico debería declinar en los novecientos setenta parecen ahora estar justificándose. Los bibliotecarios y los especialistas en información, que tienen la poca envidiable tarea de captar el cada vez más creciente flujo de la información científica pueden, quizás, hacer una pequeña pausa y revisar la situación. Una cuestión clave que ellos deben plantearse obviamente es si el arte de recuperación de la información ha logrado guardar el paso con la cantidad de material por examinar.

El libro de Houghton sobre revistas científicas suministra una guía corta pero completa a esa cuestión. Dedicó algunas páginas al desarrollo de las revistas científicas, y algunas más a la aparición de los servicios de compendios, pero su énfasis principal es sobre los modos actuales de acceso a la literatura. Estos van desde los catálogos y bibliografías tradicionales, de las que suministra una lista bastante completa, hasta los métodos recientes basados en la computadora. Es claro que la introducción de la computadora ha sido esencial para el funcionamiento eficiente y continuado de los servicios de información científica. La avalancha de informaciones simplemente se ha vuelto demasiado grande para que se puedan manejar de otra manera las partes rutinarias del procesamiento de la información. Por ejemplo, por los novecientos cincuenta el índice anual, producido a mano, del *Chemical Abstracts* estaba apareciendo unos dos años después

del volumen al que se refería. A pesar del aumento del número de artículos químicos desde entonces, el índice de materias preparado con computadora aparece ahora a los dos meses. Los científicos de la información pueden afirmar razonablemente que han podido hacer frente al problema de encontrar agujas en un pajar en expansión.

Como el libro está dirigido principalmente a los estudiantes de ciencias de la información, contiene una buena cantidad de material de referencia, y esto no contribuye a su lectura fácil. En el nivel bibliográfico la exactitud factual es alta, pero algunos de los postulados generales podrían ponerse en duda. ¿Es todavía verdad, por ejemplo, que las "Sociedades publican artículos que han sido presentados ante una reunión del organismo"? Ciertamente conozco sociedades en las que ha disminuido drásticamente, en años recientes, el número de tales trabajos presentados, en proporción al total publicado. Pero lo que me hubiese gustado ver en un libro dedicado a estudiantes, y que no está presente, es alguna indicación de que el éxito del científico de la información, en términos de eficiencia, puede a su vez conducir a nuevos problemas. Por ejemplo, es muy conveniente para los científicos que se puedan obtener fácil y rápidamente, como explica Mr. Houghton, fotocopias de los artículos de investigación. Esta eficiencia puede significar, sin embargo, una más baja motivación para suscribirse a la revista concerniente, lo que conduce a su vez a dificultades financieras para la publicación. Sospecho que pueden volverse significativos en los próximos años los problemas de realimentación, y se debe estimular a los estudiantes a pensar sobre ellos.

JACK MEADOWS  
LEICESTER UNIVERSITY  
UNIVERSITY ROAD  
LEICESTER, ENGLAND

FRANKEL, O. H. y HAWKES, J. G., eds. *Crop genetic resources for today and tomorrow*. Cambridge University Press, 1975. 492 p. (International Biological Programme 2)

El programa Internacional Biológico ha sido clausurado oficialmente y la Cambridge University Press ha comenzado a publicar unos 30 volúmenes que resumen su trabajo y logros. El primer volumen de la serie, "The evolution of IBP", a cargo de E. B. Worthington, suministra una visión global del desarrollo del IBP en sus siete secciones de productividad terrestre, acuática continental, y marina, procesos de producción, conservación de recursos, adaptabilidad humana, y uso y manejo de recursos.

Una definitiva evaluación de la importancia del IBP no será posible hasta que pasen algunos años. Pero el sabor distintivo del IBP, y de las amplias ramificaciones de su labor de investigación, se pueden apreciar muy

bien en el segundo volumen de la serie, que trata de los recursos genéticos, y que ha sido editado por Otto Frankel y J. G. Hawkes.

Su lectura nos hace apreciar la complejidad de los problemas que encara el mejoramiento de los cultivos mundiales. En teoría, el libro presenta las conclusiones del IBP; en la práctica, el IBP ha desenterrado más problemas de los que ha resuelto, lo que puede ser una buena definición de lo que constituye un estimulante programa de investigación. Los problemas específicos los resuelven los especialistas y organismos respectivos; el papel de las reuniones y simposios es más que resolverlos, ponerlos a la luz y someterlos al escrutinio y crítica de los investigadores. Algunos de los problemas planteados aquí abarcan las cuestiones de si las papas primitivas de los Andes pueden ser rescatadas de una gradual desaparición para ser utilizadas por los mejoradores; de cómo se puede evaluar el potencial genético del material resistente a las enfermedades cuando los patógenos están cambiando continuamente; de si podemos desarrollar técnicas para conservación en frío de material leñoso o tenemos que esperar que los árboles florezcan y produzcan semilla.

