

TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 36

TRIMESTRE OCTUBRE – DICIEMBRE 1986

NUMERO 4

CODEN: TURRAB 36(4) 415-572

| | |
|--|-----------------------------------|
| <i>Efectos de diferentes dosis y frecuencia de fertilización foliar en frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>) (en español). F. Díaz</i> | 415 |
| <i>Efecto de cuatro métodos de labranza sobre el desarrollo de la enfermedad causada por <i>Kabatiella zeae</i> y el rendimiento en maíz (en inglés). C.M. Chinchilla</i> | 427 |
| <i>Retención de fosfatos en Andepts de Costa Rica. I. Relaciones entre la retención de fosfatos, el pH en NaF y el aluminio activo (en español). J. Canessa, F. Sancho, A. Alvarado</i> | 431 |
| <i>Respuesta del arroz de secano a la fertilización nitrogenada y al riego suplementario aplicado como una variable continua (en inglés). T.M. Fullerton, R.H. Stutler</i> | 439 |
| <i>Evaluación de algunos materiales de soporte para inoculantes bacterianos (en español). N. Mora de González, A. de Yunda, M. Gómez, R. González</i> | 447 |
| <i>Fertilización de un pastizal natural halofítico en la depresión del Río Salado: efecto sobre la materia seca, la composición botánica y el valor nutritivo de la hierba (en inglés). H.D. Ginzo, M.B. Collantes, O.H. Caso ..</i> | 453 |
| <i>La diversidad específica de pastizales patagónicos subandinos sometidos a pastoreo (en español). J.M. Facelli, R.J. C. León</i> | 461 |
| <i>Algunos efectos causados por el herbicida fluazifop-butil sobre la fisiología del zacate Johnson (<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers) (en inglés). M.E. Magallanes, G. Ortiz, M. Rojas-Garcidueñas</i> | 469 |
| <i>Modelos de raíces en trigo macarronero en rizotrones (en español). S. Kuravadi, F.T. Townley-Smith</i> | 473 |
| <i>Efecto de la aplicación de ácidos y agua caliente como pretratamiento y del tapado de la semilla en la germinación de las semillas en especies forestales del trópico húmedo (en inglés). N.C. Garwood</i> | 479 |
| <i>Potasio en Andepts de Costa Rica. III. Restitución de formas disponibles (en español). E. Molina, F. Bertsch, A. Cordero</i> | 485 |
| <i>Germoplasma de palmas aceiteras procedentes de Tanzania (en inglés). D.L. Richardson, C. Chávez</i> | 493 |
| <i>Producción de la asociación maíz-frijol según población, fertilización nitrogenada y momento de siembra (en español). B. Añez, E. Tavira</i> | 499 |
| <i>Crecimiento, supervivencia y daño causado por el barrenador de las meliáceas en plantaciones de caoba en el bosque de Luquillo, Puerto Rico (en inglés). P.L. Weaver, G.P. Bauer</i> | 509 |
| <i>Deficiencias nutricionales del papayo (<i>Carica papaya</i> L.) en la selva central del Perú (en español). H. Villachica, K. Raven</i> | 523 |
| <i>Cultivo in vitro de <i>Saccharum officinarum</i> L. II. Efecto de la especialización sobre la rediferenciación (en español). G. Carrillo-Castañeda, M. Vargas, M. Vargas-Villanueva</i> | 533 |
| <i>Comparación entre algunos métodos para estimar el área foliar en aráceas comestibles (en español). J.A. Soto, R.A. Moreno, J.A. Arze</i> | 541 |
| <i>Comunicaciones</i> | 549 |
| <i>El efecto de la competencia de las malezas sobre el crecimiento y el contenido de nutrientes en plántulas de palma aceitera (en inglés). G.O. Iremire</i> | 549 |
| <i>El pH y la acidez de tomates enlatados por proceso doméstico (en inglés). S.S. Pérez, H.O. Quaranta, J.L. Piccini</i> | 553 |
| <i>Variabilidad de clones de yuca en relación con la fertilidad y aspectos morfológicos (en portugués). N.M.A. Nassar, D. Grattagalha</i> | 555 |
| <i>El impacto de Rhyacionia frustrana en Costa Rica (en español). L.B. Ford</i> | 559 |
| <i>Estimación preliminar de la bioproductividad del pejibaye (<i>Bactris gasipaes</i> H.B.K.) de la colección Panamá del CATIE (en español). G. Gutiérrez, C. Astorga, Ch.R. Clement</i> | 561 |
| <i>Reseñas de libros</i> | 425, 460, 468, 484, 566 |
| <i>Notas y comentarios</i> | 492, 508, 522, 532, 540, 548, 570 |



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

EFECTOS DE DIFERENTES DOSIS Y FRECUENCIA DE FERTILIZACION FOLIAR EN FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)¹

F. DIAZ*

Summary

The objective of this project was to study the effect of supplementary application of leaf fertilizer to bean plants (*Phaseolus vulgaris* var. *Porrillo Sintético*), which had been provided with adequate soil fertilizer. Different quantities of leaf fertilizer were applied. The total quantity depended on the number of applications, these varied from one to five. In each of the applications of leaf fertilizer, N, P, K and S were used in the proportions 16.0 2.5 6.6 1.0 kg/ha.

Test 1. Component of yield. Ten different treatments were applied in a design of random plots. Each treatment had four replicates, with each replicate sown in 15 m². A sample was taken at the time of harvest. Two subsamples were taken of each replicate, one of 5 m² and the other of 1 m². In each subsample, dry weight of seeds was measured. In addition, in the 1 m² subsample, these items were measured: number of seeds, number of pods, average number of seeds per pod, seed size, pod weight, stem height, number of stems, dry weight of stems, and number of nodes. No significant differences were found among different treatments, although in some treatments there were minor effects caused by leaf fertilization.

Test 2. Analysis of growth: Two treatments were carried out. One was a control that received only soil fertilizer; the other, in addition to soil fertilizer, received a leaf fertilizer supplement of N, P, K, and S in the proportions 80:12:33:5 kg/ha on five successive dates. Each treatment was repeated four times; each replica was sown in 49 m² in a design of random plots. In this test, 1 m² was sampled per replicate per week. The first sample was taken seven days before flowering, and the last sample was taken at physiological maturity. In each of the samples these items were analyzed: number of reproductive organs (flowers, small pods, developed pods), leaf area, number of nodes, and dry weight of pods, seeds, stems, petioles, yellow leaves, green leaves, and roots. During the periods of growth and harvest, application of leaf fertilizer did not significantly affect any of the variables studied in any of the samples.

Introducción

Los trabajos realizados por varios investigadores muestran que la aplicación foliar de fertilizantes, en algunos cultivos, es una práctica viable y que los resultados dependen de algunos factores tales como hora de aplicación, aplicación o no de fertilizante en el suelo, etc.

La fertilización foliar en soya (*Glycine max*) ha mostrado resultados positivos, negativos y en algunos casos ningún efecto; incrementos en los rendimientos en el número de semillas por planta han sido demostrados por García y Hanway (5) quienes obtuvieron un incremento del 31% en los rendimientos cuando se hace aplicación de nitrógeno, fósforo, azufre y potasio por vía foliar, durante la época de llenado de las vainas. Sin embargo, otros investigadores no obtuvieron ningún incremento o incrementos no sustanciales, cuando se hace aplicación foliar de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre en el estado de llenado de las vainas en plantas de soya (2, 9, 10, 11).

¹ Recibido para publicación el 20 diciembre, 1985

* Departamento de Biología, Universidad del Valle. Cali-Colombia-Sur América

García y Hanway (5) sugieren que el aumento en el rendimiento de las plantas de soya a las cuales se le ha aplicado N, P, K y S por aspersión foliar se debe a un aumento en el número de semillas.

Vasilas *et al.* (17) registraron incrementos en el rendimiento de la soya con fertilización foliar cuando otros factores limitantes, particularmente la humedad del suelo, han sido reducidos y se ha prevenido la quema de las hojas. Syverud *et al.* (15) señalan incrementos en el peso de las semillas y en la concentración de nitrógeno en éstas cuando a las plantas de soya se les ha aplicado nitrógeno por vía foliar.

El daño causado a las hojas por la aplicación de fertilizantes foliares ha sido señalado como el causante en el descenso de los rendimientos; un segundo factor que puede influir sobre la respuesta negativa a la aplicación de fertilizantes foliares, es la hora del día en la cual se hace la aplicación. Se han encontrado daños en las hojas de plantas de soya por aplicación de fertilizantes que contenían N, P, K y S; estos daños fueron tan severos que muchas veces redujeron los rendimientos (9).

Bulisani *et al.* (3), encontraron que aplicaciones foliares de N, P y K y algunos microelementos en frijol tenían efecto positivo aumentando el peso del grano por planta en un 23% siempre y cuando estos elementos fueran aplicados en ausencia de fertilización al suelo. En esta misma linea, Sandsted *et al.* (13), encontraron que aplicaciones foliares de N, P, K y S en frijol no aumentan significativamente el rendimiento biológico ni el rendimiento de semillas; estos mismos autores informan que, a medida que aumenta la tasa de solución foliar aplicada, el número de hojas quemadas aumenta.

Newman y Giskin (8) señalan incrementos en los rendimientos de frijol con aplicación foliar de N, P, K y S, pero la cosecha se hizo en el estado de vainas verdes.

Lauer (6) al aplicar N, P, K y S a plantas de frijol encontró diferentes daños en las hojas; el grado del daño fue diferente con el año de siembra. Este autor señala que no encontró diferencias en los contenidos de N, P, K en las semillas cuando se hizo aplicación foliar de estos elementos.

El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de la aplicación de N, P, K y S por vía foliar sobre la producción de materia seca en plantas de frijol sembradas en un suelo bien abonado. Los fertilizantes foliares fueron aplicados en diferentes cantidades y épocas de desarrollo del cultivo.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en la granja experimental del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), municipio de Palmira, Colombia. Se utilizaron plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) de la variedad Porrillo Sintético, con hábito de crecimiento II, arbórea, crecimiento indeterminado y de guía corta. Antes de la siembra el suelo se fertilizó con 200 kg/ha de una fórmula 15-15-15; 5 kg/ha de Rayplex (9.6% de Fe); 5 kg/ha de bórax (10% de Bo) y 25 kg/ha de sulfato de zinc. También se aplicó Brassicol (pentaclorometilbenceno) a razón de 9 kg/ha. Durante el periodo de desarrollo del cultivo se hizo control fitosanitario para prevenir el ataque de plagas y enfermedades.

La densidad de siembra fue de 25 plantas por m², obtenida por raleo, hecho 10 días después de la brotación.

Para la fertilización foliar se adicionó por las hojas N, P, K y S en diferente cantidad; el total dependió del número de aplicaciones. Cada una de las aplicaciones foliares contenía 16.0; 2.5; 6.6; 1.0 kg/ha de N, P, K y S, respectivamente.

Las fuentes del fertilizante foliar fueron: para P y K, Kalipol 21 (21.5% de P₂O₅ y 26% de K₂O) y sulfato de potasio (45% de K); para S, sulfato de potasio (18.4% de S) y Elosal (80% de S); para N, urea (45% de N). Antes de aplicarlo, el pH de Kalipol fue ajustado a 7.0 con ácido fosfórico. Estos compuestos fueron disueltos en agua desionizada en la proporción de 400 ml/m²; la solución fue aplicada con aspersores sobre las hojas, iniciándose siempre a las 5 pm. El experimento se dividió en dos ensayos:

Ensayo 1. Componente del rendimiento

Este ensayo tenía 10 tratamientos (éstos representaban épocas de aplicación y cantidades de fertilizante aplicado por vía foliar). En el tratamiento T₀ (testigo) sólo se aplicó fertilizante al suelo en las cantidades anotadas; los tratamientos restantes consistieron en la aplicación de fertilizantes al suelo y además diferentes cantidades por vía foliar y en diferentes épocas, tal como se presenta en el Cuadro 1; la primera aplicación del fertilizante foliar se hizo siete días antes de la floración y así en combinaciones diferentes hasta 21 días después de la floración. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones y cada una de éstas se sembró en un lote de 15 m²; el diseño experimental fue el de bloques al azar.

Se hizo un muestreo durante la madurez fisiológica de las vainas; se tomaron dos submuestras, una sobre un área de 5 m² (125 plantas) llamada parcela grande

Cuadro 1. Tratamiento, cantidad de fertilizante foliar aplicado, número de aplicaciones y etapas en la cual se hizo la aplicación, en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Ensayo 1.

| Tratamiento | kg total de N, P, K, S/ha, por vía foliar | Etapas de crecimiento* |
|----------------|---|---------------------------|
| T ₀ | 0.0:0.0:0 0:0:0 | Ninguna |
| T ₁ | 80.0:12.0:33.0:5.0 | 1, 2, 3, 4, 5 |
| T ₂ | 16.0:2.5:6.6:1.0 | 1 |
| T ₃ | 16.0:2.5:6.6:1.0 | 2 |
| T ₄ | 16.0:2.5:6.6:0 | 3 |
| T ₅ | 16.0:2.5:6.6:1.0 | 4 |
| T ₆ | 16.0:2.5:6.6:1.0 | 5 |
| T ₇ | 32.0:5.0:13.2:2.0 | 1, 2 |
| T ₈ | 48.0:7.5:19.8:3.0 | 1, 2, 3 |
| T ₉ | 64.0:10.0:26.4:4.0 | 1, 2, 3, 4 |

*Etapas de crecimiento: 1 = 7 días antes de la floración; 2 = día de la floración; 3 = 7 días después de la floración; 4 = 14 días después de la floración; 5 = 21 días después de la floración.

(pg) en la que se analizó peso seco de las semillas/m² y otra sobre un área de 1 m² (25 plantas), la parcela pequeña (pp); en ésta se analizó la altura del tallo (del cuello al ápice), número de tallos, número de vainas y semillas, número de nudos, peso seco de las semillas, vainas y tallos.

Ensayo 2. Análisis de crecimiento

Este ensayo tenía dos tratamientos: T₀ (testigo), al cual sólo se le aplicó fertilizantes al suelo, y T₁ al cual, además del fertilizante al suelo, se adicionó 80 kg/ha de N, 12 kg de P, 33 kg de K y 5 S. Las aplicaciones del fertilizante foliar se repartieron en cinco fechas diferentes y sucesivas; la primera aplicación se hizo siete días antes de la floración y la quinta 21 días después de floración (Cuadro 2). Cada uno de los tratamientos se repitió cuatro veces y cada una de las repeticiones abarcó un área de 49 m². El diseño experimental usado fue bloques al azar.

En este ensayo se hizo un muestreo semanal; el primero, siete días antes de la floración y el último durante la madurez fisiológica de las vainas (79 días después de la emergencia). Cada una de las muestras se tomó sobre 1 m² de terreno por repetición; en esta muestra se midieron las siguientes variables: número de órganos reproductivos (flores, vainas pequeñas, vainas desarrolladas), área foliar (se calculó con un medidor de área foliar Li-3100 area meter), peso

Cuadro 2. Tratamiento, cantidad de fertilizante foliar aplicado, número de aplicaciones y etapas en la cual se hizo la aplicación, en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Ensayo 2.

| Tratamiento | kg total de N, P, K, S/ha, por vía foliar | Etapas de crecimiento* |
|----------------|---|---------------------------|
| T ₀ | 0.0:0.0:0 | ninguna |
| T ₁ | 80:12:33:5 | 1, 2, 3, 4, 5 |

*Etapas de crecimiento: 1 = 7 días antes de floración; 2 = día de floración; 3 = 7 días después de floración; 4 = 14 días después de la floración; 5 = 21 días después de la floración

seco de los órganos reproductivos (vainas y semillas), de las hojas verdes, hojas amarillas, tallos, pecíolos y raíces; también se cuantificó el número de nudos.

Resultados

En el Cuadro 3, se muestran los resultados sobre la producción de materia seca y de los componentes del rendimiento (peso de semillas). Como se puede observar, no hubo diferencias significativas entre los pesos secos de las semillas, comparando el promedio del tratamiento testigo (T₀) con los promedios de los demás tratamientos; el análisis de varianza tampoco mostró diferencias significativas.

En cuanto se refiere al rendimiento económico, cuando éste aumenta se debe básicamente al aumento en el número de semillas por área o por planta; en este caso, el máximo de rendimiento lo logró el tratamiento T₃ que corresponde al tratamiento con mayor número de semillas por m². García y Hanway (5), Poole, Randall y Ham (10), Sesay y Shibles (14), señalan para que los aumentos en el rendimiento económico se deben básicamente al aumento en el número de semillas.

En el componente vainas por m², los tratamientos no mostraron diferencias significativas con el testigo; sin embargo, los que mayor número de vainas produjeron fueron T₈, T₃, T₄, y T₇ con 280.3, 267.8, 256.8 y 252.5 vainas/m², respectivamente. El tratamiento T₂ produjo el menor número de vainas (menos que el testigo); este tratamiento produjo bajo número de semillas por m². Sin embargo, fue uno de los que presentó mayor tamaño de las semillas (206.5 mg) lo que aparentemente influyó para que el rendimiento económico fuese un poco mayor (1.6%) con respecto al testigo; dentro de los restantes tratamientos, T₁ y T₆ produjeron bajo número de vainas

por m². Estos tratamientos corresponden a la aplicación del fertilizante foliar hecha siete días antes de la floración.

Sandsted *et al.* (13), informan que para frijol la aplicación de fertilizantes foliares causa daños en las flores y vainas pequeñas; en el tratamiento T₁ la aplicación del fertilizante se inició ocho días antes de la floración y consecutivamente se fue aplicando semanalmente hasta 21 días después de floración.

En el Cuadro 4 se presentan los datos correspondientes a las variables morfológicas de las plantas que se relacionaron con el rendimiento; la prueba de Duncan sólo mostró diferencias entre el testigo y el tratamiento T₃ para la altura del tallo. En el peso seco de los tallos, número de nudos y número de tallos no se encontraron diferencias significativas.

Cuando se calculó el rendimiento económico en el tallo principal y en las ramas (Cuadro 5), el

Cuadro 3. Rendimiento (peso seco de las semillas) en la parcela grande (pg), en la parcela pequeña (pp) y componentes del rendimiento en plantas de frijol. Ensayo 1.

| Tratamiento | Rendimiento g/m ² | | | | S/m ² | V/m ² | S/V* | TS** | PSV/m ² |
|----------------|------------------------------|---------|---------|---------|------------------|------------------|--------|---------|--------------------|
| | pg | pp | X | (%) | | | | | |
| T ₀ | 264.3 a | 275.6 a | 270.0 a | (100.0) | 1.379.6 a | 241.5 a | 5.4 ab | 20.00 a | 78.5 a |
| T ₁ | 280.5 a | 273.3 a | 276.9 a | (102.6) | 1.341.3 a | 243.3 a | 4.6 a | 20.37 a | 74.8 a |
| T ₂ | 286.3 a | 262.2 a | 274.3 a | (101.6) | 1.269.8 a | 222.8 a | 4.9 ab | 20.65 a | 72.8 a |
| T ₃ | 267.3 a | 317.7 a | 292.5 a | (108.3) | 1.533.7 a | 267.8 a | 5.7 b | 20.70 a | 88.8 a |
| T ₄ | 280.2 a | 294.1 a | 287.2 a | (106.4) | 1.436.5 a | 256.8 a | 5.6 ab | 20.50 a | 82.4 a |
| T ₅ | 280.9 a | 283.3 a | 282.1 a | (104.5) | 1.328.0 a | 249.0 a | 5.4 ab | 21.30 a | 76.8 a |
| T ₆ | 264.4 a | 266.1 a | 265.3 a | (98.0) | 1.285.0 a | 244.3 a | 5.3 ab | 20.60 a | 73.8 a |
| T ₇ | 281.4 a | 287.6 a | 284.5 a | (105.4) | 1.401.5 a | 252.5 a | 5.5 b | 20.60 a | 77.0 a |
| T ₈ | 289.6 a | 281.4 a | 285.5 a | (105.7) | 1.438.0 a | 280.3 a | 5.1 ab | 19.60 a | 74.0 a |
| T ₉ | 272.3 a | 275.5 a | 273.9 a | (101.4) | 1.350.8 a | 250.3 a | 5.4 ab | 20.40 a | 79.6 a |
| C V (%) | 7.8 | 11.0 | 8.0 | | 13.0 | 12.0 | 9.0 | 7.2 | 15.0 |

Los valores en las columnas con letras iguales no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

S/m² = Semillas/m²; V/m² = Vainas/m²; S/V = Semillas por vaina; TS = Tamaño de las semillas; PSV/m² = Peso seco de las vainas (pericarpio) por m².

$$(*) \quad S/V = \frac{S/m^2 (pp)}{V/m^2 (pp)}$$

$$(**) \quad TS = \frac{R(pp)}{S/m^2 (pp)}$$

Cuadro 4. Variables morfológicas relacionadas con el rendimiento (peso de semillas) en plantas de frijol, del ensayo 1.

| Tratamiento | Altura del tallo en cm | Peso seco de tallos g/m ² | Número de nudos m ² | Número de tallos m ² |
|----------------|---------------------------|---|-----------------------------------|------------------------------------|
| T ₀ | 108.5 b | 122.7 a | 448.0 a | 69.8 a |
| T ₁ | 105.8 ab | 121.2 a | 383.3 a | 63.0 a |
| T ₂ | 92.5 ab | 121.6 a | 427.8 a | 71.0 a |
| T ₃ | 82.5 a | 120.2 a | 420.8 a | 60.8 a |
| T ₄ | 107.3 ab | 121.2 a | 422.5 a | 64.8 a |
| T ₅ | 97.0 a | 121.6 a | 435.3 a | 64.5 a |
| T ₆ | 96.8 ab | 109.2 a | 404.3 a | 65.3 a |
| T ₇ | 98.6 ab | 113.3 a | 434.8 a | 67.3 a |
| T ₈ | 93.0 ab | 113.4 a | 436.8 a | 69.0 a |
| T ₉ | 98.3 ab | 114.0 a | 421.5 a | 68.0 a |
| C V (%) | 11.0 | 9.0 | 10.0 | 14.0 |

Los valores en las columnas con letras iguales no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

Cuadro 5. Peso seco y número de estructuras reproductivas en la parcela pequeña, producidas por el tallo principal (TP) y en las ramas (R), en plantas de frijol del ensayo 1.

| Tratamiento | Semillas/m ² | | Peso semillas g/m ² | | Vainas/m ² | | Peso vainas g/m ² | |
|----------------|-------------------------|----------|--------------------------------|----------|-----------------------|--------|------------------------------|---------|
| | TP | R | TP | R | TP | R | TP | R |
| T ₀ | 1 120.5 a | 260.5 a | 255.1 a | 50.6 a | 185.3 a | 56.3 a | 62.8 a | 15.8 ab |
| T ₁ | 1 051.8 a | 289.5 ab | 209.2 a | 64.2 ab | 177.3 a | 66.5 a | 55.4 a | 19.2 ab |
| T ₂ | 967.8 a | 302.0 ab | 192.4 a | 69.8 abc | 163.5 a | 59.3 a | 54.0 a | 18.7 ab |
| T ₃ | 1 117.8 a | 356.0 b | 239.1 a | 78.6 b | 199.8 a | 69.0 a | 67.7 a | 20.9 ab |
| T ₄ | 1 127.5 a | 309.0 ab | 231.0 a | 63.0 ab | 190.0 a | 66.8 a | 61.5 a | 21.0 ab |
| T ₅ | 1 066.0 a | 262.5 a | 228.8 a | 54.0 ab | 194.8 a | 54.8 a | 61.8 a | 19.9 a |
| T ₆ | 985.5 a | 299.5 ab | 198.8 a | 67.3 abc | 193.3 a | 51.0 a | 58.7 a | 15.2 ab |
| T ₇ | 954.0 a | 447.5 c | 198.6 a | 89.0 c | 178.8 a | 73.8 a | 53.8 a | 23.0 b |
| T ₈ | 1 128.8 a | 369.8 ab | 219.2 a | 62.3 ab | 219.3 a | 61.0 a | 56.5 a | 17.5 ab |
| T ₉ | 1 016.8 a | 334.8 ab | 202.8 a | 72.9 abc | 176.8 a | 73.5 a | 56.6 a | 21.8 b |
| C.V. | 16 | 16 | 20 | 16 | 16 | 24 | 19 | 27 |

Los valores en las columnas con letras iguales no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

análisis de varianza mostró diferencias significativas (5%) únicamente en las ramas.

En la variable semillas por m², comparando el testigo con los otros tratamientos, fueron significativamente mayores los tratamientos T₃ y T₇; esto muestra que cuando el tratamiento aumentó el número de semillas por m², lo que realmente se aumentó fue el número de semillas en las ramas; esto también sucede con el peso seco de las semillas donde en el tallo principal no hubo diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos, mientras que en las ramas hubo diferencias significativas entre el testigo y T₃, T₇, señalando de nuevo que el efecto de la fertilización foliar, cuando lo hubo, se localizó en las ramas. En el número de vainas y peso de las vainas, sólo hubo diferencias en el peso de las vainas producidas en las ramas entre el T₅, T₇ y T₁₀.