El libro, como muchas de las obras programadas del IBP, emergió de una conferencia técnica planeada conjuntamente por la FAO y el IBP. Trata de uno de los recursos naturales del mundo que está desapareciendo más rápidamente: el invaluable reservorio de variabilidad genética de nuestras plantas cultivadas que se ha desarrollado desde que nuestros antecesores comenzaron a domesticarlas hace unos 10.000 años. Los temas que exploran los participantes a esta obra abarcan cómo coleccionar esta variabilidad, cómo preservarla, cómo evaluarla y usarla, cómo almacenar e intercambiar información sobre ella. Termina con una sección sobre la forma como se hacen planes y se organizan estas actividades en escala mundial con la ayuda de la FAO y otras agencias internacionales, y con la participación masiva de los científicos interesados.

La lectura de los trabajos presentados deja la impresión de cierta urgencia en las acciones propuestas para el futuro inmediato con el fin de rescatar de la extinción muchos de los más valiosos recursos genéticos en peligro de desaparecer. Esto se refleja en las investigaciones para conservar material "recalcitrante" (Capítulo 22) y para resolver los problemas de almacenamiento de semillas a temperaturas muy bajas, conservación de polen, y conservación a largo plazo de tejidos de cultivos y meristemas.

Como señalan los editores (p. 10), los problemas más grandes en el futuro son los de organización y financiamiento. Una "red global" de centros genéticos está comenzando a emerger. La red debe adquirir cohesión y desarrollar líneas de comunicación e intercambio. El material debe estar aprovechable para *ser usado en estos momentos* (subrayado de Frankel y Hawkes), no solamente preservado y almacenado para el futuro. La cuestión es si esta urgencia será captada por los organismos y personas responsables de obtener y distribuir los fondos necesarios. Si las demoras y vaivenes en la instalación de uno de esos centros que tenemos cerca nuestro, el correspondiente a América Tropical (en

Turrialba), son una indicación de los tiempos, podemos creer que no es muy exagerada la predicción de los editores de que para 1985 habrá desaparecido la mayor parte de los recursos genéticos en sus ancestrales centros de diversidad.

ADALBERTO GORBITZ  
 INSTITUTO INTERAMERICANO DE  
 CIENCIAS AGRICOLAS  
 TURRIALBA, COSTA RICA

---

*Otros libros recibidos*

WHITTLE, TYLER. *The plant hunters*. London, Pan Books, 1975. 257 p.

Un tema perenne con un público fiel, especialmente en Inglaterra, es la historia de las carreras y aventuras de los botánicos exploradores, que recorrieron el mundo en busca de plantas nuevas desconocidas en Europa. A la zaga de los descubridores como Cook, los botánicos enfrentaron durezas y peligros para llevar a jardines privados primero, y públicos después, las flores y plantas que la aristocracia europea deseaba para los jardines que fueron su pasión en el siglo de las luces. Los tulipanes, las dalias, los lirios orientales no son sino los ejemplos más notorios.

El presente libro, escrito por un periodista popular, es entretenido, y ameno. Abarca muchas épocas y lugares. Destaca como hito importante a Nathaniel Ward, quien inventó los terrarios, aquellas cajas de vidrio selladas, que mantenían una microatmósfera en el que podían transportarse plantas vivas. Estas cajas, después de 1834, permitieron nuevos progresos en el traslado de plantas e hicieron posible llevar cultivos exóticos a lugares lejanos: el té a la India, el tabaco a Rhodesia, y plantas de café, canela e índigo a Australia.

Esperamos que la lectura de este tipo de libros lleve al lector a buscar los originales. Ningún escritor aficionado puede fascinar tanto como el propio explorador cuando cuenta los detalles y describe el medio y época en que se mueve. Los libros de viajes de Darwin, Humboldt, Bates, para no mencionar sino a los que han recorrido el Continente Americano, no pierden con el tiempo su poder de hacer vivir a sus lectores los días de sinsabores y placeres cuando pasaban por tierras incógnitas y ríos no estudiados. Por eso es que hasta ahora se hacen nuevas ediciones de sus narraciones.

El libro tiene algunas ilustraciones y un buen índice de materias. En la página 52, aparentemente confunde San Marino con San Remo.

---

STABLER, M. J. *Agricultural economics and rural land-use*. London, Macmillan, 1975. 95 p. (Macmillan Studies in Economics).

El libro es un reconocimiento y crítica de las políticas de uso de la tierra rural en naciones industriales. Sostiene que hasta hace poco el análisis de la agricultura ha sido demasiado estrecho en sus miras y esto ha tenido un efecto importante tanto en la agricultura como en el uso de la tierra.

Después de presentar las bases de la economía agrícola al nivel del agricultor individual, evalúa la agricultura en globo. Trata de la intervención de los gobiernos en sus intentos de mantener a la agricultura y mejorar su eficiencia. Expresa que se presta muy poca atención a metas de las políticas con el resultado de que los instrumentos de la política son a menudo contradictorios. Aún más seria es la crítica de que el verdadero costo del apoyo agrícola no ha sido adecuadamente captado por los economistas. Esto es importante cuando la agricultura compite con otros usos de la tierra rural (áreas urbanas, forestales, abastecimiento de agua, y recreo) en lo que las políticas agrícolas tienen un efecto todavía poco reconocido. Tiene 157 referencias, pero no índice de materias.