En el ensayo 2 (análisis de crecimiento), al analizar los pesos secos (rendimiento biológico y económico) durante 9 fechas diferentes y sucesivas para dos tratamientos, la prueba de t realizada para todas las variables, mostró solamente diferencias altamente significativas (1%) para el peso de las hojas verdes en el día 79 después de la emergencia (día de la cosecha); esto indica que el único efecto aparente de los fertilizantes foliares es retener mayor cantidad de área foliar verde, o aumentar número de células en las hojas verdes; aparentemente lo que sucedió fue lo último; Sansted *et al.* (13) señalan que en frijol el efecto más evidente de los fertilizantes foliares fue el hacer que se retuvieran hojas verdes después de que las vainas estuvieron maduras; García y Hanway (5), con soya, suponen que el hecho de que

las hojas pierdan nutrientes es lo que hace que éstas tomen un color amarillo y no haya fotosíntesis. Revisando los pesos secos (Fig. 1) de la planta de frijol se nota que generalmente fue mayor, aunque no significativo en el tratamiento experimental; al

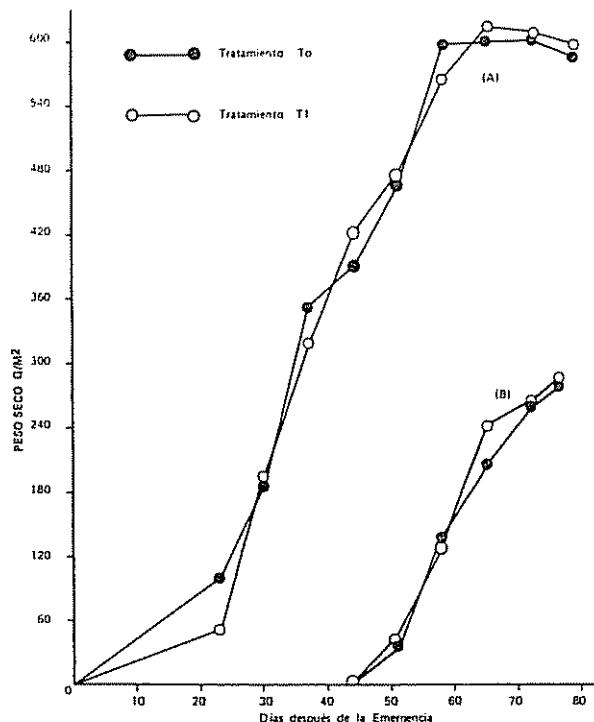


Fig. 1. Peso seco en g/m² en plantas de frijol, en A peso seco total, B peso seco de las semillas; para dos Tratamientos T₀ (fertilización por el suelo) T₁ (fertilización por el suelo más fertilización por las hojas), en el ensayo 2.

final fue mayor en 5 g/m² el peso de las semillas, en 3 g/m² peso de las vainas, en 2 g/m² peso de las hojas amarillas y en 1 g/m² peso de las hojas verdes; el peso seco total fue mayor en el tratamiento experimental en 8.6 g/m²; además no se presentaron daños en las hojas verdes como lo informan Lauer (6) y Sandsted *et al* (13), o sea que el rendimiento económico y el biológico no aumentan por efecto de la fertilización foliar y que cuando se presenta disminución en estos valores aparentemente no se debió a daños en las estructuras fotosintetizadoras sino que posiblemente la toxicidad, si la hubo, fue sobre todo tipo de actividad.

La producción de materia seca total (rendimiento biológico) no fue significativamente diferente, lo cual quizás esté relacionado con la producción de materia seca en semillas (rendimiento económico), igual para los dos tratamientos; al respecto, CIAT (4) señala que una mayor producción de materia seca total presenta una correlación alta ($r = 0.96$) con el rendimiento económico.

En la Fig. 1 se muestran los pesos secos totales y el peso seco de las semillas para los dos tratamientos, notándose una tendencia igual para las dos variables, no encontrándose diferencias significativas para ninguna de las dos entre los dos tratamientos.

En la Fig. 2 se presenta el aporte que hace el tallo principal y las ramas en la producción de materia seca durante el periodo de crecimiento y desarrollo del cultivo; no se hallaron diferencias significativas entre los dos tratamientos para ninguna de las fechas.

Tratando de estudiar el efecto de la fertilización foliar dentro de la planta se calcularon los valores relativos (porcentajes) de los pesos secos de las diferentes estructuras que conforman la planta, para los dos tratamientos; se nota que a medida que la fase reproductiva se hace más conspicua (peso de vainas y semillas) van creciendo los porcentajes de materia seca aportados por las ramas y en esa misma medida el aporte relativo del tallo principal va siendo menor; al final el tallo principal aporta el 65% de la materia seca y las ramas el 35%, cuando inicialmente los respectivos valores eran tallo principal 82.9% y ramas 9.7%.

Tomando los pesos secos de la fase reproductiva y vegetativa, al final del periodo de crecimiento, la parte vegetativa alcanza a ser un 48% y la parte reproductiva un 62%; la parte reproductiva aportada por el tallo principal es de 42.2% y la producida por las ramas alcanza a ser de 19.8%. En la Figs 3 y 4 se muestra la dinámica de los órganos reproductivos (flores, vainas desarrolladas y no desarrolladas)

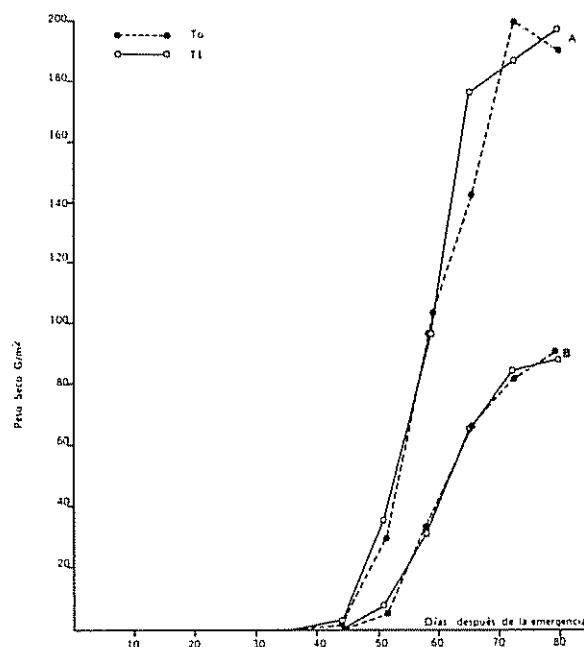


Fig. 2. Peso seco de las semillas en gramos por metro cuadrado, producidas por plantas de frijol con dos tratamientos: T₀ (fertilización por el suelo) y T₁ (fertilización al suelo más fertilización foliar). Ensayo 2.
A: producidas en el Tallo principal.
B: producida en las Ramas.

en los dos tratamientos del ensayo 2; al hacer la prueba de *t* para cada una de las fechas no se hallaron diferencias significativas para los dos tratamientos. Al final la diferencia entre los dos tratamientos fue de 3 vainas/m², lo que en rendimiento económico correspondió a 5 g/m². La prueba de *t* entre órganos producidos en las ramas y tallo principal mostró diferencias significativas a partir del día 40 después de emergencia hasta el día 79, indicando que el tallo principal es la fuente de mayor número de vainas. Al observar los datos de la dinámica de los órganos reproductivos se encontró una gran pérdida de éstos, ya que de un máximo de 645 y 595 estructuras reproductivas por m² para los tratamientos T₀ y T₁, respectivamente, se cosecharon 255 y 258 vainas maduras, lo que muestra que el T₀ perdió el 61%, mientras que el tratamiento experimental (T₁) perdió 57%; aparentemente la aplicación suplementaria de fertilizantes foliares ayudó a que el tratamiento T₁ retuviese más vainas. La Fig. 3 muestra que la mayor pérdida de órganos reproductivos se da a nivel de flores y vainas pequeñas; esto está de acuerdo con Tanaka y Fujita (16) y Apadurai *et al* (1), quienes señalan que en frijol el mayor porcentaje de órganos reproductivos que se caen corresponden a vainas pequeñas.

Lo anterior hace suponer que uno de los problemas en el rendimiento económico en frijol es la baja capacidad en la retención de las vainas y que posible-

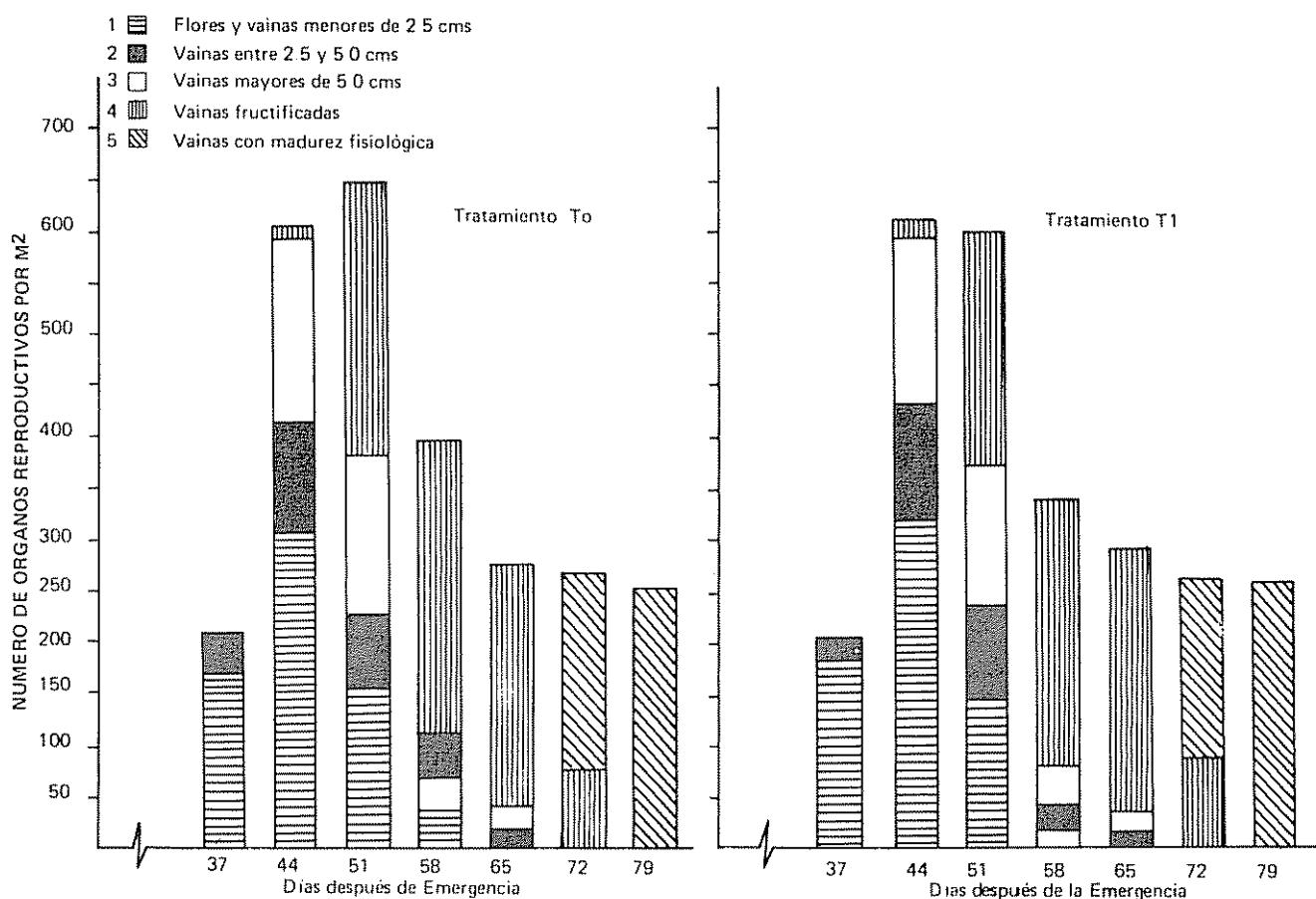


Fig. 3 Número de órganos reproductivos (flores y vainas) en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en el Tratamiento T_0 (fertilización por el suelo) y T_1 (fertilización por el suelo más fertilización foliar), en el ensayo 2

mente no sea una deficiencia en elementos minerales lo que causa este problema.

En la Fig. 4 se indica el número de órganos reproductivos producidos en el tallo y en las ramas para los dos tratamientos del ensayo 2. Lo más conspicuo es que es el tallo principal el sitio donde mayor número de órganos reproductivos se forman y al final es el que pierde mayor cantidad; sin embargo, es también allí donde mayor número de vainas maduras se cosechan. En el actual caso en el tratamiento T_0 se obtuvieron 167 vainas en el tallo principal y en las ramas 87; para el tratamiento T_1 se obtuvieron 173 y 85 vainas respectivamente.

En el estudio de la dinámica se nota un pequeño efecto de la fertilización foliar en las ramas hacia el día 50 después de emergencia.

El número de nudos por m^2 en los dos tratamientos (Fig. 5) es mucho mayor en el tallo principal; además se ve cierta correspondencia entre número

de nudos y número de órganos reproductivos. Esto es razonable ya que las flores de frijol son axilares. CIAT (4) indica que una mayor estructura de nudos es una variable que se relaciona con el rendimiento económico

El área foliar verde es tal vez la variable que más influye en el rendimiento biológico y económico. En la mayor parte del ciclo de desarrollo del cultivo, el tallo principal es el mayor aportador de área foliar (Fig. 6). Al hacer la prueba de t para las diferentes fechas y el área foliar total no se hallaron diferencias significativas entre los dos tratamientos; entre la producción de área foliar en el tallo principal y las ramas se hallaron diferencias significativas hasta el día 60 después de emergencia. El área foliar igual entre los dos tratamientos tal vez explique la semejanza en el rendimiento económico y biológico entre los tratamientos. CIAT (4) señala que el área foliar se relaciona mucho con el rendimiento, y que a mayor estructura de nudos aumenta el índice de área foliar, siendo el óptimo de área foliar valores entre 4.1 y 4.2 m^2/m^2 .

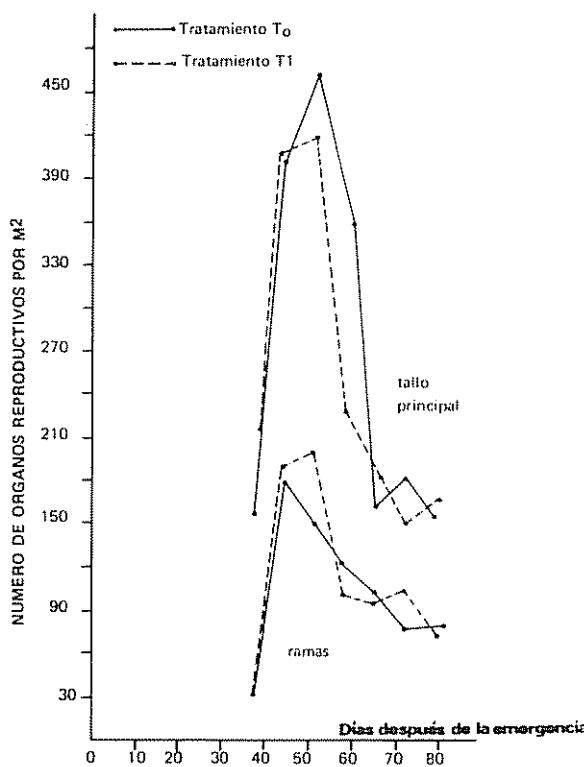


Fig. 4 Organos reproductivos en el tallo principal y en las ramas de plantas de frijol, en dos tratamientos, T_0 (fertilización por el suelo) y T_1 (fertilización por el suelo más fertilización por las hojas) en el ensayo 2

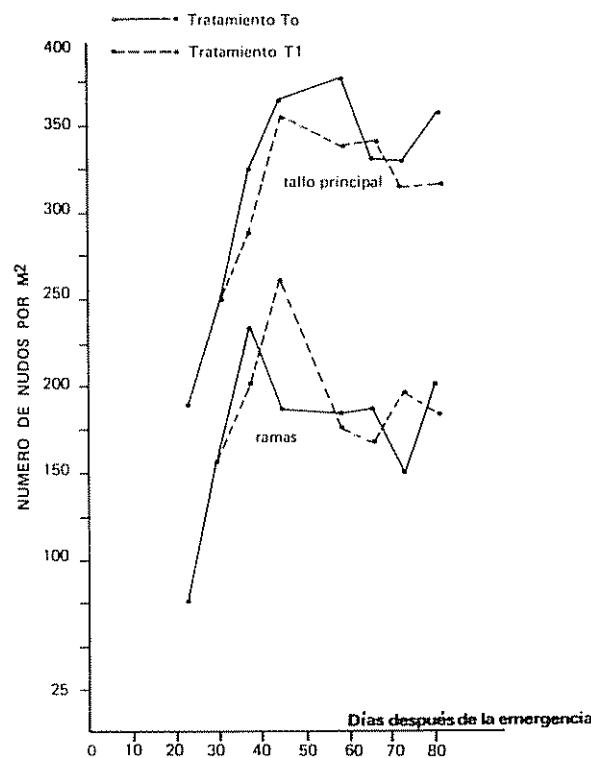


Fig. 5 Número de nudos en el tallo principal y en las ramas en plantas de frijol en dos tratamientos, T_0 (fertilización por el suelo) y T_1 (fertilización por el suelo más fertilización por las hojas) en el ensayo 2

Discusión

Son muy pocas las referencias sobre el efecto de los fertilizantes foliares en el rendimiento biológico. La mayoría de los trabajos hacen énfasis solamente sobre el rendimiento económico; sin embargo, estas referencias son contradictorias.

En el ensayo 1, se logró establecer que en los 10 tratamientos hubo algunas diferencias, ya sea incrementando o bajando el rendimiento económico, pero estas diferencias no fueron significativas al 5% (Cuadro 3); comparando el promedio del tratamiento testigo con los otros promedios se encuentra que los tratamientos que presentaron mayor rendimiento económico fueron, en orden decreciente, el T_3 , T_4 , T_8 , y T_7 con 292.5, 287.2, 285.5 y 284.5 g/m², respectivamente; estos tratamientos corresponden a la aplicación del fertilizante foliar desde el día de la floración hasta 14 días después de la floración. Machado *et al.* (7), en frijol, hallaron que la aplicación de N por vía foliar aumenta los rendimientos económicos cuando la aplicación se hace entre los

30 y 45 días después de emergencia; sin embargo, Lauer (6) y Bulisani *et al.* (3), también para frijol, encontraron que la aplicación foliar de N, P, K y S más algunos microelementos, por vía foliar, sólo aumenta los rendimientos económicos cuando no se ha aplicado fertilizante al suelo. Sandsted *et al.* (13), igualmente para frijol, informan que a medida que aumenta la tasa de aplicación foliar de fertilizante el rendimiento de las semillas en número decrece, y que, en general, los fertilizantes foliares no aumentan el rendimiento económico.

Cuando se estudia los componentes del rendimiento económico se encuentra que no hay consistencia en los datos. En la componente número de semillas/m² los mejores rendimientos económicos están muy relacionados con esta variable, ya que el mayor número de semillas/m² se halló en los tratamientos T_3 , T_4 , T_8 , y T_7 con 1 533.7, 1 436.0, 1 438.2 y 1 401.5, respectivamente; estos tratamientos corresponden a los mejores rendimientos económicos. Machado *et al.* (7), en frijol, encuentran que el aumento en el rendimiento económico, cuando se

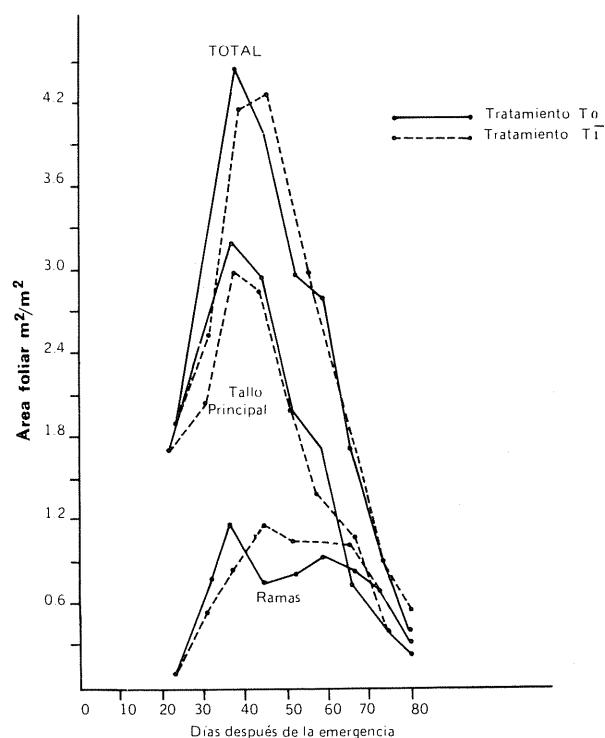


Fig. 6. Área foliar por m^2 producida en plantas de frijol con dos tratamientos: T_0 (fertilización por el suelo) y T_1 (fertilización por el suelo más fertilización por las hojas). Ensayo 2.

hace aplicación foliar de N, fue dado básicamente por el aumento en el número de semillas por planta. Poole *et al.* (10) y García y Hanway (5), para soya, informan que los aumentos en el rendimiento económico, cuando se aplica fertilizante por las hojas, está dado por el incremento en el número de semillas. El tratamiento T_0 produjo el más bajo rendimiento económico (98%) y a la vez produjo el menor número de semillas/ m^2 este tratamiento corresponde a la aplicación del fertilizante foliar a los 21 días después de la floración. García y Hanway (5), en soya, confirman que aplicaciones de fertilizante por las etapas posteriores a la floración muestran muy poco efecto en el rendimiento económico; Sandsted *et al.* (13), en frijol, informan que aplicaciones foliares algunas veces causan bajas en el rendimiento económico.

La variable tamaño de las semillas estuvo asociada en apariencia con el promedio de semillas por vaina; a mayor tamaño, menor número de semillas por vaina; sin embargo, parece ser una variable que poco influye en el rendimiento económico. Poole *et al.* (10) hallaron que en soya la fertilización foliar aumenta el tamaño de las semillas; Rosolem *et al.* (12) y Machado *et al.* (7), para frijol, muestran que la aplicación

foliar de fertilizantes aumenta el peso de 100 semillas (tamaño de las semillas). Analizando los aportes que hace cada una de las estructuras de la planta no se halló diferencias significativas entre los tratamientos del ensayo 2; a través del período de crecimiento y desarrollo se ve que las ramas van tomando valores mayores en la producción de peso seco a medida que transcurre el tiempo. Al final del período de crecimiento, la fase reproductiva es preponderante en el aporte de materia seca y dentro de la fase reproductiva, el tallo principal es el que mayor porcentaje aporta.

Tanto en el ensayo 1 como en el 2, cuando se presentó efecto positivo, este efecto se dio en las ramas y no sobre el tallo principal, tanto a nivel de materia seca total como sobre el rendimiento económico y en las variables asociadas con éste.

Conclusión

La fertilización foliar suplementaria en el frijol no muestra efectos positivos significativos sobre el rendimiento biológico o económico, ni tampoco sobre los factores relacionados con el rendimiento económico; cuando hay aumento en el rendimiento económico se debe a aplicaciones de nutrientes por vía foliar en el momento de la floración o en los días inmediatos a ésta. Aplicaciones posteriores a esta fecha no muestran ningún efecto.

El aumento en el rendimiento económico se debió básicamente al aumento en el número de semillas/ m^2 .

Las aplicaciones sucesivas del fertilizante foliar no presentan ningún efecto sobre la producción de materia seca total.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la aplicación suplementaria de un fertilizante foliar en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de la variedad Porrillo Sintético, las cuales se habían abonado por el suelo. Se aplicaron diferentes cantidades del fertilizante foliar; la cantidad total dependió del número de fechas en que se hizo la aplicación y éstas variaron de una a cinco.

En cada una de las aplicaciones se usaron 16.0:2.5:6.6:1.0 kg/ha de N:P:K, respectivamente y por vía de las hojas.

Ensayo 1: Componentes del rendimiento

Se hicieron 10 tratamientos diferentes en un diseño de bloques al azar; cada tratamiento se repitió

cuatro veces y cada repetición se sembró en un área de 15 m². Se hizo un muestreo en el momento de la cosecha, tomando en cada repetición dos submuestras, una sobre un área de 5 m² y la otra de 1 m²; en cada una de las submuestras se analizó peso seco de las semillas. Además, en la submuestra de 1 m² se estudió: número de semillas, número de vainas, promedio de semillas/vaina, tamaño de las semillas, peso de las vainas, altura del tallo, número de tallos, peso seco de los tallos y número de nudos.

No se hallaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, aunque en algunos se presentaron efectos pequeños por la fertilización foliar.

Ensayo 2: Análisis de crecimiento

Se estudiaron dos tratamientos: el testigo al cual sólo se le abonó por el suelo y el tratamiento al que además de la fertilización por el suelo se adicionaron suplementariamente y por vía foliar 80:12:33:5 kg/ha de N:P:K:s, respectivamente y repartidos en cinco fechas sucesivas. Cada uno de los tratamientos se repitió cuatro veces y cada una de las repeticiones se sembró en un área de 49 m². El diseño usado fue bloques al azar. En este ensayo se hizo un muestreo semanal sobre un m² por repetición; el primer muestreo se hizo siete días antes de la floración y el último durante la madurez fisiológica. En cada uno de los muestreos se analizó: número de órganos reproductivos (flores, vainas pequeñas, vainas desarrolladas), área foliar, número de nudos, peso seco de las vainas, semillas, tallos, peciolos, hojas amarillas, hojas verdes y raíces.

Se encontró que durante el periodo de crecimiento y en la época de cosecha, la aplicación del fertilizante foliar no mostró efectos significativos sobre ninguna de las variables estudiadas y en ninguna de las fechas en las cuales se hizo el muestreo.

Literatura citada

1. APPADURI, R.; RAJAKARUMA, B.; GUNASENA, H. 1967. Effect of spacing and leaf area on pod yields of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*). Indian Journal of Agricultural Science 37:22-26.
2. BOOTE, K.J.; GALLAGHER, R.N.; ROBERTSON, W.K.; HINSON, K.; HAMMOND, L.C. 1978. Effect of foliar fertilization on photosynthesis, leaf nutrition and yield of soybeans. Agronomy Journal 70:787-791.
3. BULISANI, E.A.; ALMEIDA, L.D.; DEMATIE, J.D. 1973. Observações preliminares sobre adubação foliar em feijoeiro. Bragantia 32:13-17.
4. CIAT. 1978. Programa de frijol. Informe Anual O2S1B-77. 84 p.
5. GARCIA, R.L.; HANWAY, J.J. 1976. Foliar fertilization of soybeans during the seed-filling period. Agronomy Journal 68:653-657.
6. LAUER, D.A. 1982. Foliar fertilization of dry beans with NPKS. Agronomy Journal 74: 339-344.
7. MACHADO, J.R.; ROSOLEM, C.A.; BALDUCI, J.J.; NAKAGAWA, J. 1982. Adubação foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). I. Estudo de época de aplicação de nitrogênio. Turrialba 32:417-421.
8. NEWMAN, P.M.; GISKE, M. 1979. Late season foliar fertilization of beans with NPKS: Effect of cytokinins, calcium and spray frequency. Communications in Soil Science and Plant Analysis 10:579-589.
9. PARKER, M.M.; BOSWELL, F.C. 1980. Foliar injury, nutrient intake and yield of soybeans as influenced by foliar fertilization. Agronomy Journal. 72:110-113.
10. POOLE, D.W.; RANDALL, G.W.; HAM, G.E. 1983. Foliar fertilization of soybeans. II. Effect of biuret and application time of day. Agronomy Journal 75:201-206.
11. ROBERTSON, W.K.; HINSON, L.C.; HAMMOND, L.C. 1981. Foliar fertilization of soybeans in Florida. Soil and Crop Science Society of Florida. 36:77-79.
12. ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; BALDUCI, J.J.; HING, L.T. 1982. Adubação foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). II. Efeitos do nitrogênio com e sem cobertura nitrogenada. Turrialba 32:423-428.
13. SANDSTED, R.F.; MINOTTI, P.L.; HYMES, W.L.; LAMONT, W.J.; THOMPSON, A. 1971. Foliar nutrition of dry beans. Cornell-Veg-Nes 26:1-5.
14. SESAY, R.; SHIBLES, R.S. 1980. Mineral depletion and leaf senescence in soya beans as

- influenced by foliar nutrient application during seed filling. *Annals of Botany* 45:47-55.
15. SYVERUD, T.D.; WALSH, L.M.; OPLINGER, E.S.; KELLING, K.A. 1980. Foliar fertilization of soybeans. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 11:637-651
16. TANAKA, A.; FUJITA, K. 1979. Growth, photosynthesis and yield components in relation to grain yield of the field bean. *Journal of Agriculture, Hokkaido University* 59:145-238.
17. VASILAS, B.L.; LEEG, T.O.; WOLF, D.C. 1980. Foliar fertilization of soybeans: Absorption and translocation of N¹⁵ labeled urea. *Agronomy Journal* 72:271-275.

Reseña de libros

SMITH, K.A. (ed.). *Soil analysis, instrumental techniques and related procedures*, M. Dekker Inc. New York, USA. 1983. 562 p.

Este volumen sobre análisis instrumental de suelos resume la experiencia de 16 conocidos investigadores, en su mayoría de las Universidades y de las Estaciones Experimentales del Reino Unido.

Se presentan en esta obra los principios fundamentales de las más usadas técnicas de análisis instrumental que se emplean para análisis de suelos, en conjunto con la problemática de la aplicación agrícola de estos procedimientos, como por ejemplo, los métodos más adecuados para la preparación de muestras para estas técnicas.

El libro se subdivide en once capítulos y considerando el papel esencial que juega la técnica de la absorción atómica en el análisis agrícola, se dedica a esto el primer capítulo, que es más o menos un décimo del volumen. Aproximadamente la mitad del capítulo se dedica a los principios y limitaciones de la técnica mientras que la segunda mitad del capítulo se dedica a sus aplicaciones y a una amplia bibliografía de cerca de 400 referencias.

El segundo capítulo que aproximadamente es del mismo tamaño que el primero, se dedica a los electrodos sensitivos a diferentes iones. Se discuten los electrodos indicadores y de referencia conocidos, los métodos para su calibración y los principales métodos

para su uso. Una parte amplia del capítulo se refiere a la aplicación de estos instrumentos al análisis de suelo y plantas, incluyendo microelectrodos, incluso para estudios con plantas vivas.

El tema del tercer capítulo es el análisis de flujo continuo y de muestras individuales con propósito de rutina. Se discuten los componentes de estos sistemas automáticos, los principios involucrados en su operación y las limitaciones en el uso de este equipo. Se discuten individualmente los diferentes aniones y cationes que se pueden determinar con los sistemas.

El cuarto capítulo se ha dedicado a los instrumentos automáticos para determinar carbono, nitrógeno y azufre totales en suelos. Este capítulo tiene muy poca teoría y así se dedica a la descripción de los instrumentos existentes y a comentarios sobre su aplicación para análisis de suelos. Aunque éste es uno de los capítulos más breves, la amplia experiencia de los autores lo hace más útil y además suministra información que es muy difícil encontrar en otros trabajos.

El análisis por fluorescencia de rayos X es el tema del quinto capítulo. Este método útil para elementos con número atómico mayor que ocho permite la determinación de varios elementos relativamente difíciles de analizar con otras técnicas como el Br, Se y V. El capítulo ofrece una introducción adecuada a la teoría del método y a los principios en los cuales se basan los instrumentos utilizados. Tanto los aspectos cuantitativos como los cualitativos del método son presentados no solamente para muestras de suelos sino también para muestras foliares.

El sexto capítulo, uno de los más amplios ya que contiene sesenta páginas de información incluyendo una bibliografía de 265 trabajos, aunque no los más

actualizados. Se inicia el capítulo con una breve introducción a la teoría de la radioactividad a la cual sigue una amplia subdivisión sobre la detección y el recuento de las diferentes radiaciones.

La cuarta subdivisión se dedica a la metodología de los procesos usados en radioquímica como las preparaciones de las muestras, análisis por dilución isotópica, determinación de la edad de materiales por ^{14}C y la preparación de sustancias orgánicas marcadas. El capítulo se concluye con información sobre la aplicación de estas técnicas para análisis de suelos, muestras de plantas y otros materiales del ambiente.

En el capítulo séptimo se estudia el análisis por activación de materiales agrícolas. Se exponen brevemente tanto los principios del análisis por activación con neutrones como de la espectrometría de los rayos gama. Se incluye una sección amplia y bien documentada sobre los detalles prácticos de este tipo de análisis. El capítulo se concluye con una información sobre diferentes aplicaciones potenciales de la técnica como por ejemplo para análisis total de suelo y sus fracciones, estudios de nutrición de plantas y animales, investigaciones del ambiente y estudios policiacos.

El octavo capítulo se ha dedicado al estudio de relaciones isotópicas de nitrógeno por medio de espectrometría por emisión óptica. Se discute la teoría del método y se le compara con la otra técnica posible de espectroscopía de masa. Se indica que la sensibilidad del método de espectroscopía de masas es mayor y así se pueden detectar menores diferencias, mientras que la segunda técnica discutida requiere tamaños de muestras menores.

Se discuten los instrumentos comerciales y las diferentes formas de aplicación de la técnica. Una breve bibliografía de 40 artículos concluye el capítulo.

El noveno capítulo estudia la otra alternativa para investigaciones con nitrógeno, la determinación de las proporciones de isótopos de este elemento por espec-

trometría de masas. Se estudia con detalle la instrumentación que se aplica, la preparación de las muestras y la aplicación de esta técnica en investigaciones agrícolas. Ochenta referencias, varias de ellas trabajos de reseña, forman la bibliografía.

El capítulo décimo se ha dedicado al campo poco conocido del análisis de atmósfera del suelo por medio de cromatografía de gases. Una amplia bibliografía, al final del capítulo, resume posiblemente la mayoría de los trabajos hechos en este campo. En forma breve, se presentan las teorías involucradas y se discute con más detalle las partes de los instrumentos usados. Luego, presenta información sobre los pasos prácticos del análisis de la atmósfera del suelo y la aplicación de estas técnicas en estudios de suelos.

El último capítulo se dedica a la determinación de plaguicidas en suelos por medio de cromatografía de gases y cromatografía de líquidos a alta presión. Este capítulo que presenta material muy novedoso y pocas veces resumido, está acompañado por una muy amplia bibliografía de cerca de 200 artículos en este campo. Seis subcapítulos reunen el material. El primero se refiere a la toma de muestras y a su preparación para la cromatografía. El segundo trata a las técnicas de cromatografía de gas y líquidos. El siguiente, más corto, se refiere a la cromatografía de líquidos a alta presión al cual le sigue un subcapítulo sobre manejo de los datos obtenidos, otro sobre identificación de sustancias y uno final sobre métodos para la determinación de plaguicidas en suelos.

El volumen finaliza con amplios índices de materias y autores que facilitan la localización de temas a estudiar. Su contenido de información útil es grande, todo presentado con buen estilo. Se recomienda esta obra a todos los interesados en análisis instrumental moderno de suelos y plantas y a las bibliotecas que dan servicio a estos especialistas.

ELEMER BORNEMISZA
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

EFFECT OF FOUR TILLAGE TREATMENTS ON EYESPOT (*Kabatiella zeae* Narita and Hiratsuka) DEVELOPMENT AND GRAIN YIELD IN MAIZE¹

C. M. CHINCHILLA*

Resumen

Se estudió el efecto de cuatro sistemas de labranza sobre el desarrollo de la enfermedad causada por *Kabatiella zeae* en dos híbridos de maíz (Pioneer 3780 y W64A x W117). Las parcelas en donde los residuos de maíz infectados del cultivo anterior se habían arado y enterrado durante el otoño presentaron la menor incidencia de la enfermedad.

Las plantas en parcelas bajo un sistema de mínima labranza fueron las más afectadas. La cantidad de tejido enfermo en el híbrido W64A x W117 fue aproximadamente diez veces mayor que en Pioneer 3780. La severidad de la enfermedad no estuvo correlacionada con el rendimiento de grano en cada híbrido, lo cual indica que existieron otros factores (sequía, baja emergencia y ataque por gusanos de la raíz) que tuvieron un mayor efecto sobre el rendimiento. La enfermedad se incrementó rápidamente en todas las parcelas, incluyendo aquéllas en donde los residuos de maíz del cultivo anterior habían sido arados y enterrados. Sin embargo, en estas parcelas algún residuo permaneció sobre la superficie del suelo. Se sugiere que, debido a la naturaleza polícica de la enfermedad, aún cantidades muy bajas de inóculo en los residuos de la siembra anterior son suficientes para producir una cantidad considerable de tejido enfermo al final del ciclo del cultivo actual. La dispersión aérea de los conídios pudo también ayudar a la generalización de la epidemia.

Introduction

Eyespot of maize, caused by *Kabatiella zeae* Narita and Hiratsuka, has spread to 12 countries in 21 years since reported for the first time in Japan in 1956 (2, 3, 4, 7, 9). The disease has been limited to the temperate zones, and in the Western Hemisphere it is prevalent in USA, Canada and Argentina (1, 3, 5).

The eyespot disease is important because it reduces the photosynthetic area of the plant, the quality of the seed and predisposes the plants to the

attack by other diseases such as stalk rot and root rot (1, 2, 3, 6, 8, 9); the destructive potential of *K. zeae* was considered by Reifschanider and Amy (9) to be similar to that of *Helminthosporium turicum* Ullstrup.

The eyespot disease is more severe in maize planted under minimum tillage practices since the fungus overwinters as stromatic hyphae in infected corn residues from the previous crop. These survival structures germinate and produce conidia that infect young corn plants early in the spring (1, 2, 4, 6, 9). Cool and humid conditions are especially favorable for the development of the disease (9).

The increasing popularity of reduced tillage systems has provided an opportunity for the disease to become more prominent (1, 2, 6), but there is a scarcity of information on the effect of different tillage practices on the development of the disease. This paper reports the effect of four tillage systems on subsequent eyespot development in a field where the disease was severe the previous year.

1 Received for publication on May 14, 1986.

This is a portion of a thesis submitted by the author to the Graduate College of Iowa State University as partial fulfillment of the requirements for the M.Sc. degree. The author is grateful to Dr. C.A. Martinson for his help and advice in the realization of this work.

* Laboratorio de Patología Vegetal, Facultad de Agro-nomía, Universidad de Costa Rica San José, Costa Rica

Materials and methods

The experiment was conducted in 1981 near Ames, Iowa. During 1980, the susceptible hybrid W64A x W117 (6) was planted under minimum tillage practices in a field used the previous year for an eyespot experiment. By the end of the season, the hybrid was uniformly and heavily infected with the eyespot disease. In the fall of 1980 the field was plotted for a tillage experiment. There were four tillage treatments: 1) fall moldboard plow (20 cm deep); 2) no tillage; 3) fall chisel plow (30 cm deep); and 4) spring disking (10 cm deep). The fall-plowed plots were disked twice and smoothed by two passes with a spike harrow. The chisel plow plots were disked once in the spring and smoothed by two passes with a spike harrow. The spring disked plots were harrowed twice after the initial disk. The experiment was arranged as a completely randomized block design with six replications. Each block was 24.4 m wide by 97.6 m long, with four contiguous tillage plots (24.4 m x 24.4 m). Blocks were separated by 9.1 m alleyways of fallow soil.

Plots were slot-planted on April 30 with rows 76 cm apart and a planting population of about 59,300 kernels/ha. Each tillage plot was divided in half (16 rows/half) and the hybrids W64A x W117 (susceptible) and Pioneer 3780 (resistant) were planted in each subplot.

The severity of the eyespot disease was evaluated three times during the growing season on the ear leaf of ten plants in the two central rows of each hybrid. Severity was assessed by estimating the number of lesions/leaf.

The eight central rows of each subplot were harvested with a plot combine on September 24 for variety W64A x W117 and on September 29 for Pioneer 3780. Grain weight was measured during the harvesting and a sample of the grain was oven-dried (103° C for grain moisture determinations). Yield was corrected to a uniform 15.5% grain moisture content.

Results

The first disease data (Table 1) were taken at the early and late silking growth stage for Pioneer 3780 and W64A x W117, respectively. Eyespot disease was significantly higher for W64A x W117 than for Pioneer 3780, with eyespot lesion counts about 10 times higher for W64A x W117. Eyespot severity was lower in the fall-plowed plots than in the other plots. With W64A x W117 the disease was highest with no tillage. Any ranking of lesions/leaf by tillage treatment resulted in a similar ranking for both genotypes.

By the time of the second reading, the disease had increased much more for W64A x W117 than for Pioneer 3780 (Table 1). The tillage effect was restricted to a comparison of fall-plowed with any of the conservation tillage treatments. Differences in disease among conservation tillage treatments were not significant (Table 1). There was a large disease increase in the fall-plowed plots with the highly susceptible hybrid. The differences in lesions/leaf between the conservation tillage treatments and the fall-plowed treatment were about 800-900 and 60-130 lesions/leaf for W64A x W117 and Pioneer 3780, respectively.

Table 1. Means for number of lesions on the ear leaf at three observation times, grain yield, and grain moisture content at harvest on two maize hybrids grown under four tillage systems.

| Hybrid | Tillage | No. of lesions/leaf | | | kg/ha | Moisture % |
|--------------|------------------|---------------------|---------|---------|---------|------------|
| | | July 20 | Aug. 14 | Sep. 6 | | |
| Pioneer 3780 | Fall plow | 12 b* | 29 b | 441 c | 7 838 a | 25.4 ab |
| Pioneer 3780 | No-till | 88 a | 162 a | 1 346 a | 7 609 a | 26.2 a |
| Pioneer 3780 | Fall chisel plow | 50 a | 86 a | 910 b | 7 550 a | 24.9 b |
| Pioneer 3780 | Spring disk | 60 a | 164 a | 934 b | 8 470 a | 23.3 c |
| Means | | 53 | 110 | 908 | 7 867.3 | 24.9 |
| W64A x W117 | Fall plow | 164 c | 890 b | 4 466 b | 7 099 a | 23.0 |
| W64A x W117 | No-till | 765 a | 1 774 a | 6 003 a | 6 616 a | 24.1 |
| W64A x W117 | Fall chisel plow | 539 b | 1 772 a | 6 173 a | 6 794 a | 21.8 bc |
| W64A x W117 | Spring disk | 599 ab | 1 808 a | 6 322 a | 7 307 a | 21.4 c |
| Means | | 517 | 1 561 | 5 741 | 6 954.1 | 22.6 |

* Duncan's Multiple Range Test; means in the same column followed by the same letter are not significantly different. The test was done separately for each hybrid and each reading time using the error term from the analysis of the experiment as a randomized complete block for each hybrid.

The third reading on disease severity was made when both hybrids were physiologically mature. The disease had spread throughout the field, but still the differences between the two hybrids were highly significant and the differences between conservation tillage treatments and the fall-plowed treatment remained distinct (Table 1). With Pioneer 3780, the no-till treatment was more diseased than the other tillage treatment.

Differences in yield due to tillage treatments were non-significant (Table 1). The yields of the two hybrids were significantly different; Pioneer 3780 yielded an average of 913 kg/ha more than W64A x W117.

The partial correlation between level of disease and yield was negative, but non-significant for the three disease reading dates.

No tilled plots had higher grain moisture content at harvest than the other treatment (Table 1). The spring disk treatment which appeared to have the highest yields had the lowest grain moisture. The correlation between disease index and moisture content was positive, but non-significant.

Discussion

Conservation tillage relies on surface residues from the previous crop to be effective in soil erosion control and this can affect the onset and development of several maize diseases (6). The severity of the eyespot disease is related directly to the amount of infected residues on the soil surface (6), therefore any tillage that buries plant residues should reduce the initial inoculum (1, 2, 3, 6). Clean plowing normally buries most of the debris and hastens biological degradation of the residues before spring planting. Chisel plowing and disking will leave much of the debris on the soil surface (6).

In this study, various tillage operations were employed in a field that had severe eyespot the previous year. The non-till plots exhibited more disease than the other three treatments at the time of the first reading, but a considerable amount of disease was also detected on the plots that were moldboard plowed. Some spread of the pathogen may have occurred from plot to plot, but the moldboard plots were not free of surface maize residues, which may have provided enough inoculum for the onset of the epidemic.

The magnitude of the second and third disease readings indicated that there was a rapid build-up of the disease in the experimental plots. By the time

of the third rating the disease on W64A x W117 was fairly uniform across the field. This behavior is characteristic of a multicycle type of disease developing in a susceptible genotype under the appropriate environmental conditions (11).

Arny *et al* (1) observed that clear plowing reduced early infection by eyespot, but that the disease also increased in clear plowed fields and where corn was not planted the previous year.

Pioneer 3780 is a late hybrid and exhibited a higher degree of resistance than W64A x W117, which is early in maturity. Some other authors (1) have also observed an apparent relationship between early host maturity and susceptibility to eyespot disease.

There were no significant differences in dry grain yield among tillage treatments. The partial correlation between amount of disease and final yield was negative as expected, but low and non-significant for all the three disease assessment dates. It is clear that factors other than eyespot had a greater influence on yields. The consistently higher yields in the spring-disked plot can be explained partially by moisture availability in the seed zone after planting. Seedlings in these plots emerged quicker and more evenly than seedlings in the plowed or no-till treatments. Spring disking of the previously undisturbed soil may bring up moisture for adequate germination and emergence (6). Martinson (6) was able to relate yield loss to eyespot disease severity when other tillage effects were eliminated and disease level was established by artificial inoculations.

Pencic and Rozenfeld (8) observed a low correlation between disease intensity and grain yield in several host genotypes. They (8) thought that the disease index was not always a reliable indicator of the potential damage by the eyespot fungus, but rather increase in the number of barren plants.

The early death of diseased tissue usually results in lower moisture at harvest (6). In this study the non-tillage plots had more disease and a higher moisture level at harvest. These differences in grain moisture among treatments probably were due to other effects of the tillage operations, one being the erratic emergence of the plots in some treatments and not primarily due to eyespot disease.

Summary

A field cropped the previous season in maize that was severely affected with eyespot disease was subdivided to get four tillage treatments: 1) fall plow,

2) no-till, 3) fall chisel plow and 4) spring disking. Two maize hybrids (Pioneer 3780 and W64A x W117) were planted on the subplots. The plants in the no-till plots were the most severely affected by eyespot and the plants in fall moldboard plowed plots had the least disease. The disease built up rapidly in all plots, including the fall moldboard plowed plots, which had some surface residue. The W64A x W117 hybrid had about ten times more disease than Pioneer 3780 at every sampling date. There was no correlation between dry grain yield and eyespot severity. It was clear that factors other than eyespot (drought, poor emergence, and root worm infestation) had a greater effect on yield. It is suggested that, due to the polycyclic nature of the disease, even low amounts of infected maize residues on the soil could have led to considerable amounts of disease later in the season on all plots, including moldboard plowed plots. Aerial dispersion of conidia among plots may have also occurred and caused a more generalized attack by the fungus.

Literature cited

- 1 ARNY, D.C., SMALLEY, E.B., ULLSTRUP, A.J.; WORF, G.L.; AHRENS, R.W. 1971 Eyespot of maize, a disease new to North America. *Phytopathology* 61(1):54-57
- 2 CASSINI, R., GAY, J.P., CASSINI, R. 1972. Observations sur le cycle de développement et sur les organes de conservation de *Kabatiella zeae*. *Annales de Phytopathologie* 4:367-371.
- 3 CHEZ, D., HUDSON, M. 1975 Le *Kabatiella zeae*, un nouvel agent patogène du maïs au Québec. *Phytoprotection* 56:90-95.
- 4 DINGLEY, J.M. 1973. Eyespot disease of maize in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 16:325-328.
- 5 FREZZI, M.J. 1972. Mancha ocular del maíz (*Kabatiella zeae*) en La Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 9:101-109.
- 6 MARTINSON, C.A. 1981. Corn diseases and cultural practices. Iowa State University Cooperative Extension Service CE-1602J. 5 p.
- 7 NARITA, T., HIRATSUKA, Y. 1956. Studies on *Kabatiella zeae* n sp., the causal fungus of a new leaf spot disease of corn. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 24:147-153.
- 8 PENCIC, V., ROZENFELD, J. 1979. Investigations of the effect of *Kabatiella zeae* Narita and Hiratsuka on *Zea mays*. *Zastita Bilja* 30:241-248.
- 9 REIFSCHEIDER, F.J. 1979. Studies on eyespot disease of maize and its causal agent *Kabatiella zeae* Narita and Hiratsuka. Ph.D. thesis. Madison, Wisconsin, University of Wisconsin. 165 p.
- 10 UNGER, P.W.; PHILLIPS, R.E. 1973. Soil water evaporation and storage. In *Conservation Tillage*. Soil Conservation Society of America. Ankeny, Iowa. p. 42-53.
- 11 VAN DER PLANK, J.E. 1963. *Plant Diseases: Epidemics and Control*. Academic Press, New York. 349 p.

RETENCION DE FOSFATOS EN ANDEPTS DE COSTA RICA. I. RELACIONES ENTRE LA RETENCION DE FOSFATOS, EL pH EN NaF Y EL ALUMINIO ACTIVO¹ /

J. CANESSA*
F. SANCHO*
A. ALVARADO*

Summary

The relationship between retained P, pH in sodium fluoride and active aluminium content was studied in fifteen soils classified as Vitrandepts, Dystrandeps and Hydrandepts from the Central Volcanic Range of Costa Rica.

Hydrandepts showed the highest average values for the three parameters (retained P, 92%, pH in sodium fluoride, 11.2, active aluminium, 3.90%). The values for the Dystrandeps were retained P, 84%; pH in sodium fluoride, 9.8%; active aluminium, 1.88%. For the Vitrandepts, values were retained P, 71%; pH in sodium fluoride, 9.4; active aluminium, 0.74%.

Retained P correlated positively and significantly with pH in sodium fluoride and active aluminium. A correlation between pH in sodium fluoride and active aluminium was found, showing that both parameters are efficient indicators of phosphate retention.

Active aluminium values higher than 2% and pH in sodium fluoride greater than 10.2 correspond to retained P values higher than 82%. Such levels could separate two soil populations (1) Those that retain P proportionally to increasing active aluminium contents, including soils with vitric properties or with a greater degree of crystallization (Vitrandepts and some Dystrandeps), and (2) Those soils in which retained phosphorus is not proportional with active aluminium contents, including soils with andic properties and predominantly amorphous mineralogy, chiefly Hydrandepts.

Introducción

La alta retención de fosfatos es el mayor problema para el crecimiento de los cultivos en Andepts Bertsch *et al.* (3) en Dystrandeps demostraron que la deficiencia de fósforo fue el problema limitante esencial y prácticamente único en más de un 40% de los suelos.

El problema de la retención de fosfatos con relación a otros suelos se demuestra en los estudios realizados por Fassbender (7) en Costa Rica, quien indica que

el promedio de retención de fosfatos fue de 42%, 58.2% y 86.4% para suelos aluviales, latosoles y andosoles respectivamente. Alvarado (1) trabajando con suelos de Costa Rica y Guatemala encontró valores de retención de fosfatos que fluctuaron desde 25.1% hasta 99.6% para suelos clasificados como Vitrandepts, Dystrandeps e Hydrandepts.

Mizota (15) encontró los valores más altos de capacidad de retención de fosfatos en suelos donde la alofaña y la imogolita son dominantes, mientras que suelos de mineralogía silico-opalina mostraron los valores más bajos.

Según Kanehiro y Mikami (12) la presencia dominante de materiales amorfos en el suelo, está determinada por las condiciones ambientales en las cuales éste se ha formado. Aquí se menciona principalmente a la lluvia, debido a que la pérdida de sílice por lixiviación es el principal proceso activo que da origen

¹ Recibido para publicación el 4 de junio de 1986
Este trabajo constituye parte de la tesis de Licenciatura en Fitotecnia presentada por el primer autor a la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica

* Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

a un ambiente ácido, rico en aluminio. Por el contrario en regiones secas existe un enriquecimiento de la solución con ese elemento y los cationes hidroxialuminícos tienden a cristalizar.

Wada y Gunjigake (25) proponen que el complejo de cambio de Andepts sea definido en términos de la abundancia de aluminio activo, el cual es definido como:

- a Aluminosilicatos no cristalinos o paracristalinos tales como: alofana, constituyentes similares a la alofana e imogolita
- b Iones hidroxialuminícos interlaminados en silicatos integrados 2:1 y 2:1:1
- c Al-humus
- d Iones Al-intercambiable en silicatos laminares 2:1 y 1:1

La fracción aluminio activo contribuye en tal grado a la retención de fosfatos que se le ha considerado como criterio de clasificación por el ICOMAND (11). Varios investigadores han encontrado que la retención de fosfatos correlaciona mejor con el contenido de aluminio activo que con los contenidos de alofana (1, 2, 20, 22, 23).

El oxalato de amonio en medio ácido disuelve la alofana, algo de imogolita, óxidos de hierro probablemente estructurados, y complejos de Al y Fe-humus, liberando cantidades apreciables de Al, Fe y Si (18).

La alta correlación obtenida entre el aluminio extraible en oxalato de amonio y el porcentaje de retención de fosfatos comprueba que el "aluminio amorfó" es uno de los principales compuestos que reacciona con el fosfato para aumentar la retención (13).

Cuando el fluoruro es adicionado al suelo se produce un gran desplazamiento de OH⁻ a partir de la reacción con los materiales amorfos. Este desplazamiento es proporcional al pH de la solución supernatante Fieldes y Claridge, Romo y Roy (9, 21). El pH en NaF está mejor correlacionado con los contenidos de aluminio extraído con ditionito citrato que con la alofana en sí misma; de esto se desprende que la reacción al fluoruro no es específica para alofanas, sino que puede reaccionar con cualquier aluminio activo que pudiera estar presente (16, 22).

Alvarado (1) encontró una correlación positiva y significativa, entre el pH en NaF y la retención de fosfatos, obteniendo los menores valores de pH en suelos con bajos contenidos de arcillas o con alto grado de cristalización. El mismo autor, encontró

suelos con más de 2.41% de aluminio extraible en oxalato de amonio o con un pH en NaF después de 2 minutos mayor que 10.7, poseen una mineralogía de arcillas de tipo "amorfo" y capacidades de retención de fosfatos superiores al 85%.

El objetivo del presente trabajo fue determinar las relaciones existentes entre el pH en NaF 1N, el contenido de aluminio activo y la retención de fosfatos en suelos volcánicos de Costa Rica.

Materiales y métodos

La zona en estudio se encuentra en la denominada Cordillera Volcánica Central de Costa Rica (Fig. 1). Se tomaron muestras de los primeros 30 cm de profundidad en 15 sitios previamente establecidos según estudios realizados por Alvarado (1).

Con el fin de ilustrar mejor las propiedades y comportamiento de los suelos derivados de cenizas volcánicas se trató de cubrir un amplio ámbito de características de suelo disponibles. La ubicación y otras características de los suelos se describen en el Cuadro 1.

Las muestras de suelo una vez traídas del campo, fueron pasadas a través de una malla de 2 mm de diámetro y almacenadas en bolsas de polietileno para

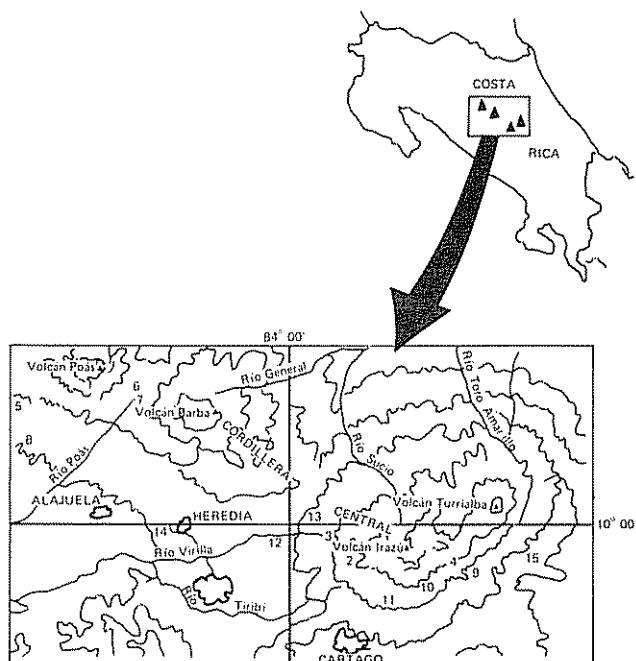


Fig. 1 Ubicación geográfica de los suelos estudiados. 1. Altura; 2. Rancho Rendondo; 3. La Nubes; 4. Estación Coliblanco; 5. La Luisa; 6. Poasito A; 7. Poasito B; 8. Grecia; 9. Capellades; 10. Hotel de Montaña; 11. Tierra Blanca; 12. Virilla Coronado; 13. Tanque San Rafael; 14. Barreal y 15. Santa Cruz.

Cuadro 1. Ubicación, altitud y clasificación de los suelos estudiados.

| Suelo No. | Ubicación | Altitud msnm | Clasificación |
|-----------|-------------------------|--------------|--------------------|
| 1 | Altura | 2 226 | Typic Hydrandept |
| 2 | Rancho Redondo | 2 256 | Typic Vitrandept |
| 3 | Las Nubes Coronado | 1 716 | Typic Vitrandept |
| 4 | Coliblanco de Cartago | 3 079 | Typic Vitrandept |
| 5 | La Luisa de Grecia | 1 286 | Typic Dystranddept |
| 6 | Poasito A | 1 966 | Typic Hydrandept |
| 7 | Poasito B | 1 966 | Typic Hydrandept |
| 8 | Grecia | 579 | Typic Dystranddept |
| 9 | Capellades | 1 920 | Typic Hydrandept |
| 10 | Hotel de Montaña | 2 957 | Typic Vitrandept |
| 11 | Tierra Blanca | 2 226 | Typic Dystranddept |
| 12 | Virilla-Coronado | 1 426 | Typic Dystranddept |
| 13 | Tanque de San Rafael | 1 619 | Typic Vitrandept |
| 14 | Barreal de Heredia | 1 021 | Typic Dystranddept |
| 15 | Santa Cruz de Turrialba | 1 472 | Typic Hydrandept |

evitar cambios en las propiedades químicas del suelo debidas a la pérdida de humedad. Todos los análisis se hicieron en húmedo y se registraron con base en el peso seco después de haber obtenido la humedad gravimétrica.

Los procedimientos de análisis de rutina se desarrollaron con base en la metodología descrita por Diaz-Romeu y Hunter (5).

El análisis granulométrico se realizó con base a los procedimientos sugeridos por el Servicio de Conservación de Suelos del USDA (22).

El aluminio activo se extrajo a partir de una muestra de suelo de 0.5 g a la cual se le adicionó 10 ml de una solución 0.2 M de oxalato ácido de amonio, ajustado a pH 3. La mezcla suelo: solución se agitó en la oscuridad durante dos horas y luego se centrifugó. Los contenidos de aluminio se determinaron mediante espectrofotometría de absorción atómica (16).

También se midió el pH en NaF 1N en una relación 1:50 después de 2 minutos de reacción según lo describen Fieldes y Perrott (8). El porcentaje de retención de fosfatos se calculó como $(100(1-b))$, donde b es la pendiente de la regresión lineal de P adicionado sobre P-extraído para cada suelo, según lo sugiere Alvarado (1).

Resultados y discusión

Caracterización físico-química de los suelos

Los promedios para cada uno de los elementos analizados se muestran en el Cuadro 2. En términos

generales se observa una tendencia del pH a disminuir conforme se avanza de Vitrandepts hasta Hydrandepts, lo que concuerda con las afirmaciones de Igawa (6), quien considera que los suelos derivados de cenizas volcánicas recientes presentan valores de pH neutro, producto de un contenido bajo de materia orgánica y una reducida lixiviación de las bases intercambiables. Los valores de pH ácido son el resultado de una mayor actividad del Al-intercambiable, contenidos elevados de materia orgánica y una baja saturación de bases intercambiables (14).

Las fluctuaciones en los niveles de Ca, Mg y K son el resultado de diferencias en el material parental y la precipitación pluvial (14), y en el presente estudio se encontró que los Dystranddepts presentaron el mayor contenido de bases, los Vitrandepts cantidades medias y los Hydrandepts las menores cantidades

El P, S y B mostraron una tendencia similar ya que, disminuyeron sus contenidos desde Vitrandepts hasta Hydrandepts, lo cual es explicado por cuanto la mineralogía de cenizas y el grado de meteorización del suelo determinan la magnitud de la capacidad de retención de estos elementos (6, 10). Los menores contenidos de S y B en Hydrandepts se explican no sólo por la retención sino también por la lixiviación de dichos elementos (10).

El Cu y el Zn no mostraron tendencias marcadas entre los Grandes Grupos de Suelos. Los contenidos de materia orgánica aumentaron con el grado de meteorización de los suelos, siendo máximo en Hydrandepts, lo cual se atribuye a la formación de complejos Al-humus y Fe-humus (6).

Cuadro 2. Propiedades físico-químicas de los suelos estudiados.

| No. | H ₂ O | KCl | cmol (+) l ⁻¹ | | | | ugml ⁻¹ suelo | | | | % | | | | |
|-------------|------------------|-----|--------------------------|------|------|------|--------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | pH | K | Ca | Mg | S.B. | P | S | B | Cu | Zn | M.O. | | |
| VITRANDEPT | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | 6.2 | 4.8 | 0.21 | 0.38 | 2.53 | 0.58 | 3.49 | 38.8 | 13.2 | 0.31 | 14.9 | 2.8 | 2.3 | 69.8 | 30.2 |
| 03 | 5.8 | 4.7 | 0.64 | 0.45 | 2.10 | 0.77 | 3.32 | 28.3 | 36.5 | 0.49 | 18.9 | 7.4 | 6.7 | 60.5 | 39.5 |
| 04 | 6.2 | 4.5 | 0.70 | 0.13 | 1.84 | 0.33 | 2.30 | 32.4 | 34.5 | 0.48 | 25.3 | 7.4 | 7.1 | 62.2 | 37.8 |
| 10 | 6.1 | 4.7 | 1.01 | 0.45 | 1.84 | 0.36 | 2.65 | 120.0 | 15.4 | 0.30 | 15.4 | 2.6 | 3.4 | 65.6 | 34.4 |
| 13 | 5.7 | 5.0 | 0.64 | 0.58 | 3.00 | 1.43 | 5.01 | 7.8 | 23.4 | 0.31 | 23.3 | 15.0 | 9.9 | 54.7 | 45.3 |
| X | 6.0 | 4.7 | 0.64 | 0.40 | 2.26 | 0.69 | 3.35 | 45.5 | 24.6 | 0.38 | 19.6 | 7.2 | 5.9 | 62.6 | 37.4 |
| DYSTRANDEPT | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | 5.2 | 4.4 | 0.78 | 0.48 | 1.84 | 0.33 | 2.65 | 6.5 | 6.1 | 0.44 | 18.8 | 6.1 | 8.8 | 15.6 | 84.4 |
| 08 | 5.8 | 4.4 | 0.37 | 1.03 | 8.70 | 1.52 | 11.30 | 17.4 | 13.3 | 0.61 | 22.8 | 5.2 | 9.6 | 12.0 | 88.0 |
| 11 | 5.8 | 4.7 | 0.37 | 0.90 | 5.74 | 1.90 | 8.54 | 5.2 | 14.0 | 0.16 | 23.9 | 2.2 | 7.6 | 34.1 | 65.9 |
| 12 | 5.9 | 5.0 | 0.27 | 1.15 | 7.01 | 1.50 | 9.66 | 50.7 | 17.8 | 0.18 | 24.5 | 8.0 | 8.8 | 47.8 | 52.2 |
| 14 | 5.5 | 4.5 | 1.30 | 0.51 | 2.53 | 0.81 | 3.85 | 94.0 | 14.4 | 0.41 | 19.9 | 6.6 | 7.5 | 32.3 | 67.7 |
| X | 5.6 | 4.6 | 0.62 | 0.81 | 5.20 | 1.21 | 7.20 | 34.8 | 13.1 | 0.36 | 22.0 | 5.6 | 8.5 | 28.4 | 71.6 |
| HYDRANDEPT | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01 | 5.5 | 4.5 | 0.59 | 0.32 | 1.60 | 0.68 | 2.60 | 6.5 | 7.5 | 0.45 | 13.6 | 9.1 | 18.1 | 27.3 | 72.7 |
| 06 | 5.6 | 4.9 | 0.32 | 0.40 | 2.10 | 0.55 | 3.05 | 7.4 | 14.5 | 0.31 | 18.5 | 9.1 | 10.1 | 30.1 | 69.9 |
| 07 | 5.5 | 4.6 | 0.64 | 0.78 | 3.22 | 0.79 | 4.79 | 6.3 | 11.2 | 0.31 | 12.5 | 12.4 | 17.9 | 30.0 | 70.0 |
| 09 | 5.7 | 4.5 | 0.78 | 0.33 | 1.39 | 0.83 | 2.55 | 28.4 | 8.2 | 0.51 | 18.5 | 9.6 | 15.6 | 22.0 | 78.0 |
| 15 | 5.5 | 4.2 | 1.40 | 0.27 | 1.84 | 0.24 | 2.35 | 10.9 | 5.7 | 0.45 | 25.2 | 4.6 | 15.3 | 48.4 | 51.6 |
| X | 5.6 | 4.5 | 0.75 | 0.42 | 2.03 | 0.62 | 3.07 | 11.9 | 9.4 | 0.33 | 17.7 | 8.9 | 15.4 | 31.6 | 68.4 |

Por su parte, el contenido de arenas disminuyó y la fracción fina aumentó conforme se desplazó de Vitrandepts hasta Hydrandepts. Esto se atribuyó a las diferencias en el grado de meteorización de los suelos

Fósforo retenido, pH en NaF y aluminio activo

Como se muestra en el Cuadro 3, existe una tendencia del fósforo retenido, el pH en NaF y el aluminio activo a aumentar en la medida en que se desplaza del Gran Grupo Vitrandepts hasta Hydrandepts. Este comportamiento ya ha sido descrito por otros investigadores (1, 7).

Dichas diferencias son atribuibles al grado de meteorización de estos suelos, ya que los Vitrandepts son suelos poco meteorizados que presentan abundancia de minerales primarios. En el presente estudio se mostró que al aumentar el contenido de arenas el porcentaje de retención de fosfatos disminuyó significativamente ($r = 0.604$, $p > 0.05$)

Los menores contenidos de aluminio activo en estos suelos ($x = 0.74\%$) explican también los bajos valores de retención de fosfatos, habida cuenta del papel preponderante de esta fracción en la retención del mismo (13).

En los Vitrandepts el pH en NaF alcanzó el valor promedio más bajo ($x = 9.4$) en comparación con los otros dos Grandes Grupos, debido al menor desplazamiento de iones OH^- a partir de los materiales amorfos. Estos al encontrarse en menores cantidades producen un incremento de menor magnitud en el pH de la solución supernatante (8, 21).

Por otro lado, el Gran Grupo de los Hydrandepts presentó los mayores valores de retención de fosfatos, lo cual es atribuible a la predominancia de la fracción de aluminio activo en el suelo ($x = 3.9\%$). Dicha fracción posee una gran superficie específica y al presentarse en forma hidratada mantiene la condición hidrogel, lo que aumenta la capacidad de retención de fosfatos según lo ha demostrado Colwell (4).

Los Hydrandepts presentaron el pH en NaF más alto ($x = 11.2$), como consecuencia de los mayores contenidos de aluminio activo. Estos resultados permiten separar a los Hydrandepts como los suelos volcánicos más problemáticos en cuanto a la retención de fosfatos.

Los Dystranddepts ocuparon una posición medial con respecto a los dos Grandes Grupos anteriores. En estos suelos el contenido de materiales amorfos es menor que en los Hydrandepts como consecuencia del papel determinante que tienen las condiciones ambientales. Los ciclos de humedecimiento y seca-

miento alternos, característicos de los regímenes ústicos, hacen que los iones hidroxialuminícos tiendan a cristalizar reduciendo así la retención de fosfatos, el pH en NaF y el contenido de aluminio activo

Retención de fosfatos y pH en NaF

La retención de fosfatos correlacionó en forma positiva y significativa con el pH en NaF (Fig. 2), similares resultados fueron obtenidos por Alvarado (1) trabajando con Andepts de Guatemala y Costa Rica

La adición de fluoruro al suelo produjo el desplazamiento de iones hidroxilo a partir de la reacción con los materiales amorfos, el cual fue menor en los Vitrandepts, que son suelos poco meteorizados, de ahí que ocuparon la posición basal en el modelo de regresión que se ilustra en la Fig. 2. Los Dystranddepts se situaron en una posición medial y los Hydrandepts ocuparon la posición distal, en correspondencia con los mayores contenidos de aluminio activo que reaccionan con el ion fluoruro adicionado y provocan un mayor desplazamiento de iones hidroxilo (22).

También el comportamiento de estas dos variables se puede atribuir a que la liberación de iones hidroxilo es proporcional a la relación molar $\text{Al}/\text{Al}+\text{Si}$. Los

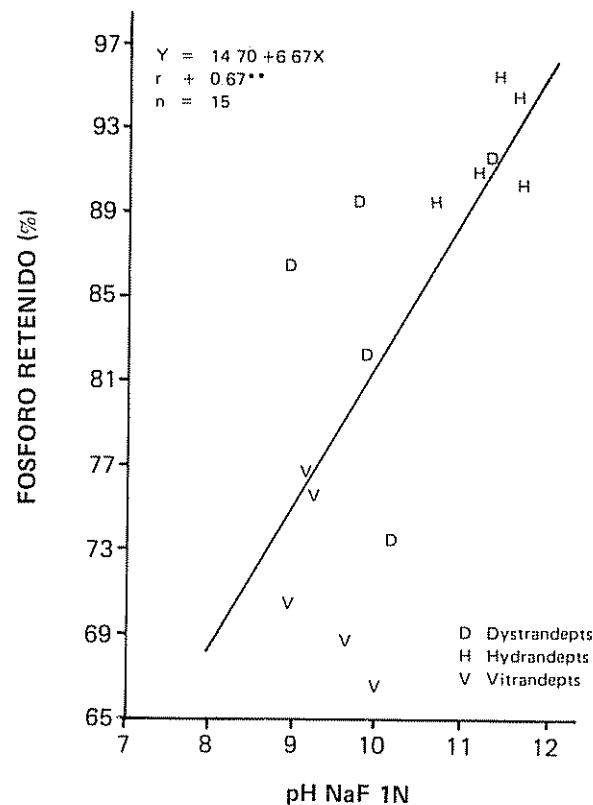


Fig. 2 pH en NaF y fósforo retenido en suelos volcánicos de Costa Rica

suelos poco meteorizados como los Vitrandepts presentan una relación molar baja, por lo que existe una menor liberación de iones hidroxilo, un pH en NaF más bajo y en consecuencia una menor capacidad de retener fosfatos (19).

La medición de la reacción con el fluoruro de sodio, así como la retención de fosfatos indican la dominancia del aluminio activo. En consecuencia, los anteriores parámetros pueden ser usados como criterios útiles para definir la clasificación de los suelos volcánicos.

Retención de fosfatos y aluminio activo

Se obtuvo una correlación positiva y significativa entre la retención de fosfatos y el contenido de aluminio activo (Fig. 3). Comportamientos similares han sido descritos por otros investigadores (12, 13).

La adición de oxalato ácido produjo una disolución del aluminio asociado con la alofana, la imogolita, y los óxidos de hierro y aluminio (18). La alta correlación obtenida entre estas dos variables comprobó que el aluminio activo es uno de las principales formas del elemento que reaccionan con el ion fosfato para aumentar la retención.

Considerando los criterios de Icomand (11), un contenido igual o superior al 2% de aluminio activo define al suelo como ándico, es decir, con una predominancia de materiales amorfos en el complejo de cambio. De acuerdo a las regresiones obtenidas entre el pH en NaF, el % P-retenido y el % Aluminio activo ese valor sugerido por el ICOMAND corresponde según el presente estudio, a una retención de fosfatos superior al 82% y un pH en NaF mayor de 10.2. Estos resultados coinciden con lo encontrado por Kawai (13) y Alvarado (1).

Un valor de retención de fosfatos mayor de 82% y un pH mayor de 10.2 podrían utilizarse para separar dos grupos de suelos:

- 1 Suelos con propiedades vitrinas (Vitrandepts) o mayor grado de cristalización de minerales (Dystranddepts), que retienen fosfatos en proporción a los aumentos en los contenidos de aluminio activo (segmento lineal de la regresión)
- 2 Suelos con propiedades ándicas en los cuales el fósforo es retenido sin guardar proporción con los aumentos en el contenido de aluminio activo (segmento cuadrático), que incluye principalmente a los Hydrandepts.

La pendiente del modelo cuadrático que se muestra en la Fig. 3 podría entonces indicar incrementos

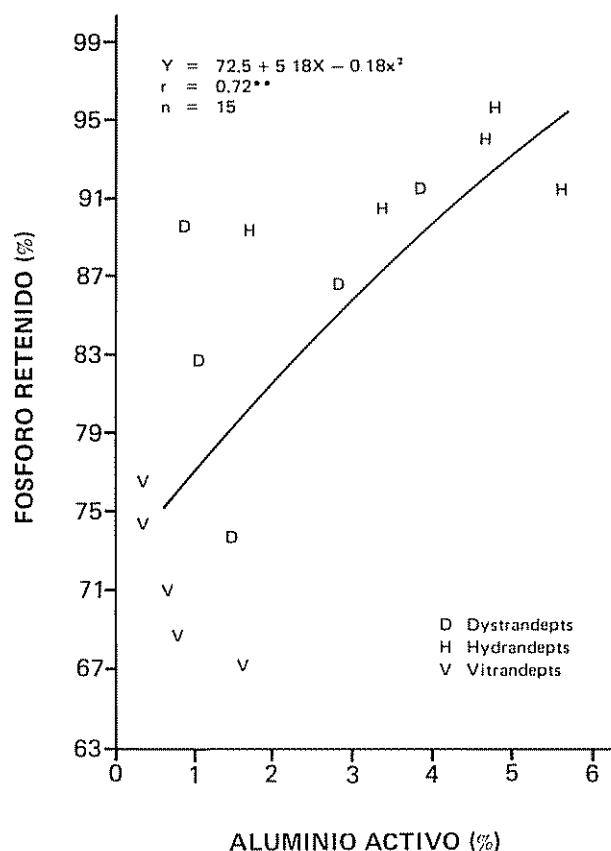


Fig. 3 Aluminio activo y fósforo retenido en suelos volcánicos de Costa Rica.

en la cantidad relativa de arcillas no cristalinas con respecto a la fracción cristalina (12).

Aluminio activo y pH en NaF

Los valores de pH en NaF mostraron una estrecha correlación positiva y significancia (Fig. 4) con el contenido de aluminio activo. La correlación entre ambas variables se explica por el modo de acción del ión fluoruro que reacciona con cualquier aluminio activo presente en el suelo (16).

Resumen

En 15 suelos ubicados en la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica, clasificados como Andepts, y pertenecientes a los Grandes Grupos Vitrandepts, Dystranddepts e Hydrandepts, se estudió la relación entre el porcentaje de P-retenido, el pH en NaF y el contenido de aluminio activo.

Los Hydrandepts presentaron en promedio los mayores valores para las tres variables evaluadas (P-retenido 92%, pH NaF 11.2 y Al-activo 3.90%), los

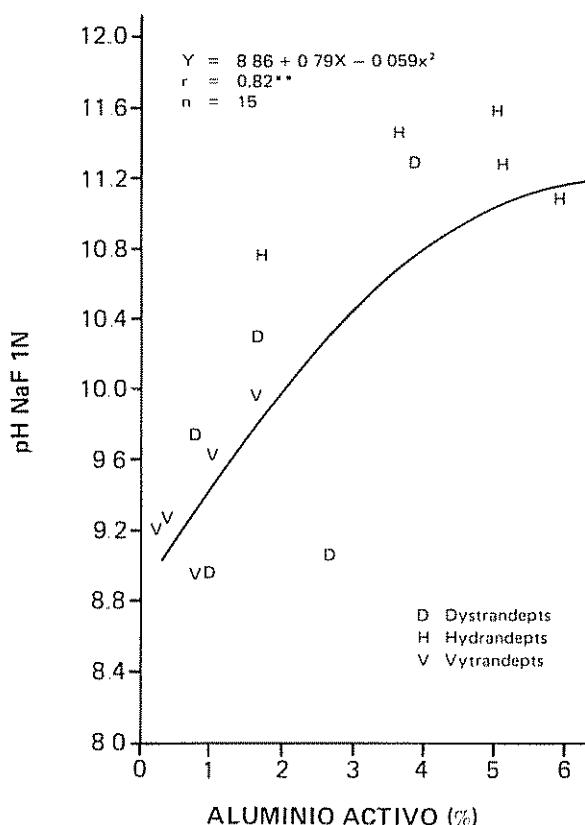


Fig. 4 Aluminio activo y pH en NaF en suelos volcánicos de Costa Rica

Dystrandepts ocuparon una posición intermedia (P-retenido 84%, pH NaF 9.8 y Al-activo 1.88%) y los menores valores se presentaron en el Gran Grupo de los Vitrandepts (P-retenido 71%, pH NaF 9.4 y Al-activo 0.74%).

El porcentaje de P-retenido correlacionó en forma positiva y significativa con los valores de pH en NaF y % Al-activo. Así mismo, el pH en NaF y el Al-activo correlacionó entre sí demostrando que ambos son eficientes indicadores de la retención de fosfatos.

Los valores de pH en NaF mayores de 10.2 y de Al-activo superiores al 2.0% corresponden con valores de P-retenido mayores del 82%. Dichos niveles podrían separar dos poblaciones de suelos: 1. Los que retienen fósforo en proporción a los aumentos en los contenidos de aluminio activo y que incluye principalmente a suelos con propiedades vítricas o con mayor grado de cristalización (Vitrandepts y algunos Dystrandepts); y 2. Aquéllos en los cuales el fósforo retenido no guarda proporción con los aumentos en el contenido de aluminio activo, y que incluye suelos con propiedades ándicas y de mineralogía predominante "amorfa", principalmente el Gran Grupo de los Hydrandepts.

Literatura citada

- 1 ALVARADO, A. 1982. Phosphate adsorption in Andepts from Guatemala and Costa Rica as related to other soil properties Ph.D. Thesis Raleigh, North Carolina State University 82 p.
- 2 ALVARADO, A. 1984. Aluminio activo en suelos de cenizas volcánicas de Costa Rica y Guatemala Turrialba (Costa Rica) 34(3): 396-398.
- 3 BERTSCH, F.; CORDERO, A.; ALVARADO, A. 1984. Fertilidad de Typic Dystrandeps de Costa Rica. II. Aniones (N, P, B, S, Mo), materia orgánica y textura. Turrialba (Costa Rica) 34(2):199-205
- 4 COLWELL, J.D. 1959. Phosphate sorption by iron and aluminium oxides. Australian Journal of Applied Science 10:95-103
- 5 DIAZ-ROMEU, R., HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigaciones de invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 61 p.
- 6 EGAWA, T. 1980. Propiedades de los suelos derivados de cenizas volcánicas. In Suelos derivados de cenizas volcánicas en Japón. Ed. por Y. Ishizuka y C.A. Black. México, CYMMYT, p. 14-67.
- 7 FASSBENDER, H.W. 1969. Estudio del fósforo en suelos de América Central IV. Capacidad de fijación de fósforo y su relación con características edáficas. Turrialba (Costa Rica) 19(1):497-505.
- 8 FIELDERS, M.; PERROTT, K.W. 1966. The nature of allophane in soils III. Rapid field and laboratory test for allophane. N.Z. Journal Science 9:623-629
- 9 FIELDERS, M.; PERROTT, K.W., CLARIDGE, G.B. 1975. Allophane. In Soil components; inorganic components. Ed. by J.E. Gieseking. New York, Springer Verlag. p. 351-393.
- 10 FOX, R.L. 1974. Chemistry and management of soils dominated by amorphous colloids. Soil and Crop Science Society Florida 33:112.
- 11 ICOMAND 1983 (International Committee on the Classification of Andisols). Circular Letter No. 5. p. 7.

- 12 KANEHIRO, Y., MIKAMI, D.T. 1972 Some exchange adsorption and fixation properties of amorphous volcanic ash soils of Hawaii. In Panel sobre suelos volcánicos de América 2, 1972, Pasto, Colombia IICA-OEA 34 p
- 13 KAWAI, K. 1980. The relationship of phosphorus adsorption to amorphous aluminium for characterizing andosols. Soil Science 129:186-189
- 14 MARTINI, J.A. 1969. Distribución geográfica y características de los suelos derivados de cenizas volcánicas en Centro América. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina 1969, Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, IICA p. A-5
15. MIZOTA, CH. 1977. Phosphate fixation by ando soils difference in their clay mineral composition. Soil Science Plantarum Nature 23(3): 311-318.
16. MIZOTA, CH., WADA, K. 1980. Implications of clay mineralogy to the weathering and chemistry of Ap horizons of ando soils in Japan. Geoderma 23(1):49-63
17. McKEAGUE, J.A., DAY, J.H. 1966. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as in differentiating various classes of soils. Canadian Journal of Soil Science 46:13-22.
18. PARFITT, R.L., HENMI, T. 1982 Comparison of an oxalate-extraction method and an infrared spectroscopic method for determining allophane in soil clays. Soil Science Plant Nutrition 28(2):183-190.
- 19 PERROTT, K.W., SMITH, B.F.L., INKSON, R.E.H. 1976. The reaction of fluoride with soils and soil minerals. Journal Soil Science 27:58-67
- 20 PRASAD, S., MOTTO, H.L. 1982. Retention of applied P by volcanic ash soil-influence on available P and soluble Al. Commun in Soil Plant Analysis 13(6):441-452.
- 21 ROMO, L.A., ROY, R. 1957. The substitution of OH⁻ by F⁻ in various hydroxic minerals. American Mineralogist 42:165-177.
- 22 SHOJI, S., FUJIWARA, Y. 1984. Active aluminium and iron in the humus horizons of ando soils from northeastern Japan; their forms, properties and significance in clay weathering. Soil Science 137(4):216-226
23. TANDON, H.L.S. 1968. Fluoride-extractable aluminium in soils II As an index of phosphate retention by soils. Soil Science 109(1):13-18
- 24 U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1972. Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples. Washington, D.C., Soil Conservation Service. 63 p.
- 25 WADA, K., GUNJIGAKE, N. 1979. Active aluminium and iron and phosphate adsorption in ando soils. Soil Science 128(6):331-336.

RESPONSE OF UPLAND RICE TO NITROGEN AND SUPPLEMENTAL IRRIGATION APPLIED AS A CONTINUOUS WATER VARIABLE¹ */

T.M. FULLERTON**
R.K. STUTLER**

Resumen

Se estudió la respuesta de arroz secano al riego suplemental y a la fertilización nitrogenada durante las estaciones lluviosas de 1974 y 1976 en el noroeste de El Salvador. La lluvia fue abundante y bien distribuida para la producción de arroz en el primer año del estudio. Se cosecharon más de 6 500 kg/ha del grano de parcelas tratadas con 90 ó 120 kg/ha de N. Sin embargo, se registró un acáme de 23% en los lotes donde el nivel de N aplicada fue 120 kg/ha. La distribución de lluvia fue irregular durante la estación de 1976. Los rendimientos tendían a aumentarse con cantidades crecientes de N y agua aplicada, pero se observó una interacción significativa en la respuesta del arroz a las dos variables. La producción de arroz fue de aproximadamente 6 000 kg/ha donde se aplicaron las cantidades máximas de N y riego suplemental en el segundo año del estudio.

El agua se aplicó como una variable continua de riego, por el uso de un solo aspersor ubicado en el centro de cada repetición. De una área relativamente pequeña, se recogió gran cantidad de datos. Los recursos necesarios para llevar a cabo el estudio fueron mínimos. Los resultados del ensayo de arroz de 1976 demostraron bien el valor de riego suplemental en una estación lluviosa caracterizado por precipitación irregular.

¹ Received for publication on September 20, 1985

* Research supported in part by Contract AID/ta-c-1103; conclusions or opinions expressed do not necessarily represent those of the United States Agency for International Development or Utah State University.

The authors gratefully acknowledge support of the study by the Ministry of Agriculture and Livestock in El Salvador, through the General Directorate of Irrigation and Drainage and the National Center for Agricultural Technology

** Formerly members of the Utah State University Water and Soil Management Project located in San Salvador, El Salvador; at present, Regional Agronomist, Agro Services International, Inc., P.O. Box 667, Orange City, Florida 32763 and Research Engineer, Department of Agricultural and Irrigation Engineering, Utah State University, Logan, Utah 84322

Introduction

Prior to 1971, much of the rice produced in El Salvador was exported. Greater profits were obtained for grain sold abroad rather than locally. Legislation to prevent the exportation of rice was enacted in an attempt to increase the supply of rice within the country. However, the number of hectares of land utilized for rice culture sharply declined as a result of the new law. Production decreased by more than 40% between 1971 and 1974. A subsequent priority of the Ministry of Agriculture was to encourage more extensive land use for cultivation of rice as well as increased unit productivity through improved agricultural technology (2, 3). Irrigation has been cited as a means of achieving both of these goals.

Temperatures of El Salvador are conducive to crop growth throughout the year. The climate is characterized by alternating periods of abundant rainfall and extreme drought that last for approximately six months. Upland rice is extensively cultivated during the rainy season in some areas of the country. Production gains that can be made through installation of irrigation systems to permit land use in the dry season are well appreciated. The additional benefit of irrigation to supplement rainfall in the rainy season has received little attention in El Salvador, although yields for rice and other crops are often reduced due to droughts which sometimes occur during this period.

Crop management is altered appreciably with the inclusion of irrigation into production systems. A profound interaction exists between soil moisture and fertility which is reflected in crop yields. Unless these factors are studied simultaneously, optimum levels of either factor cannot be defined. Management of nitrogen fertilizer requires special attention because, under upland conditions, inorganic soil N converts rapidly to the nitrate form and can be leached from the root zone with irrigation.

Irrigation studies require large areas and intensive labor in order to maintain precise water control. Treatments must be separated by wide borders to avoid movement of soil moisture from wet to dry plots. The amount of data generated for the development of crop response curves to applied water is usually less than that of field tests of equal area and management intensity designed to measure the influence of most other farm practices. Agricultural researchers of El Salvador, as in other countries, are often restricted in their use of improved technology by limited resources, including land, labor and time.

Fox (6) described the response of sweet corn to nitrogen fertilizer using a continuous function experimental design. Nitrogen was increased from 0 to a maximum of 240 kg/ha in 5.5 kg/ha increments from plant to plant along the row. Corn harvested from each plant was treated as an individual observation with rows analyzed as replications. According to Fox, response curves obtained through a design of this nature can be plotted with confidence due to the large number of samples involved. Border effects can be ignored for certain crops if the unit increase of the variable studied is small in relation to the overall range. Fox emphasized that the area and labor required to conduct the experiment was greatly reduced from that normally utilized to obtain the same information using standard field plot techniques.

Bauder *et al* (1) used a continuous variable design involving both irrigation and nitrogen to develop production functions for dry weight yield of corn. A soil moisture gradient was established through regulation of trickle lines for adjacent rows. Nitrogen fertilizer in sequential and progressively increased amounts was applied at right angles to the water variable. Results were compared to data obtained according to a split plot design which considered distinct levels of nitrogen and irrigation. Analyses of both experiments led to the same conclusions. The area necessary to conduct the split plot tests was four or five times greater than the plot space used for the continuous variable design.

Trickle systems are expensive and require considerable labor to operate. Hanks *et al* (7) utilized a single line of closely spaced sprinklers to create a continuous water variable. Progressively less water was measured with increased distance at right angles from either side of the line. Dry matter and grain yield for corn were related to evapotranspiration as influenced by irrigation from the sprinkler system. The authors concluded that the line source sprinkler method as described appeared to be a reliable and convenient method for developing crop yield functions. Wind distortion of the sprinkler discharge pattern was noted as a principal limitation of the system.

Problems associated with continuous variable designs including statistical analysis and deviation from conventional field plot methods have been discussed by several researchers (1, 6, 7, 8). Hanks *et al* (8) state that statistical analyses for the effect of continuum irrigation levels on yield are not available due to the lack of randomization, but that valid error terms are possible for the interaction of irrigation with other variables if these treatments are randomized within the test. Since irrigation effects are usually large, assignment of a probability level for this factor may not be critical. They propose a design similar to the split-block arrangement for the line-source sprinkler method. The method is not recommended in tests where irrigation differences are expected to be small.

The purpose of this study was to determine rainy season yield estimates for upland rice according to nitrogen fertilizer levels and supplemental irrigation applied as a continuous water variable. The convenience with which information of this nature could be obtained utilizing sprinklers in a manner similar to that reported by Hanks *et al* (7) was of principal concern.

Materials and methods

The study was conducted on the Agricultural Demonstration Farm of the Atiocoyo Irrigation District in northwestern El Salvador. Elevation of the test site is 270 m above sea level. Average annual temperature and relative humidity of the region are 25°C and 63%, respectively. Rainfall is measured at about 15 m annually with 90% or more occurring from May through October (4). Soil of the test area to a depth of 40 to 50 cm is classified as a Chalatenango silt loam and is underlain by a 10 to 15 cm layer of coarse sand. A heavy clay lies below the sandy layer. Analyses carried out by laboratories of the Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), Guatemala, for samples collected from the 0-40 cm portion of the horizon, showed the soil to contain adequate amounts of both phosphorous and potassium for the production of rice. A pH of 7.0 was recorded.

Field tests were established during the 1974 and 1976 rainy seasons. X-10 variety rice was planted at a rate of 130 kg/ha on June 4 and June 17 of 1974 and 1976, respectively. The rice was seeded in circular rows of progressively greater circumference. The first row was one m from the center of the area with subsequent rows occurring at 30 cm intervals to a radius of 15.5 m. There were three replications.

Each replication was divided into six equal parts which increased in width from the center of the circle to the outermost row according to a 60° angle for nitrogen treatments. Plots for nitrogen were separated by one m borders. Nitrogen in the form of ammonium sulfate was broadcast uniformly over the plot. Treatments consisted of 30, 60, 90, 120 and 150 kg/ha of N divided in three equal amounts and applied at approximately 25, 50 and 75 days following emergence. Control plots (no nitrogen) were also included. The pattern of nitrogen randomization was fixed for the three replications, but rotated 120° from one to the next in an attempt to offset wind effects on the water distribution pattern. Plot size was 91.3 m² for N treatments.

Supplemental irrigation was applied as a continuous water variable by positioning a sprinkler in the center of each replication. Rainbird model No. 30 sprinklers with 3/16 inch range by 1/8 inch (20°C) spreader nozzles were utilized for the tests. Sprinkler application depths were measured during each irrigation with cups spaced at 90 cm intervals from the center to the outer edge of the replication in the borders between nitrogen plots. Water distribution profiles were developed. Values of the profiles on both sides of the nitrogen plots were averaged and irrigation depths assigned to each row.

Water application was greatest approximately five m from the center of each replication. Soil moisture was maintained at or near field capacity in these areas of the plots until a week before harvest. Tensiometers installed to depths of 15, 30 and 45 cm in the zone where maximum water was applied in each replication were utilized as guides to initiate irrigation following periods of limited rainfall. Depending on the availability of irrigation water, subsequent applications during these periods were arbitrarily scheduled at two-day intervals until significant rainfall occurred.

Harvests were initiated 133 days after planting for both the 1974 and 1976 tests. Starting four m from the center of the replication, 36 rows were individually harvested along the water gradient within each nitrogen plot. Yields were converted to g/m of rough rice at 14% seed moisture for statistical analysis and treated as split-block experiments. Nitrogen levels were considered as whole plots with distance from the water source (to reflect irrigation effect) as non-randomized strip treatments across the N plots. Plant height and % lodging data were obtained immediately prior to harvest. Response to nitrogen as reflected by these observations was analyzed as a randomized complete block design which ignored the water gradient for the 1974 data. Plant height and % lodging measurements for the 1976 test were limited to areas of the plots that received maximum irrigation.

Potential evapotranspiration (ETP) was calculated from climatic data collected at the experimental site according to the Hargreaves and Christiansen equation (9). Crop coefficient values (kc) used for estimation of actual evapotranspiration (ETA) of rice were taken from those listed for wet season, humid South America by Doorenbos and Pruitt (5).

Results and discussion

The field arrangement used for the development of a continuous water variable with individual or widely separated sprinklers and circular plots is illustrated in Fig. 1. The relationship between accumulated irrigation depth and distance from the sprinkler measured during the 1974 and 1976 rice tests are presented in Fig. 2.

Total rainfall was 25 to 50 cm in excess of the calculated ETA for rice both years of the study (Table 1). Natural precipitation was uniformly distributed throughout the 1974 test. Irrigation was terminated early several times due to the initiation of rainfall. The maximum accumulated depth of applied water was 7.7 cm. In contrast, the 1976 rainy season was characterized by erratic rainfall distribu-

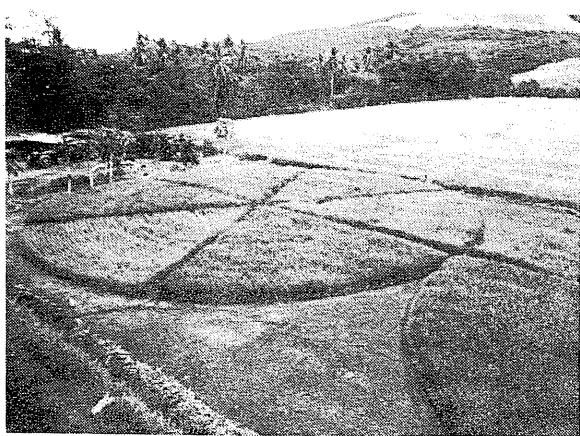


Fig. 1. View of rice plots with sprinkler in the center of a replication for development of the irrigation variable. The six plot divisions represent different nitrogen levels.

tion. The rice was irrigated on 14 occasions. The average total depth of sprinkler irrigation in the area of the plots of maximum application was 32.5 cm. Rainfall and maximum depth of supplemental irrigation for the 1976 season are presented on a daily basis in Table 2.

A response to nitrogen was recorded both years of the study. Increases in plant height were measured where greater amounts of nitrogen had been applied both rainy seasons (Table 3). Percent lodging followed a trend similar to that of plant height for the 1974 test. No lodging occurred in control plots as compared to 36% where 150 kg/ha was used. Lodging was not observed during the 1976 test. Rice yields were higher in 1974 than in 1976. An

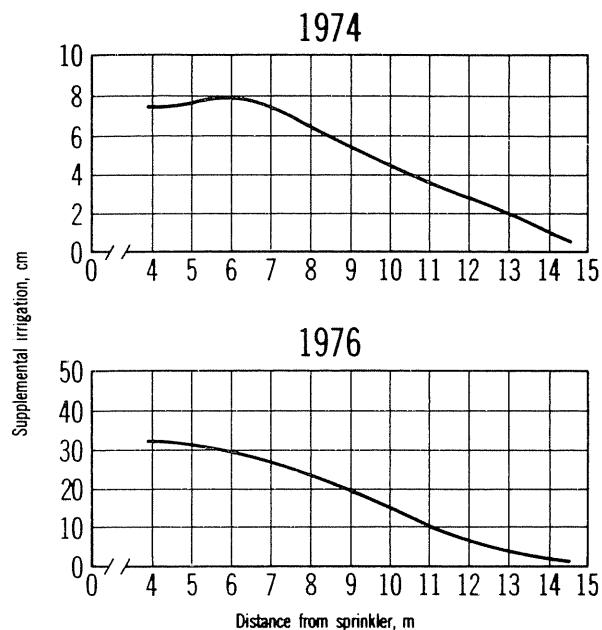


Fig. 2. Accumulated depth of supplemental irrigation applied as a continuous water variable for the 1974 and 1976 rainy seasons.

equivalent of more than 6 500 kg/ha of grain was harvested from plots where 90 or 120 kg/ha of nitrogen had been applied in 1974. Maximum yields were about 4 400 kg/ha for the 1976 test as main plot averages.

Supplemental irrigation decreased sequentially with increased distance from the center of each replication. A relationship between rice yield and accumulated irrigation depth was not found the first year of the study. However, statistical dif-

Table 1. Irrigation, rainfall and estimated water requirement for X-10 rice of the 1974 and 1976 rainy seasons.

| Rainy season | No. of irrigations | Ave. depth applied/ irrigation ¹ (mm) | Total depth applied ¹ (cm) | Accumulated rainfall (cm) | |
|--------------|--------------------|---|--|-------------------------------------|-------------|
| 1974 | 9 | 8.6 | 7.7 | 115.8 | |
| 1976 | 14 | 23.2 | 32.5 | 100.6 | |
| | | Irrigation plus rainfall Per day basis (mm) | Season (cm) | Estimated requirement Daily (mm) | Season (cm) |
| 1974 | | 9.0 | 123.5 | 4.6 | 63.5 |
| 1976 | | 9.6 | 133.1 | 5.4 | 75.0 |

1 Represents maximum depth of the continuous water variable.

Table 2. Average maximum depth of supplemental irrigation and rainfall in millimeters measured during the 1976 rice test. Parentheses indicate applied water.

| Day | June | July | Month | | |
|-----|-------|--------|--------|----------|----------|
| | | | Aug. | Sept. | Oct. |
| 1 | 0.1 | — | 5.1 | — | (22.0) |
| 2 | 8.6 | 25.1 | — | 9.9 | 15.0 |
| 3 | 0.7 | 5.0 | (22.8) | 4.3 | 19.0 |
| 4 | 4.0 | — | — | 13.4 | — |
| 5 | 38.3 | 39.2 | 28.3 | 8.2 | — |
| 6 | 18.6 | 8.8 | 1.4 | — | 9.9 |
| 7 | 5.1 | 1.0 | 6.0 | — | 23.8 |
| 8 | 39.8 | 0.8 | 9.4 | 11.2 | 18.5 |
| 9 | 54.2 | 8.0 | — | — | — |
| 10 | 38.0 | 7.4 | (23.8) | — | 1.4 |
| 11 | 13.2 | — | 4.3 | — | — |
| 12 | 18.2 | — | 4.5 | 0.5 | — |
| 13 | 81.4 | 0.2 | (27.6) | (24.2) | — |
| 14 | — | — | 6.5 | — | (23.1) |
| 15 | 1.8 | 23.3 | 28.3 | 20.4 | — |
| 16 | 4.5 | — | — | — | (22.8)** |
| 17 | 21.2* | — | 29.2 | (25.2)** | — |
| 18 | 0.2 | — | 28.9 | — | (29.7)** |
| 19 | 26.3 | — | 9.7 | — | — |
| 20 | — | — | — | (21.9) | 0.3 |
| 21 | 0.7 | (22.7) | 33.3 | — | (5.1) |
| 22 | 0.2 | — | 36.4 | (25.3) | — |
| 23 | 41.1 | (33.2) | 104.4 | 16.5 | — |
| 24 | 17.5 | — | — | 9.2 | — |
| 25 | 32.9 | — | — | 40.6 | — |
| 26 | — | 16.8 | 4.6 | 15.5 | 16.8 |
| 27 | 2.5 | 12.6 | — | 0.2 | —* |
| 28 | 9.4 | — | 0.5 | 0.9 | 10.8 |
| 29 | 36.6 | 36.0 | 0.2 | 0.9 | — |
| 30 | 10.3 | 0.7 | 19.6 | 0.4 | — |
| 31 | — | — | 1.2 | — | — |

* Plots were seeded on June 17; harvest was initiated on October 27.

** Depths listed for September 17, October 16 and October 18 include 1.0, 0.3 and 0.4 mm of rainfall, respectively.

ferences in the amount of grain harvested according to distance from the water source as well as a distance/nitrogen interaction were determined through analysis of the 1976 data (Table 4). Yield data plotted as a function of accumulated irrigation depths for the season and nitrogen levels are illustrated in Fig. 3. The regression model developed to describe the yield response is as follows:

$$Y = -6.13 + 4.94 I + 1.02 N - 0.11 I^2 - 0.0049 N^2 + 0.0198 NI \text{ where } Y = \text{yield in g/m; } I = \text{accumulated}$$

irrigation depth in cm; N = applied nitrogen in kg/ha; $R^2 = 0.77$.

The response curves generally demonstrate uniform production increases with corresponding increases in depth of applied water for all nitrogen levels. For example, yields ($\text{g/m} \times 33.33 = \text{kg/ha}$) of the 150 kg/ha N treatment increased from approximately 1,500 kg/ha for rice with the minimal amount of supplemental irrigation to about 6,000 kg/ha at irrigation depths more than 30 cm.

Table 3. Plant height, % lodging and yield of X-10 rice according to nitrogen treatments for the 1974 and 1976 rainy seasons¹.

| Rainy season | Nitrogen treatments (kg/ha) | | | | | |
|----------------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Control | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |
| Plant height (cm) | | | | | | |
| 1974 | 71 c ² | 83 b | 93 a | 92 a | 96 a | 97 a |
| 1976 | 69 d | 78 c | 85 b | 94 a | 97 a | 99 a |
| % Lodging | | | | | | |
| 1974 | 0 c | 3 bc | 13 bc | 15 bc | 23 ab | 36 a |
| 1976 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Yield (kg/ha) | | | | | | |
| 1974 | 4673 b | 6301 a | 6408 a | 6585 a | 6893 a | 6108 a |
| 1976 | 1328 b | 2122 b | 3278 a | 4207 a | 4406 a | 4353 a |

1 Means of the 1976 test for plant height and % lodging represent data obtained at maximum irrigation depths of the water gradient

2 Means followed by different letters are significantly different at the 5% level of probability according to Duncan's multiple range test.

Table 4. Analyses of variance for yield of X-10 rice according to nitrogen treatments and distance from the sprinkler as a reflection of supplemental irrigation depth for the 1974 and 1976 rainy seasons.

| Source of variation | Degrees of freedom | Mean square | |
|---------------------|--------------------|-------------|-------------|
| | | 1974 | 1976 |
| Replications | 2 | — | — |
| Nitrogen (N) | 5 | 58 576 19* | 163 958 75* |
| Error a | 10 | 5 389 11 | 12 459 09 |
| Distance (D) | 35 | 2 275 87 | 15 713 25** |
| Error b | 70 | 1 705 70 | 692 48 |
| N x D | 175 | 1 382 09 | 670.20* |
| Error c | 350 | 1 704 01 | 259 01 |
| Total | 647 | — | — |

* Significance at the 5% level of probability, or less

+ Non-randomized treatment

Grain harvested from plots which received 150 kg/ha of nitrogen was less than that obtained with 90 to 120 kg/ha of N where supplemental irrigation rates were low. This trend was reversed, however, for that portion of the irrigation gradient of maximum water depth. The response curves suggest that irrigation totals greater than 32.5 cm would not have resulted in higher yields for the 0 to 90 kg/ha nitrogen range and only slight increases in the 120 to 150 kg/ha N range.

Robins *et al.* (10) have reviewed the work of several investigators concerning the sensitivity of rice to drought stress. While abundant soil moisture is necessary throughout the growing season to assure maximum production, yield reductions are relatively more severe if moisture is limited during seedling establishment, tillering or a period extending from

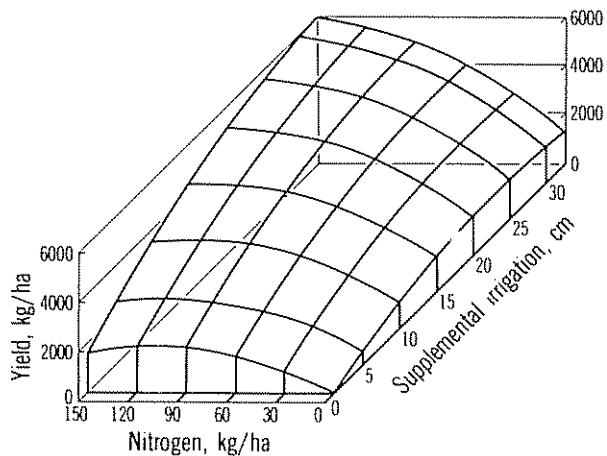


Fig. 3. Rice yield as influenced by nitrogen treatments and accumulated depth of supplemental irrigation for the 1976 rainy season.

about 20 days prior to heading until five days afterwards. Depressed yields may also result from moisture stress as rice approaches maturity.

Rainfall was abundant prior to and following seeding accomplished on June 17 for the 1976 test (Table 2). Tillering was in progress from approximately July 5 until August 5. Irrigation was applied on three occasions during this period. The development stage of critical moisture need associated with heading extended from late August through early October. Water was applied on four dates for an accumulated depth of 95.6 mm in September. The rice was irrigated five times between heading and the initiation of harvest.

Yield increases corresponding to greater amounts of supplemental irrigation for the 1976 rice test were based on seasonal depths of applied water (Fig. 3). However, water distribution profiles for each irrigation date were highly similar in form to that representing the seasonal total. Increases in rice yield resulting from increasing amounts of applied water as demonstrated in Fig. 3 could have been related equally well to any of the individual irrigations.

Moisture stress of sufficient magnitude to limit yields may have developed on occasion in areas of maximum irrigation between water applications and/or rainfall under the criterion utilized for irrigation scheduling. Yield reductions would be more pronounced at all points along the water variable if stress of this nature was present during periods of critical moisture need by rice as described above. Hanks *et al.* (7) have pointed out that all irrigation must be added at the same frequency to any given plot when using sprinklers to apply the continuous water variable, a disadvantage of the system.

In the interest of conserving space as well as other resources, a modified version of the line source sprinkler method (7) was utilized for the rice work presented here. Designs of this nature are characterized by small sampling units. Rows were harvested individually within each nitrogen plot and treated as sample observations, requiring considerable time.

Length of row harvested ranged from around eight m at distances farthest from the sprinkler, where grain production was extremely sparse in the 1976 test, to as little as one m for the row nearest the sprinkler. Shorter row lengths approaching the sprinkler decreased the time necessary for harvest, but probably increased variability in the sample. However, plant vigor and grain production along the rows were obviously more uniform as moisture conditions improved with less distance to the water source the second year of the study. Harvesting

greater row lengths as grain production became more limited due to moisture stress contributed to the consistency of the data in 1976.

Irrigation was delayed on occasion to avoid or reduce the influence of wind on water distribution. Nitrogen plots were rotated from one replication to the next in an attempt to offset wind effects. Wind distortion of the sprinkler pattern was minor in this study. Error introduced by a prevailing wind could probably be accounted for statistically in field tests of this type involving equal numbers or whole plot treatments and replications. For example, arrangement of whole plots to insure that each treatment occurred in all possible areas of the replications should permit consideration of position effect.

A large amount of data was generated from a relatively small area for the rice tests. A minimum of power and irrigation equipment was required to conduct the study. Harvest of the plots was time-consuming, but the large number of observations permitted the development of clearly defined response curves. Response to both water and nitrogen by the rice was highly visible in the field during the latter part of the 1976 rainy season.

Conclusions

X-10 rice is commercially produced in El Salvador as an upland crop and by flood irrigation. According to information obtained through regional trials primarily with flood irrigation, yields should range from 6 500 to 7 800 kg/ha (11). Production at maximum supplemental irrigation rates for this study approximated the lower limit of this range, but should provide a reasonable estimate of yields that can be attained by farmers operating under similar conditions of moisture and soils to those of the Atiocoyo district.

Further research should be conducted on nitrogen utilization and water management to substantiate the results of this report. Yields could probably be increased significantly with a minimum of lodging using around 90 kg/ha of nitrogen under favorable moisture conditions by improving the timing of the split application in relation to plant development. The value of supplemental irrigation in a wet season characterized by uneven rainfall distribution was well demonstrated by results of the 1976 test.

The use of sprinklers to impose a continuous water variable from a point source was found to be a convenient research technique for the study of water and nitrogen effects on rice. Although application of standard statistical analysis to obtain an error term

for the irrigation component is questionable, yield response curves for the water/nitrogen variables the second year of the study were considered reliable due to the obvious differences between treatments visible in the field and the large number of observations used for development of the regression model. Methods of this type appear to be highly practical for establishing limits for more intensive research and for extension demonstration purposes.

Summary

The response of upland rice to nitrogen fertilizer and supplemental irrigation was studied during the 1974 and 1976 rainy seasons in northwestern El Salvador. Rainfall was abundant and well distributed for rice production the first year of the study. More than 6 500 kg/ha of grain was harvested from plots treated with 90 or 120 kg/ha of N. However, lodging was recorded at 23% for the 120 kg/ha N level. Rainfall distribution was erratic during the 1976 test. Yields tended to increase with increased amounts of both N and applied water, although a significant interaction was found for response to these variables. Rice production was measured at approximately 6 000 kg/ha where maximum amounts of N and supplemental irrigation had been applied the second year of the study.

Water was applied as a continuous irrigation variable from a single sprinkler in each replication. A large amount of data was generated from a relatively small area. Minimal resources were required to conduct the study. The value of supplemental irrigation in a wet season characterized by uneven rainfall distribution was well demonstrated by results of the 1976 rice test.

Literature cited

1. BAUDER, J.W.; HANKS, R.J.; JAMES, D.W. 1975. Crop production function determinations as influenced by irrigation and nitrogen fertilization using a continuous variable design. *Soil Science Society of America Proceedings* 39:1 187-1 192.
2. DIRECCION GENERAL DE ECONOMIA AGROPECUARIA. 1976. Anuario de Estadísticas Agropecuarias: 1974/75. Ministerio de Agricultura y Ganadería. El Salvador. 188 p.
3. DIRECCION GENERAL DE ECONOMIA Y PLANIFICACION AGROPECUARIA. 1974. Plan Operativo del Sector Agropecuario. Ministerio de Agricultura y Ganadería (CONAPLAN). El Salvador. 163 p.
4. DIRECCION GENERAL DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES — SERVICIO METEOROLOGIA. 1976. Almanaque Salvadoreño. Ministerio de Agricultura y Ganadería. El Salvador. 89 p.
5. DOORENHOS, J.; PRUIT, W.O. 1975. Crop water requirements. Irrigation and drainage. Paper No. 24. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 179 p.
6. FOX, R.L. 1973. Agronomic investigations using continuous function experimental designs — nitrogen fertilization of sweet corn. *Agronomy Journal* 65:456-459.
7. HANKS, R.J.; KELLER, J.; RASMUSSEN, V.P.; WILSON, G.D. 1976. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. *Soil Science Society of America Journal* 40:426-429.
8. HANKS, R.J.; SISSON, D.V.; HURST, R.L.; HUBBARD, K.G. 1980. Statistical analysis of results from irrigation experiments using the line-source sprinkler system. *Soil Science Society of America Journal* 44:886-887.
9. HARGREAVES, H.; CHRISTIANSEN, J.E. 1973. Water use, ERTS readout and climate. Paper presented at the Annual Meeting, Rocky Mountain Region, American Society of Agricultural Engineers, Laramie, Wyoming. 50 p.
10. ROBINS, J.S.; MUSICK, J.T.; FINFROCK, D.C.; RHOADES, H.F. 1967. Irrigation of principal crops: grain and field crops. In *Irrigation of agricultural lands*. Ed. by Hagan, R.M., H.R. Haise and T.W. Edminster. American Society of Agronomy Ser. No. 11. Madison, Wisconsin. 629 p.
11. SECCION DE CULTIVOS ALIMENTICIOS E INDUSTRIALES. Características agronómicas de variedades de arroz. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria. El Salvador. Mimeografiado. 3 p.

EVALUACION DE ALGUNOS MATERIALES DE SOPORTE PARA INOCULANTES BACTERIANOS¹ /

N. MORA DE GONZALEZ*, A. DE AYUNDA*, M. GOMEZ**, R. GONZALEZ**

Summary

Survival rates of Rhizobium trifolii (CIAT 062) and R. leguminosarum (DQ 1-2) in mixtures of coal and cotton husks, rice and sesame husks, and rice and cotton husks with soil were examined. Viable cell counts were performed by the method of plant infection using peat inoculant as control. Storage temperature was held at 19°C.

Non-sterile coal from the Yerbabuena mine (Zipaquirá, Cundinamarca), like peat, was shown to be an adequate medium for growth and survival of one strain of R. trifolii and of R. leguminosarum up to 145 days showing a viable cell count of more than 10⁶ cells/g. Non-sterile cotton husks produced a significantly higher survival rate for R. trifolii than did peat, while with R. leguminosarum the survival rate was similar to that of peat, more than 10⁶ cells/g for up to 145 days.

Sterile cotton husks inhibited the growth of the R. trifolii strain. Mixtures of 10 and 20% soil with cotton husks did not show better survival results for R. trifolii than those obtained in husks alone, although rhizobial populations were more than 10⁶ cells/g for up to 100 days.

Rice husks cannot be used as a growth medium without previous sterilization. Both sterile and non-sterile sesame husks failed to support the R. trifolii strain.

Introducción

Uno de los problemas para la elaboración de inoculantes es la escasa disponibilidad de materiales aptos para ser usados como soportes para rizobios. El material más recomendado como soporte ha sido la turba.

En Colombia son pocas las turberas existentes y no todas ellas nos brindan turbas de buena calidad; por esta razón se hace necesario buscar otros materiales

que puedan servir como soportes para inoculantes, con mayor razón si se considera que Colombia es un país netamente agrícola que dispone de subproductos de abundante producción y poco uso, como las cascarrillas vegetales, pulpas, etc. Los pocos trabajos realizados en Colombia, en este campo, incluyen turbas de Nariño y Antioquia con buenos resultados como soportes. Así mismo, carbones minerales procedentes de las minas de Fragua, La Merced y La Bohemia, cercanas a Cali (6). El bagazo de caña, subproducto de la industria azucarera, fue ensayado por Munévar y Graham (7) y no demostró buenos resultados como soporte.

Aunque en el país no se producen actualmente los inoculantes en escala comercial, su necesidad para cultivos de leguminosas forrajeras en regiones de muy baja fertilidad, tales como los Llanos Orientales, ha sido ya establecida por Silvester-Bradley (10).

En otras regiones de fertilidad moderada se ensayan los inoculantes como una alternativa para sustituir parcialmente la fertilización nitrogenada (1).

1 Recibido para publicación el 24 de setiembre de 1985
Los autores agradecen al Proyecto Multinacional de Química de la Organización de Estados Americanos del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia, por la ayuda financiera

* Profesor Titular y Profesor Asistente, respectivamente Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia Bogotá - Colombia

** Tesis de pregrado de Química Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia Bogotá - Colombia

En este trabajo se evaluó la sobrevivencia de dos cepas de rizobio en inoculantes con base de turba, que se tomará como patrón de comparación con carbón mineral y tres cascarillas vegetales de arroz, de algodón y de ajonjoli. También se evaluaron mezclas de cascarillas de arroz y de algodón con suelo.

Materiales y métodos

La turba empleada como patrón en este trabajo fue suministrada por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) como soporte ya condicionado para los inoculantes que allí se preparan en escala de laboratorio. Proviene de la Estación del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en La Selva (Rionegro, Antioquia). Otros materiales utilizados y sus características se presentan en el Cuadro 1.

Carbón mineral. Proveniente de la mina Yerbabuena, manto 2, ubicada en Zipaquirá, km 16 vía a Pacho, vereda Páramo Guerrero (Cundinamarca).

El porcentaje de retención de agua fue inferior a los observados en los otros materiales. Su pH de 6.2 es ventajoso sobre el de otros soportes y sólo requirió de 0.5% de carbonato de calcio para llevarlo a 6.8. El porcentaje de carbono orgánico con un valor de 87.32 es el más alto encontrado entre todos los materiales ensayados y muy similar al de turbas (3). El porcentaje de nitrógeno es óptimo y similar al presentado por las turbas (3). Las cenizas son más bajas que las presentadas por las turbas y los resultados de las determinaciones hechas en ellas revelan que no hay concentraciones de elementos en valores que representen toxicidad para el rizobio. Todas las características demostradas hacen de este un material apto para ser usado como portador.

Cascarilla de ajonjoli. Este material presenta problemas en su molienda debido al residuo graso que hace que se empaste en el molino y dificulte la incorporación del cultivo líquido. Además, presenta una acidez que no es fácil de adecuar, pues adiciones de 15% de carbonato de calcio, sólo lograron subirlo a 5.8.

Cascarilla de algodón. Este material es muy duro y viene mezclado con restos de fibra de algodón lo que dificulta la molienda pero se retira fácilmente por tamizado, luego de haberla pasado por el molino. El pH, la retención de agua, el porcentaje de carbono orgánico y la composición de las cenizas son valores concordantes con los exigidos para los soportes (4, 5, 7, 8). Sin embargo, 0.81% de nitrógeno es un valor más bajo de los señalados para turbas, aunque no fue factor limitante para la supervivencia del rizobio.

Cascarilla de arroz. Su molienda y tamizado son fáciles; el pH ácido puede elevarse fácilmente por la adición de 10% de carbonato de calcio. El porcentaje de carbono orgánico junto con el porcentaje de Nitrógeno fueron los valores más bajos encontrados entre los materiales ensayados, pero no fueron limitantes de la supervivencia de los rizobios.

El carbón mineral se ensayó sin previa esterilización; las cascarillas de arroz y ajonjoli se esterilizaron en autoclave a 121°C durante dos horas por tres veces, con intervalos de 24 horas. En el caso de la cascarilla de algodón se ensayaron dos lotes: uno esterilizado como se mencionó y otro sin esterilizar.

La cascarilla de algodón se ensayó también mezclada con 10 y 20% de suelo. Se preparó, además, un in-

Cuadro 1. Características químicas y físicas de los materiales ensayados como soportes para inoculantes bacterianos.

| Material de soporte | Retención H ₂ O % | pH | Humedad % | Nitrógeno % | Carbono orgánico % | Ceniza cruda % | Na % | K % en cenizas | Fe % en cenizas | Al % | Ca % |
|--|------------------------------------|------|--------------|----------------|--------------------------|----------------------|---------|----------------------|-----------------------|---------|---------|
| Carbón mineral (Malla 200) | 73.40 | 6.20 | 2.50 | 1.10 | 87.30 | 5.90 | 0.03 | 0.02 | 0.04 | 0.05 | 0.05 |
| Cascarilla de ajonjoli (Malla 100) | 229.20 | 5.00 | 14.16 | 1.80 | 70.40 | 15.80 | 0.05 | 0.06 | N.D. | N.D. | 0.04 |
| Cascarilla de algodón (Malla 60) | 215.80 | 6.30 | 15.80 | 0.80 | 62.80 | 5.50 | 0.04 | 0.11 | N.D. | N.D. | 0.01 |
| Cascarilla de arroz (Malla 100) | 184.60 | 5.80 | 8.50 | 0.60 | 31.50 | 18.60 | — | 0.80 | N.D. | N.D. | 0.70 |
| Turba (Malla 100) | 117.80 | 7.30 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Promedio de 2 repeticiones

N.D.: No demostrable

culante esteril a base de cascarilla de arroz y 20% de suelo.

El suelo utilizado para la elaboración de estas mezclas pertenece a la serie Gachancipá y se clasificó como Typic Hapludalf (1) con las siguientes características:

Textura (Bouyoucos) Franco; pH (pasta naturada) 5.9; Carbono orgánico (Walkley y Black) 4.90%; Materia orgánica 8.5%; Nitrógeno total (Kjeldahl) 0.5%; Relación C/N 10.4; Capacidad catiónica de cambio (Peech) (meg/100 g) 23.6. Este suelo presentó un buen recuento rizobial (10^7 rizobios/g) (1).

Se trabajó con dos cepas; una de *Rhizobium trifoli* (CIAT 062) y otra de *Rhizobium leguminosarum* (DQ 1-2) previamente seleccionadas como efectivas. Ambas fueron propagadas en medio de cultivo líquido BYMA, en un agitador de vajén a 100 oscilaciones por minuto y mantenidas a 28°C durante el tiempo necesario para obtener una población de 10^8 - 10^9 células viables por mm.

Elaboración del inoculante. En todos los casos fue necesario adicionar carbonato de calcio para ajustar el pH a valores cercanos a la neutralidad (6, 6, -7.0) a excepción de la turba que ya viene acondicionada.

Una vez adecuado el pH de los soportes y teniendo listo el cultivo rizobial, éste se mezcló con cada uno en una proporción de 0.5 ml/g para obtener así una humedad final del 50%.

La turba, las cascarillas de arroz y algodón, las mezclas de cascarilla de algodón con 10 y 20% de suelo y la cascarilla de arroz con 20% de suelo, no presentaron dificultad en la impregnación con el caldo rizobial. El carbón mineral, por el contrario, mostró dificultad en humedecerse y se debió agitar continuamente por un período largo de tiempo hasta lograr la homogenización del inoculante. La cascarilla de ajonjolí, debido a su contenido graso, fue también difícil de impregnar y formó grumos difíciles de romper.

Preparado el inoculante, los recipientes fueron cubiertos con una membrana de PVA para evitar pérdida excesiva de humedad y contaminación, pero permitiendo buena aireación (9). Los recipientes fueron luego incubados a 28°C por un tiempo de 72 horas, para lograr la propagación de la población bacteriana en el soporte.

Durante la incubación (maduración) se observó desarrollo de hongos sobre la superficie de los inoculantes con cascarilla de arroz y ajonjolí sin esterilizar, por lo que se desecharon. Los materiales esterilizados

sí fueron adecuados para el ensayo. La cascarilla de ajonjolí esterilizada no permitió el crecimiento rizobial.

Al final del período de maduración se realizó el primer conteo de población rizobial en cada inoculante ($t = 0$).

Empaque. Después del período de maduración, los inoculantes se empacaron en dos bolsas, cada una con 20 g. Las bolsas utilizadas son de polietileno de 0.046 mm de espesor.

Los inoculantes hechos a base de soportes estériles se conservaron en Erlenmeyers, con tapones de algodón. Todos los inoculantes se almacenaron a temperatura ambiente de 19°C.

Control de sobrevivencia. Se ensayó la sobrevivencia de la cepa de *R. trifoli* (tubo cerrado con agar) en carbón mineral, cascarilla de algodón sin esterilización, cascarilla de ajonjolí y de arroz esterilizadas, mezcla de cascarilla de algodón con 10% y 20% de suelo y cascarilla de arroz esterilizada con 20% de suelo. Se ensayó también la sobrevivencia de *R. leguminosarum* (jarras de Leonard), en carbón mineral y en cascarilla de algodón. La sobrevivencia de las dos cepas se estimó por el método de infección en plantas (2) y fue comparada con la encontrada en la turba suministrada por el CIAT que se usó como testigo.

Resultados y discusión

Inoculantes con *R. trifoli* con base en turba, carbón mineral y cascarilla de algodón como soporte. Sobre la sobrevivencia de *R. trifoli* (Cuadro 2), en los soportes sin mezclas, se observó que los tres permitieron una población rizobial por encima de los límites exigidos en otros países (3, 5, 9) para inoculantes comerciales, aún hasta los 145 días. Sin embargo, la turba presentó a 0 días poblaciones significativamente más bajas ($\alpha = 0.05$) que la cascarilla de algodón y en el carbón mineral. A 60 días hubo diferencia significativa ($\alpha = 0.01$) entre la población hallada en la cascarilla de algodón que fue superior a la hallada en la turba y no hubo diferencia significativa entre la población encontrada en la turba y en el carbón mineral. Entre la población rizobial de la cascarilla de algodón y el carbón mineral no se encontraron diferencias significativas. A 20, 86, 100 y 145 días no hubo diferencias significativas entre las poblaciones rizobial encontradas en los inoculantes con base en turba, cascarilla de algodón y carbón mineral.

En conclusión, para las dos cepas ensayadas, el carbón mineral es tan buen soporte como la turba;

la cascarilla de algodón es mejor que la turba, como se puede observar en las determinaciones a 0 y 60 días.

El ensayo de adherencia de los inoculantes a la semilla de trebol blanco mostró que el carbón mineral se adhiere mejor a éstas que la turba y la cascarilla de algodón, siendo esta última la de menor adherencia, lo que puede deberse a su mayor tamaño de partícula (malla 60).

Inoculantes con *R. trifolii* con base en cascarilla de algodón con 10 y 20% de suelo. En las mezclas de cascarilla de algodón con 10 y 20% de suelo (Cuadro 3), se observa que no hubo diferencias significativas debidas a los soportes, aunque en el inoculante con 10% de suelo la población rizobial descendió significativamente hasta los 54 días. Luego se mantuvo sin variación significativa hasta los 100 días. En el soporte con 20% de suelo, la población rizobial disminuyó significativamente ($\alpha = 0.05$) hasta los 54 días y luego se mantuvo sin variación significativa hasta los 100 días. En conclusión, la adición de suelo a la cascarilla de algodón no produjo una mayor sobrevida.

en estos inoculantes y no obstante que la población disminuyó a partir de los 0 días, siempre fue superior al requerimiento mínimo (10^6 células viables/g de inoculante).

La mezcla de cascarilla de algodón más suelo facilita la adherencia del inoculante a la semilla, en forma similar en ambas preparaciones.

Inoculantes con base en cascarilla de arroz esteril como soporte. En el Cuadro 4 se observan los valores de las poblaciones rizobiales obtenidas en cascarilla de arroz sola y en mezcla con 20% de suelo; ambas preparaciones fueron esterilizadas.

La cascarilla sola mantiene una población alta y constante hasta los 132 días, pero la mezcla con 20% de suelo produce un aumento notable y constante hasta los 100 días. Estos resultados califican el material como un buen portador a pesar de que requiere de esterilización, lo que necesariamente encarecería los costos de producción. Estos inoculantes también presentan una buena adherencia a la semilla que puede compararse con la de la turba.

Cuadro 2. Sobrevida de *Rhizobium trifolii* (Cepa CIAT 62) en turba, cascarilla de algodón y carbón mineral.

| Tiempo (días) | Log. del número de Rhizobios/g de inoculante* | | | | | |
|-----------------------|---|---------|----------------------|---------|---------|---------|
| | 0 | 20 | 60 | 86 | 100 | 145 |
| Soporte turba | 7.71 a | 8.71 a | 6.95 a | 7.95 a | 7.36 a | 7.36 a |
| Cascarilla de algodón | 9.13 b | 8.78 ab | 9.02 b ^{xx} | 7.93 ab | 8.25 ab | 8.25 ab |
| Carbón mineral | 9.36 bc | 9.13 ac | 8.25 bc | 8.03 ac | 7.93 ac | 7.71 ac |

Límites de confianza al 95% ± 0.67

* Valor promedio de dos determinaciones.

Promedio con la misma letra no difieren significativamente ($\alpha = 0.05$).

xx Diferencia altamente significativa ($\alpha = 0.01$).

Cuadro 3. Sobrevida de *Rhizobium trifolii* (Cepa CIAT 62) en cascarilla de algodón más 10 y 20% de suelo.

| Tiempo (Días) | Log. del número de Rizobios/g de inoculante* | | | | |
|--|--|----------|--------|--------|----------|
| | 0 | 20 | 54 | 80 | 100 |
| Soporte | | | | | |
| Cascarilla de algodón más 10% de suelo | 9.36 d | 9.02 a | 8.12 a | 8.12 a | 8.62 abc |
| Cascarilla de algodón más 20% de suelo | 9.22 d | 8.62 aed | 8.25 a | 8.48 a | 8.48 ab |

Límites de confianza al 95% ± 0.67 .

* Valor promedio de dos determinaciones.

Promedios con la misma letra no difieren significativamente ($\alpha = 0.05$).

Inoculantes de *R. leguminosarum* con base en turba, carbón mineral y cascarilla de algodón como soportes. Los resultados de control de sobrevivencia se presentan en el Cuadro 5. No se encontraron diferencias significativas entre las poblaciones rizobiales debidas a los soportes, ni debidas al tiempo. Las poblaciones bacteriales halladas en la turba son prácticamente constantes, lo que demuestra su bondad como material de soporte.

En el inoculante a base de carbón mineral, la población descendió progresivamente, a partir del conteo a los 0 días y en el inoculante a base de cascarilla de algodón, la población rizobial se incrementó ligeramente hasta los 76 días y luego descendió hasta los 145 días aunque no significativamente.

En todos los soportes la población encontrada a los 145 días fue superior a los límites exigidos en otros países para inoculantes comerciales (3, 5).

La adhesividad a la semilla de arveja de los inoculantes para la cepa de *R. leguminosarum* fue similar a la presentada en los inoculantes para la cepa CIAT-62, siendo mejor la adherencia en el carbón mineral, luego en la turba y finalmente en la cascarilla de algodón.

Resumen

Se ensayó la sobrevivencia de dos cepas de rizobio *Rhizobium trifoli* (Cepa CIAT-62) y *R. leguminosarum* (DQ 1-2) en carbón mineral y cascarillas de algodón,

Cuadro 4. Sobrevivencia de *Rhizobium trifoli* (Cepa CIAT-62) en inoculantes a base de cascarilla de arroz.

| Tiempo (Días) | Log. del número de Rhizobios/g de inoculante* | | | | | |
|-----------------------------|---|------|------|------|------|------|
| | 20 | 42 | 56 | 80 | 103 | 132 |
| Soporte | | | | | | |
| Cascarilla de arroz estéril | 7.23 | 7.23 | 7.49 | 7.77 | 8.02 | 7.42 |

Límites de confianza al 95% \pm 0.58

* Valores promedio de las determinaciones

| Tiempo (Días) | Log. del número de Rhizobios/g de inoculante* | | | | |
|--|---|------|------|------|------|
| | 0 | 20 | 54 | 80 | 100 |
| Soporte | | | | | |
| Cascarilla de arroz más 20% suelo (esterilizada) | 9.36 | 9.36 | 9.36 | 9.36 | 9.36 |

Límites de confianza al 95% \pm 0.67.

* Valores promedio de las determinaciones

Cuadro 5. Sobrevivencia de *Rhizobium leguminosarum* (Cepa D Q 1-2), en turba, cascarilla de algodón y carbón mineral.

| Tiempo (Días) | Log. número de Rizobios/g de inoculante* | | |
|-----------------------|--|--------|--------|
| | 0 | 76 | 145 |
| Soporte turba | 6.92 a | 7.32 a | 7.24 a |
| Cascarilla de algodón | 8.25 a | 8.40 a | 7.44 a |
| Carbón mineral | 7.58 a | 6.78 a | 6.57 a |

Límites de confianza al 95% \pm 0.67.

* Valores promedio de dos determinaciones

Promedios con la misma letra no difieren significativamente ($\alpha = 0.05$).

arroz y ajonjoli, además de mezclas de cascarillas de algodón y de arroz con suelo. La supervivencia de las dos cepas se estimó por el método de infección en plantas y fue comparada con un testigo preparado con turba. Los inoculantes fueron almacenados a 19°C.

El carbón mineral, proveniente de la mina Yerbabuena de Zipaquirá (Cundinamarca), demostró ser un soporte adecuado que permite la sobrevivencia de *R. trifolii* (Cepa CIAT 62) y *R. leguminosarum* (Cepa DQ 1-2) en forma similar a la turba, hasta los 145 días y superior a 10^6 rizobios/g de inoculante. La cascarilla de algodón, sin esterilización, permitió una sobrevivencia de *R. trifolii* significativamente superior a la permitida por la turba. Con *R. leguminosarum* el comportamiento es similar al de la turba y permite la sobrevivencia de una población mayor de 10^6 rizobios/g hasta los 145 días. La cascarilla de algodón esterilizada no permitió el crecimiento de la cepa CIAT 62 de *R. trifolii*.

Las mezclas con 10 y 20% de suelo no produjeron una mayor sobrevivencia de *R. trifolii* cepa CIAT 62, que en la cascarilla sola, aunque mantuvieron poblaciones rizobiales superiores a 10^6 rizobios/g hasta los 145 días. La cascarilla de algodón esterilizada no permitió el crecimiento de la cepa CIAT 62 de *R. trifolii*.

Las mezclas con 10 y 20% de suelo no produjeron una mayor sobrevivencia de *R. trifolii* cepa CIAT 62, que en la cascarilla sola, aunque mantuvieron poblaciones rizobiales superiores a 10^6 rizobios/g hasta los 100 días. La cascarilla de arroz sólo puede ser usada como soporte previa esterilización. La cascarilla de ajonjoli con y sin esterilización no permitió la sobrevivencia de la cepa CIAT-62 de *R. trifolii*.

Las mezclas con 10 y 20% de suelo no produjeron una mayor sobrevivencia de *R. trifolii* cepa CIAT 62, que en la cascarilla sola, aunque mantuvieron poblaciones rizobiales superiores a 10^6 rizobios/g hasta los 145 días. La cascarilla de algodón esterilizada no permitió el crecimiento de la cepa CIAT 62 de *R. trifolii*.

Las mezclas con 10 y 20% de suelo no produjeron una mayor sobrevivencia de *R. trifolii* cepa CIAT 62, que en la cascarilla sola, aunque mantuvieron poblaciones rizobiales superiores a 10^6 rizobios/g hasta los 100 días. La cascarilla de arroz sólo puede ser usada como soporte previa esterilización. La cascarilla de ajonjoli con y sin esterilización no permitió la sobrevivencia de la cepa CIAT 62 de *R. trifolii*.

Literatura citada

1. BECERRA B. de, VEGA, A. 1984. Efecto de la inoculación en cultivo de trebol blanco en mezcla con rye grass en un suelo disturbado y sin disturbar de la sabana de Bogotá. Tesis de grado. Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia. p. 123.
2. BROCKWELL, J. 1982. Plant-infection counts of Rhizobia in soils. In Nitrogen fixation in legumes. Ed. by J.M. Vincent. Academic Press, Sidney Australia. p. 41-58.
3. BURTON, J.C. 1967. Rhizobium culture and use. In Microbial technology. Ed. by H.J. Peppler. Van Nostrand Reinhold, New York. p. 1-33.
4. BURTON, J.C. 1981. Rhizobium inoculants for developing countries. Tropical Agriculture (Trinidad) 58:291-295.
5. DATE, R.A.; ROUGHLEY, R.J. 1977. Preparation of legume seed inoculant. In A treatise on nitrogen fixation. Ed. by R.W.F. Hardy and A.H. Gibson. Section: IV Agronomy and Ecology John Wiley, New York. p. 243-275.
6. HALLIDAY, J., GRAHAM, P.H. 1978. Coal compared to peat as a carrier of rhizobia. Turrialba 28(4):348-349.
7. MUNEVAR, F., GRAHAM, P.H. 1977. Supervivencia de *Rhizobium trifolii* en tres portadores. Revista ICA Colombia 12(3):225-230.
8. ROUGHLEY, R.J. 1981. The storage quality control and use of legume seed inoculants. In Biological nitrogen fixation technology for tropical agriculture. CIAT, Cali, Colombia. p. 115-125.
9. ROUGHLEY, R.J.; PULSFORD, D.J. 1982. Production and control of legume inoculants. In Nitrogen fixation in legumes. Ed. by J.M. Vincent. Sidney Australia. p. 193-209.
10. SILVESTER-BRADLEY, R. 1983. Perspectivas en la investigación en fijación de nitrógeno en suelos tropicales. Suelos Ecuatoriales. 13(2):45-30.
11. VINCENT, J.M. 1975. Manual práctico de rhizobiología. Buenos Aires Ed. Hemisferio Sur. p. 200.

FERTILIZATION OF A HALOPHYTIC NATURAL GRASSLAND IN ARGENTINA: HERBAGE DRY MATTER, BOTANICAL COMPOSITION, AND MINERAL CONTENT¹

H. D. GINZO*, M. B. COLLANTES*, O. H. CASO*

Resumen

Se fertilizó un pastizal natural halofítico (pradera salada) con 0.381 ó 762 kg sulfato de amonio (SA) (ha/año) combinados factorialmente con 0 ó 208 kg superfós-fato triple (ST) (ha/año), desde octubre de 1975 hasta octubre de 1978. La fertili-zación produjo cambios perceptibles en la composición botánica, si bien aquellos estuvieron influidos por la siega periódica del pastizal. Tanto SA como ST aumentaron la acumulación anual de materia seca (AAMS) en las fracciones graminosa y latifoliada. La respuesta de cada fracción estuvo relacionada, aparentemente, con las condiciones hidráticas del suelo. La AAMS de la pradera aumentó en el tiempo y con la fertilización. El valor máximo de la AAMS (400 g/m²/año) se observó en el tercer año experimental y en las parcelas fertilizadas con 762 kg-SA + 208 kg-ST, las parcelas testigo correspondientes rindieron ca. 120 g/m²/año). Las gramíneas y las latifoliadas mostraron valores de concentración de N muy cercanos entre sí, más las concentraciones de P, K, Ca y Mg eran frecuentemente mayores en las latifoliadas. La composición mineral de cada fracción varió de un modo característico en el tiempo y con la fertilización. La dosis de fertilización mayor (762 kg-AS + 208 kg-TS) mejoró el valor nutritivo de la hierba para el ganado vacuno de cría. El incremento en la materia seca de la hierba ocasionado por la fertilización AS + TS fue consecuencia de deficiencias leves de N y severa de P en el pastizal; sin embargo, 762 kg-AS + 208 kg-TS no fueron suficientes para expresar su potencial de rendimiento de materia seca.

Introduction

The Salado River Basin comprises about 5.8 x 10⁶ ha (15) or 21% of the area of the Province of Buenos Aires. It is a flat land, showing a remarkable microrelief, for which ten grasslands and one woody community of *Celtis tala* were described by Vervoorst (15). Among the former, the salt-prairie is characteristically associated with hydro-and halomorphic conditions in the soil (3).

Cattle-breeding is the most important enterprise in the basin, since it is based upon the extensive grazing of natural grasslands (3, 15). These may differ substantially in herbage yield and, as they are distributed in a mosaic pattern because of microrelief (15), pastures comprising more than one grassland are likely to be heterogeneous as a forage resource to cattle.

Reports on the chemical fertilization of these natural grasslands are scarce. Ginzo *et al* (6) studied the response of a sward (15) to a factorial combination of ammonium sulphate and triple superphosphate during three consecutive years. That grassland was bordered by a salt prairie, which was the object of the present report on the effects of chemical fertilization on its annual accumulation of dry matter in grasses and forb, and their respective N, P, K, Ca and Mg contents, as well as overall changes in botanical composition.

1 Received for publication 29 July, 1985.

The authors wish to acknowledge Dr. Raúl Arrarás Vergara for having permitted the conduction of the present trial in his farm "El Tránsito", and Ms. Aurora Fueyo and Mr. Aníbal Pérez for their technical assistance.

* Research Scientists from the Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina (CONICET). Centro de Ecología Vegetal (IECIC-CONICET-FUND. M. LILLI). Serrano 665. 1414 Capital Federal. R. Argentina.

Materials and methods

The location of the experimental site, together with the description of some climatic variables, have been published elsewhere (6). The experimental site was a homogeneous 0.25 ha stand of a salt prairie mainly composed of the species indicated in Table 1. The soil was a Typic Natraqualf ($\text{pH} = 9.6$ and $\text{EC} = 1.9 \text{ mmho/cm}$ in the upper 0.1 m) (C.R.O. Miacznski, personal communication).

Commercial ammonium sulphate (AS) and triple supersphosphate (TS) were applied at the following annual rates AS + TS - kg/ha yr: 0 + 0, 0 + 208, 381 + 0, 381 + 208, 762 + 0, and 762 + 208. Fertilizers were broadcast by hand twice each year: 70% of the annual rate in spring (17 October 1975, 1 October 1976, and 7 October 1977), and the rest in autumn (7 March 1976, 16 March 1977 and 30 March 1978). The fertilizer treatments were arranged into six randomized blocks.

A detailed account of plot size, herbage sampling and partition into grasses and forbs, and the procedure used for the phytosociological surveys have been described elsewhere (6). Herbage was cut at 0.03 m from 0.4 m² of 2 x 2 m plots. These were mowed down to 0.03 m at the end of each sampling occasion. The samples were oven-dried at 70°C for 48 h and weighed. Eight cuts were made between October 1975 and October 1978. This three year interval was arbitrarily divided into 12-month periods, from October of one year to October of the next. Those experi-

mental years were: I (1975-1976, three cuts); II (1976-1977, two cuts); and III (1977-1978, three cuts).

Herbage yield was expressed as annual dry matter accumulation (ADMA) (7). It was calculated on the basis of three compound replicates instead of the six sampled in the field. The former were the pairwise-combination of samples from adjacent blocks. This was done to reduce the number of samples for chemical analysis without altering the correspondence between dry matter and mineral content.

The contents (mg/mg) of N, P, K, Ca, and Mg in the hay of both grasses and forbs were measured by common analytic methods pointed out elsewhere (6). Mineral concentrations were calculated by dividing the amount of any nutrient accumulated in a botanical fraction over the corresponding ADMA.

Data were tested for normality by the Kolmogorov-Smirnov procedure (13). For normally distributed data, the statistical significance of differences among treatment means ($\alpha = 0.05$) were tested by standard analysis of variance procedures. Otherwise, the non-parametric Mann-Whitney test was used (8).

Results

Botanical composition

The comparison of the phytosociological surveys made before and after three years of fertilization

Table 1. Most frequent species present in the salt-prairie before (October 1975) and after (November 1978) fertilization.

| Species | Oct./75 | | | Nov./78 | | | |
|---|------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| | 0 + 0 | 0 + 208 | 361 + 0 | 361 + 208 | 762 + 0 | 762 + 208 | |
| <i>Distichlis scoparia</i> | V ³ ¶ | V ⁺ | IV ⁺ | III ¹ | III ⁺ | I ¹ | |
| <i>Hordeum euclastion</i> | V ² | V ¹ | V ¹ | V ¹ | V ² | V ² | |
| <i>Sporobolus pyramidatus</i> | V ² | V ¹ | V ¹ | V ¹ | V ¹ | V ¹ | II ¹ |
| <i>Plantago myosuros</i> | V ¹ | V ¹ | V ¹ | IV ¹ | IV ⁺ | V ⁺ | V ⁺ |
| <i>Spergularia levigata</i> | IV ¹ | V ⁺ | V ¹ | V ¹ | V ¹ | V ¹ | V ¹ |
| <i>Sporobolus indicus</i> | IV ⁺ | V ⁺ | IV ¹ | IV ¹ | V ¹ | IV ¹ | III ² |
| <i>Lepidium parodii</i> | IV ⁺ | I ⁺ | IV ⁺ | IV ⁺ | IV ⁺ | II ⁺ | V ⁺ |
| <i>Verbena</i> spp | IV ⁺ | NF | NF | NF | NF | NF | NF |
| <i>Hypochaeris</i> spp | III ⁺ | IV ⁺ | IV ⁺ | IV ⁺ | V ⁺ | V ⁺ | V ⁺ |
| <i>Gaudinia fragilis</i> | II ² | V ¹ | V ¹ | V ¹ | V ² | V ² | V ¹ |
| <i>Distichlis spicata</i> | I ⁺ | V ² | V ¹ | V ² | V ² | V ² | V ² |
| <i>Puccinellia glaucescens</i> var. <i>osteniana</i> | NF | II ⁺ | I ⁺ | II ¹ | III ⁺ | V ¹ | II ¹ |

¶ Frequency scale: V: 80 - 100%; IV: 60 - 80%; III: 40 - 60%; II: 20 - 40%; I: up to 20%.

Cover - abundance scale (superscript): 2: any number of plants, with cover 5 - 25% of the reference area; 1: numerous plants, but cover < 5%; or scattered plants, with cover > 5%; \pm : few plants, with small cover. NF: not found.

showed a change in botanical composition (Table 1). The most frequent species present in 1975 were the grasses *Hordeum euclastion*, *Distichlis scoparia*, *Sporobolus pyramidatus* and *S. indicus*, and the forbs *Lepidium parodii*, *Plantago myosuros*, *Spergularia levis* and *Verbena* spp. The former were more frequent than the latter; legumes were rare.

After three years of fertilization, the frequency of *H. euclastion* did not change much. The frequencies of *S. indicus*, *S. pyramidatus* and *D. scoparia* were decreased, the first two to a greater extent than the last. In the forbs, fertilization did not greatly change the frequency of *P. myosuros*, slightly increased the frequency of *S. levis*, and markedly increased the frequency of *L. parodii*.

The effect of mowing the plots after each sampling elicited changes in botanical composition. The effect of cutting was made plain by comparing control plots from both surveys. *Puccinellia glaucescens* appeared, and *Verbena* spp. disappeared from the plots. The frequencies of *Gaudinia fragilis*, *D. spicata* and *Hypochoeris* spp. increased markedly. Whereas the frequencies of the two former species were not much affected by fertilization, that of the latter was slightly increased.

Annual dry matter accumulation (ADMA)

The accumulation of dry matter in the grasses was always larger than in the forbs (Fig. 1). Differences between both fractions were 940, 250, and 420% in years I, II, and III, respectively. Ammonium sulphate and TS significantly increased ADMA in both fractions. The effect of the former was significantly larger in year II, and similar to TS in year III. In year I, on the other hand, the increase in ADMA because of AS-rates was steeper in the forbs irrespec-

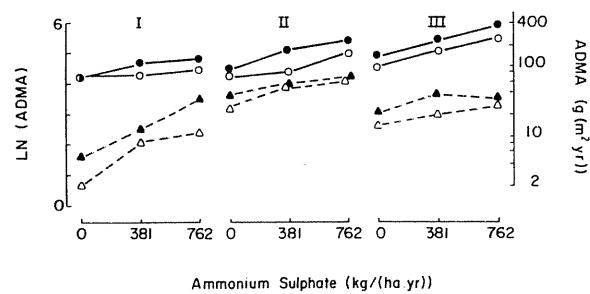


Fig. 1. Annual dry matter accumulation (ADMA) in grasses (circles) and forbs (triangles) in years I, II, and III. Open symbols: no TS; closed symbols: 208 kg-TA/(ha . yr). Vertical bars represent the standard error of a difference between two means.

tively of TS level; but ADMA in the grasses was only increased by AS and TS together. The latter fertilizer increased ADMA in forbs.

Nutrient concentrations

The percent concentration of N, P, K, Ca and Mg in both grasses and forbs are shown in Fig. 2. It is clear, on inspection, that P, Ca, and Mg were always greatest in the forbs; N and K were greater in forbs than in grasses, or viceversa, depending on the year considered.

Percent of N in forbs was significantly greater than, similar to, or significantly less than that in grasses in years I, II, and III, respectively. Ammonium sulphate increased N significantly in both fractions to

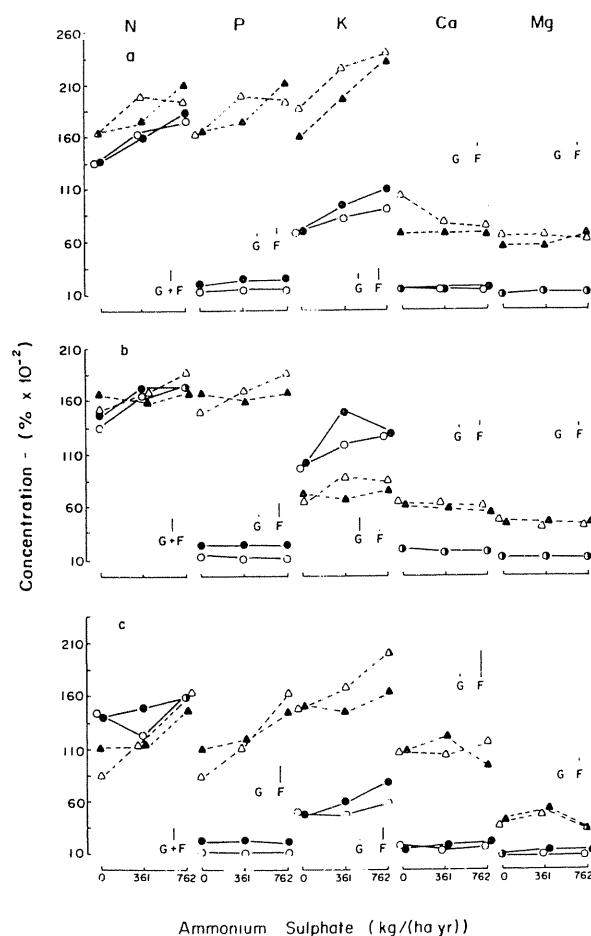


Fig. 2. Nutrient concentrations in grasses (circles) and forbs (triangles) in years I (a), II (b), and III (c). Open symbols: no TS; closed symbols: 208 kg-TS/(ha . yr). Vertical bars represent the standard error of a difference between two means.

the same degree in years I and II, and significantly more in the forbs in year III. Triple superphosphate did not alter N in any fraction.

The values of P, K, Ca, and Mg in grasses and forbs for the three years could not be pooled, as N data could, because they did not fit normal distributions. Hence, the effect of time could not be statistically compared. Ammonium sulphate always increased P in the forbs and did not vary it in the grasses. Triple superphosphate never changed P in the forbs, and always increased it significantly in the grasses. The interaction AS x TS was never significant.

The values of K in the forbs, compared to the grasses, were significantly greater in years I and III, and significantly lower in year II. Ammonium sulphate always increased K in both fractions, whereas TS did not. The interaction AS x TS was never significant.

The concentration of Ca was never affected by AS. In year II, TS increased Ca significantly in both fractions, although to a greater extent in the forbs. In years I and III, TS did not change Ca in either fraction. The interaction AS x TS was never significant.

The concentration of Mg was varied by AS and TS in ways which were characteristic of each experimental year. In year I, AS increased Mg significantly in the grasses but not in the forbs, while TS did it in the forbs but not in the grasses. In year II, MG was independent of AS and TS in both fractions. In year III, AS lowered Mg significantly in the forbs and did not affect it in the grasses; contrarily, TS decreased Mg significantly in the grasses and did not influence it in the forbs. The interaction AS x TS was never significant.

Discussion

The plant species which thrive in a grassland undergo population changes evoked by environmental and biological stimuli, which may lead to a particular botanical composition if these were steady and homogeneous enough (11, 14). At the time it was fertilized with AS and TS, the salt-prairie had endured continuous overgrazing by cattle. Hence, the most frequent species surveyed before the first input of those fertilizers were representative of a community in a state of "quasi-equilibrium" with its environment under that kind of livestock management. That botanical composition was presumably upset by both chemical fertilization and the replacement of grazing by mowing (cf. 2). Mowing seemed to be more drastic than fertilization, since it governed the presence or absence of some species, (e.g., *P. glaucescens* and *Verbena* spp), besides eliciting changes in frequency

and/or cover-abundance values, as fertilization also did. Very likely, the result of both practices was confused. Although the experimental design used did not discriminate between them, an insight into their relative influences on the population dynamics of some species was gathered from the comparison between *D. spicata* and *D. scoparia*. Whereas the population size (frequency) of the former was more sensitive to mowing than fertilization, the opposite seemed to hold for the latter species. In general, however, the changes in the prairie's species populations were not clear cut, presumably because the length of the experimental period was rather brief (14), not allowing the prairie to attain a new "quasi-equilibrium" botanical composition.

Each one of the experimental years showed particular hydrological regimes. Their soil-water balances showed a progressive accumulation of water from year I (strongly deficient) to III (excessive) through a mild water-deficit in year II (6). Flooding of the experimental site following peaks of rainfall was a common feature during year III. The ADMA in grasses appeared to be directly related to soil-water status, since it increased from year to year (Fig. 1). On the other hand, the variation of ADMA in the forbs indicated that their growth was depressed by either too much or too little moisture in the soil, although the former seemed to be more deleterious than the latter (Fig. 1).

Grasses and forbs were mildly deficient in N for growth, because AS enhanced both their ADMAs (Fig. 1, and Fig. 2) and N in each year (cf. 16). As the accumulation of dry matter in both fractions were exponentially related to AS rates, the former could have been even greater if AS rates above 762 kg/ha/yr had been applied. The effect of AS on the ADMAs of both fractions was not always even; it seemed to depend on the balance of water in the soil. When there was a mild deficit or an excess of water in the soil (years II and III, respectively), 762 kg/AS/ha/yr) increased the ADMA by 20% in both fractions, but in year I that rate increased the ADMA in grasses and forbs by 10 and 85% respectively (Fig. 1). These facts suggested that the forbs were better competitors than the grasses for available N under soil-water shortage conditions.

Triple superphosphate also elicited different dry matter responses in grasses and forbs during the drier year (Fig. 1). For the grasses, ADMA was not much affected by TS, although P increased significantly (Fig. 2); i.e., there was "luxury consumption" of P (16). On the other hand, dry matter increase in the forbs due to TS took place without any significant change in P, i.e., a condition of "severe" P deficiency (16). By the same reasoning, it was clear that P

deficiency in the forbs persisted during the comparatively wetter years (II and III) but in the grasses, as TS increased both ADMA and P, their P status shifted to a condition of mild P deficiency. These dissimilar changes in dry matter and P content suggested that the amount of P added did not satisfy completely the P requirements in either grasses or forbs when their growths were enhanced by an amelioration of soil-water balance.

The accumulation of dry matter by the prairie largely reflected the behaviour of grasses and forbs under the effect of fertilization (Fig. 3). As grasses accounted for the largest proportion of the prairie's ADMA (Fig. 1), it was not surprising that the latter increased progressively from the first to the third year, in accordance with the progress of soil-water balance and dry matter in that fraction. The prairie's herbage dry matter would have been increased much more had higher rates of AS been applied, because of the exponential relationship between the latter and the former. Triple superphosphate also stimulated dry matter accumulation because of its positive influence on both grasses and forbs—as in years II and III—or solely on the grasses, as in year I. It is likely that TS rates greater than 208 kg/ha/yr could have increased herbage dry matter even more because of the already discussed effects of TS on the growth and P status of both grasses and forbs. However, in view of the fact that soil physical conditions surely restrained the prairie's growth (9), it remains to be seen whether the rates of AS and TS tested would have elicited the potential herbage yield corresponding to them.

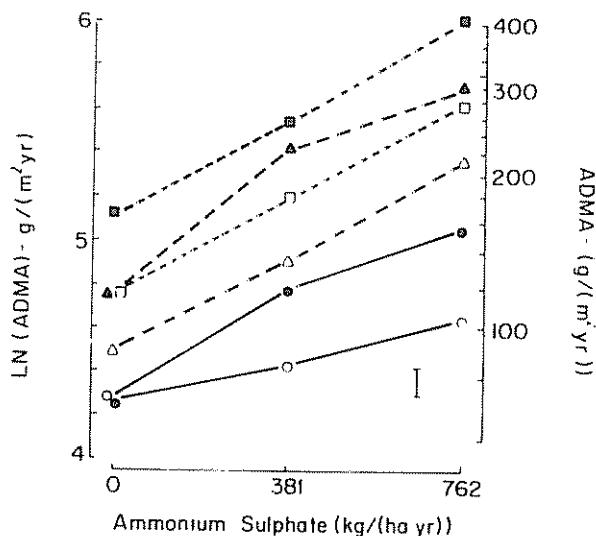


Fig. 3 Annual dry matter accumulation (ADMA) in the prairie in years I (circles), II (triangles), and III (squares). Open symbols: no TS; closed symbols: 208 kg-TS/ha·yr. The vertical bar represent the standard error of a difference between two means.

As to the prairie's nutrient requirements for growth, the grassland was mildly deficient in N and P since dry matter accumulation (Fig. 3), N, and P were all increased by fertilization (Fig. 3 and Table 2). In this regard, it must be noticed that the high proportion of grasses (Fig. 1) alleviated the effect of the severe P deficiency in the forbs.

With regard to the efficiency of N recovery in herbage (Eff_N) and its mineral composition, only the combination of 762 kg/AS/ha/yr with 208 kg/TS/ha/yr is considered because it gave the highest ADMA on every year. Efficiency values (Table 3) increased with time as if there had been a carry-over effect of AS fertilization (cf. 10). Nevertheless, the maximum reached in year III (30.6%) was low compared to Eff_N s reported for other grasslands, either natural (5) or cultivated (17), fertilized with equivalent rates of N.

Table 2. Concentration of N and P in the prairie's hay.

| Year | AS – rates (kg/ha.yr)) | | | TS – rates (kg/ha.yr)) | |
|----------------------|---------------------------|------------------|------|---------------------------|------|
| | 0 | 380 | 762 | 0 | 208 |
| | % N ^a | % P ^b | | | |
| I | 1.37 | 1.65 | 1.82 | 0.15 | 0.25 |
| II | 1.46 | 1.67 | 1.75 | 0.16 | 0.27 |
| III | 1.37 | 1.33 | 1.59 | 0.14 | 0.23 |
| mean | 1.40 | 1.55 | 1.72 | 0.15 | 0.23 |
| SE diff ^d | 0.064 | | | 0.009 | |

a Values averaged over TS rates because their effects were non-significant ($\alpha = 0.05$)

b Values averaged over AS rates because their effects were non-significant ($\alpha = 0.05$)

d Standard error of a difference between two means,

Table 3. Efficiency of N recovery (Eff_N) in hay from the prairie fertilized with 762 kg-AS and 208 kg-TS/ha.yr. (762 kg-AS = 160 kg-N).

| Years | — % — | | |
|------------------|-------------------|------------------|------------------|
| | I | II | III |
| Eff_N^a | 12.4 ± 0.22^b | 24.7 ± 0.075 | 30.6 ± 0.031 |

a $\frac{\text{Total N in treatment} - \text{Total N in control}}{160} \times 100$

b mean \pm S.D.; n = 3

The nutritive value of the prairie for breeding cattle, the principal stock of the region, was assessed from tabled values of P, K, Ca, and Mg (12), represented in Fig. 4. Percent of N (as a measure of protein) was not considered in this context because other variables relevant to animal performance (e.g., digestibility), were not measured. Presumably, the values of some of those variables were low (3). Percent of Mg in both control and fertilized hay satisfied cattle needs (Fig. 4). Unfertilized hay showed P values and occasionally these of Ca (year I) and K (years I and III), below their lowest threshold requirements. Whereas P was negatively correlated ($r = 0.831; \alpha = 0.01$) with the proportion of grasses in the prairie, Ca and K were not. Incidentally, those facts provide some insight into the relevance of botanical composition for animal nutrition. On the other hand, the addition of the highest rates of AS + TS raised P, K, and Ca to levels adequate for cattle nutrition (Fig. 4).

The effects of AS and TS fertilization reported here, although valuable in themselves for appraising the herbage potential of salt-prairies, become particularly relevant in view of the diversity of grassland communities which thrive interspersed with each other because of the Basin's noticeable microrelief

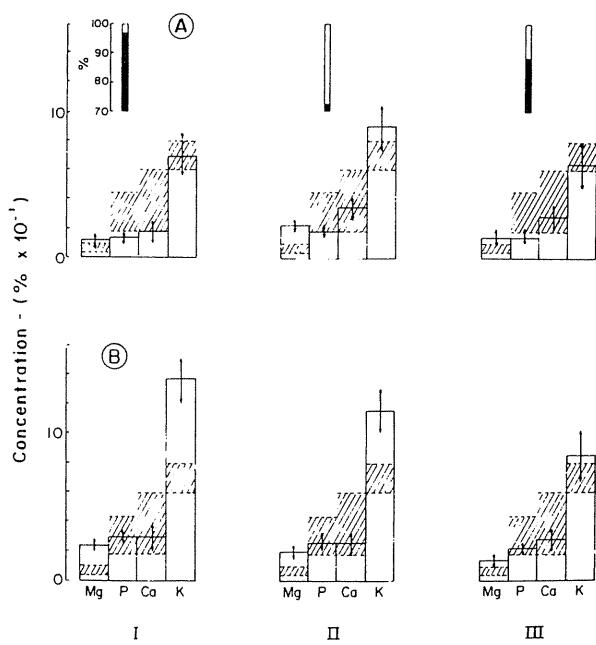


Fig. 4. Concentrations of Mg, P, Ca, and K in the prairie's hay not fertilized (A), or fertilized with 762 kg-AS + 208 kg-TS/(ha . yr) (B) in years I, II, and III. Hatched bars indicate the ranges of concentrations needed by breeding-cattle. Two-pointed arrows indicate 95% confidence intervals for concentration means. Inset: Proportion of prairie's ADMA accounted for grasses (black bars).

(15). Ginzo *et al* (6) and Ginzo (5) measured the accumulation of dry matter and the mineral composition of a "flechillar" located 500 m away from the present salt-prairie. Both grasslands were similarly fertilized and sampled over the same experimental period. The flechillar differed from the salt-prairie in many aspects, viz: (a) maximum ADMA was about twice as large for the flechillar (800 g/m²/yr); (b) the highest AS rate became progressively saturating for the flechillar's ADMA; and (c) its need for P was evident only when ADMA was greatly enhanced by AS. Clearly, species composition, soil type —Vertic Argiudol (flechillar) vis-à-vis Typic Natraqualf— and plant cover —ca. 80% (flechillar) vis-à-vis ca. 30%—were some of the causes underlying those differences. As it was pointed out earlier, Mendoza's (9) results suggest that a salt-prairie should need some other cultural practices directed to the improvement of drainage and aeration conditions in the soil in order to show thoroughly its response to chemical fertilization.

Summary

A halophytic natural grassland (salt-prairie) was fertilized with 0.381, or 762 kg/ammonium sulphate (AS)/ha/yr factorially combined with 0 or 208 kg-triple superphosphate (TS)/ha/yr from October 1975 to October 1978. Fertilization evoked perceptible changes in botanical composition, although they were probably confused with mowing effects. The annual accumulation of herbage dry matter (ADMA) in both grass and fractions was increased by AS and TS every year, although the response of each fraction seemed related to soil-water conditions. The ADMA increased both with time and fertilization. Maximum ADMA (400 g/m²/yr) was observed in the third year and in plots fertilized with 762 kg-AS + 208 kg-TS; the corresponding control plots yielded ca. 120 g/m²/yr. Grasses and forbs showed very close N values, but P, K, Ca, and Mg were frequently higher in the latter. The mineral composition of each fraction varied correspondingly with time and fertilization. The highest fertilizer rate (762 kg-AS + 208 kg-TS) improved the nutritive value of herbage for breeding cattle. The increase in herbage dry matter due to AS + TS fertilization resulted from the prairie's mild N and severe P deficiencies; however, its potential for herbage yield did not seem to be realized with 762 kg AS + 208 kg TS/ha/yr.

Literature cited

1. BRAUN-BLANQUET, J. 1950. *Sociología Vegetal: Estudio de las comunidades vegetales* (Translation of Plant Sociology, the Study of Plant Communities. McGraw-Hill (1932)). Acme Agency. Buenos Aires 444 p.

2. BROCKMAN, J.S.; SHAW, P.G.; WOLTON, K.M. 1970. The effect of phosphate and potash fertilizers on cut and grazed grassland. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 74:397-407.
3. DEREGIBUS, V.A.; CAHUEPE, M.A. 1983. Pastizales naturales de la Depresión del Salado. Utilización basada en conceptos ecológicos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias INTA, Serie Investigaciones Agrícolas* 18:47-78.
4. FLEMING, G.A. 1973. Mineral composition of herbage. In: *Chemistry and Biochemistry of Herbage*. Ed. by Butler, G.W.; Bailey, R.W. Vol. I:529-566. Academic Press. London
5. GINZO, H.D. 1983. Composición mineral de un pastizal natural fertilizado experimentalmente con nitrógeno y fósforo; Depresión del Río Salado (República Argentina). *Revista Boliviana de Investigación* 1:98-105.
6. GINZO, H.D.; COLLANTES, M.B.; CASO, O.H. 1982. Fertilization of a native grassland in the Depresión del Río Salado, Province of Buenos Aires: Herbage dry matter accumulation and botanical composition. *Journal of Range Management* 35:35-39.
7. HODGSON, J. 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. *Grass and Forage Science* 34:11-18.
8. HOLLANDER, M.; WOLFE, D.A. 1973. Non-parametric Statistical Methods. J. Wiley and Sons New York. 503 p
9. MENDOZA, R.E. 1980. Efecto del agregado de yeso a un suelo sódico de la Depresión del Río Salado (Buenos Aires, R. Argentina) y su repercusión sobre algunas características físico-químicas, microbiológicas y de producción de forraje. *Revista de Investigaciones Agropecuarias INTA, Serie Investigaciones Agrícolas* 15:573-592.
10. POWER, J.F. 1981. Long-term recovery of fertilizer nitrogen applied to a native mixed prairie. *Soil Science Society of America Journal* 45:782-786
11. RABOTNOV, T.A. 1977. The influence of fertilizers on the plant communities of mesophytic grasslands. In: *Application of Vegetation Science to Grassland Husbandry*. Ed. by Krause, W., *Handbook of Vegetation Science*. Vol. 13:461-497. Dr W Junk, Publishers The Hague.
12. REID, R.L.; JUNG, G.A. 1974. Effects of elements other than nitrogen on the nutritive value of forage: In: *Forage Fertilization*. Ed by Mays, D.A., American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America. Madison. p 395-431.
13. SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. 1979. *Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. W.H. Freeman and Company. San Francisco. 776 p
14. THURSTON, J.M. 1969. The effect of liming and fertilizers on the botanical composition of permanent grassland, and on hay. In: *Ecological Aspects of the Mineral Nutrition of Plants*. Ed by Rorison, T.H. Blackwell Scientific Publications. Oxford. p. 3.10
15. VERBOORST, F. 1969. La Vegetación de la República Argentina. 7. Las Comunidades Vegetales de la Depresión del Salado (Pcia. de Buenos Aires). Serie Fitogeográfica. INTA Buenos Aires. 259 p
16. WARD, G.M. 1959. Effect of soil fertility upon the yield and nutritive value of forages. A review. *Journal of Dairy Science* 42:277-289
17. WHITEHEAD, A.J. 1970. The role of nitrogen in grassland productivity. *Field Crops Bulletin no. 48. Crops Bulletin No. 38. Commonwealth Agricultural Bureau*. Hurley 202 p.

Reseña de libros

BEWLEY, J.D. y BLACK, M. *Seeds. Physiology of development and germination*. Plenum Press. New York. 1985. 367 p.

La amplia variedad de publicaciones que ilustran las bases teóricas de la fisiología de plantas y los conceptos de bioquímica asociados con ella se ven enriquecidos con la publicación de este libro, el que resume en forma adecuada los principales aspectos asociados con los procesos que conducen al desarrollo y germinación de las semillas.

El volumen está bien presentado y editado, entregando abundantes referencias bibliográficas, cuadros y gráficos concisos y buenas fotografías. El material cubierto en el texto posee una secuencia lógica y está bien organizado, de manera tal que es relativamente sencillo acompañar el desarrollo de los procesos químicos y biológicos que conducen a la germinación de las semillas y al subsecuente desarrollo de las estructuras vitales del embrión. Sin embargo, conviene enfatizar que el lector debe tener un conocimiento razonable de bioquímica para poder aprovechar integralmente el material contenido en el libro.

Sin duda alguna, esta publicación representa una contribución para los profesionales envueltos en la investigación agrícola y en la enseñanza superior. El libro puede servir de guía o texto para estudiantes avanzados. Para tecnólogos de semilla sirve como excelente libro de consulta, ya que aborda materias que, una vez comprendida su naturaleza, tienen aplicaciones prácticas para un manejo eficiente de lotes de semillas que deben conservar sus atributos fisiológicos intactos.

Otro aspecto favorable es su fácil lectura, ya que no tiene muchas interrupciones en el texto, i.e. citando otros autores o publicaciones. Las referencias pertinentes se encuentran agrupadas al final de cada capítulo, de acuerdo a las materias tratadas en éste. Cuando no existen referencias que ayuden a explicar algunos procesos cuya síntesis y causas son desconocidas actualmente, los autores no se limitan a mencionar el hecho, sino que intentan deducir una teoría propia que pueda servir de explicación al fenómeno.

En el Capítulo 1 se resumen las estructuras básicas de las semillas con énfasis en aquellas de interés agrícola. Se explican los conceptos generales de germinación, haciendo referencia a lo que realmente repre-

senta el concepto, a veces mal interpretado. Se describe la composición química normal de la mayoría de las semillas agrícolas, realizándose una descripción suscinta del tipo de reservas alimenticias almacenadas en las estructuras especializadas de los principales tipos de semillas.

Explicaciones detalladas se encuentran en el Capítulo 2 con relación a la síntesis de carbohidratos, grasas o lípidos, proteínas y fitina, extendiéndose también en la biosíntesis, metabolismo y posibles funciones de las hormonas. El Capítulo 3 está dedicado a la viabilidad de las semillas, explicándose, en detalle, las bases bioquímicas que inciden en la deterioración. Por otra parte, se explican los procesos que en una semilla viable y vigorosa, llevan a completar el proceso de germinación.

En el Capítulo se detallan aquellos procesos que, a nivel celular, se realizan con el fin de promover la síntesis de ATP y RNA principalmente y aquéllos otros que son promovidos por la inhibición de agua y la respiración. Extensa revisión del fenómeno de la latencia de las semillas es la materia del Capítulo 5. Principalmente este capítulo se refiere al papel biológico de la latencia, su desarrollo y los factores que inciden en su aparición.

Dónde y cuándo la semilla germina es el sujeto del Capítulo 6. La sensibilidad del proceso de germinación a factores externos — luz, temperatura, agua — y las interacciones entre agentes que influencian la latencia — luz, temperatura, madurez fisiológica — determinan la germinación de una semilla en situación y tiempo dados. Apropiadamente los autores llaman este capítulo de aspectos ecofisiológicos de la germinación.

En el Capítulo 7 se explican detalladamente los sistemas de movilización y catabolismo de las reservas alimenticias almacenadas, en su pasaje de los órganos de reserva a los puntos de crecimiento embrionario. Esta materia es complementada con el texto del Capítulo 8, que trata del control de dicha movilización. Se hace énfasis en el papel de las hormonas (giberelina, principalmente) en el estímulo para el inicio de los procesos de hidrólisis y la función de las enzimas, su formación y actividad.

Finalmente, en el Capítulo 9, se entregan algunas consideraciones prácticas de aplicación de principios envueltos en la germinación y crecimiento del embrión.

JUAN CARLOS BRESCIANI
IICA
Brasilia, Brasil

LA DIVERSIDAD ESPECIFICA DE PASTIZALES PATAGONICOS SUBANDINOS, SOMETIDOS AL PASTOREO¹ /

J.M. FACELLI*
R.J.C. LEON*

Summary

The relationship between plant community deterioration –as measured by the main axis of a previously made polar ordination– and the species diversity of 43 differentially grazed stands is described.

Various diversity indices showed that equitability increased from the sites considered well preserved to the moderately deteriorated, due to a fall in cover of Festuca pallenscens, the dominant grass. Equitability decreased towards extremely deteriorated stands, as a result of the cover increase of Mulinum spinosum, a xeric shrub which often dominates stands considered to be in an advanced stage of deterioration. Festuca pallenscens, the main component of the climax community, becomes a rare species in these stands.

The validity of the general model that considers the existence of a direct relationship between range condition and diversity, in terms of observed results, is discussed.

Two diversity indices have shown to be proper tools for the evaluation of range condition

Introducción

A lo largo de las últimas décadas, se ha sostenido frecuentemente que la diversidad de un sistema guarda relación directa con su madurez (15, 21) y que la explotación del mismo debe resultar en su rejuvenecimiento, uno de cuyos síntomas sería la disminución de su diversidad (15, 32).

En estos principios se fundamenta la hipótesis de que el pastoreo produce en los pastizales una simplificación de su estructura y una pérdida de diversidad (2, 32). Las relaciones existentes entre este atri-

buto de la comunidad y otros tales como su estabilidad, y su productividad, han sido objeto de amplios estudios y especulaciones teóricas, en razón de sus implicaciones, tanto ecológicas como económicas. Sin embargo, en los experimentos realizados para estudiar dichas relaciones, se han obtenido resultados que distintos autores interpretan de modo distinto y aún contrapuesto (1, 10, 16, 17, 19, 23).

Existen algunas publicaciones cuyos datos concuerdan con la hipótesis que establece una relación directa entre la diversidad específica de un pastizal y la presión de pastoreo a que es sometido. Así, por ejemplo, en pastizales del Japón estudiados por Itow (10), la diversidad resultó proporcionalmente menor cuanto mayor había sido el tiempo durante el cual había sido utilizado para pastoreo. Ares y León (2) encontraron que, en pastizales de la Depresión del Salado (Argentina), la equitatividad disminuye por efecto del pastoreo.

McNaughton (18) estudió el efecto del pastoreo en dos pastizales de California, uno de baja y otro de alta diversidad; él comprobó que se produjo una dis-

1 Recibido para publicación el 25 de julio de 1985.
Trabajo realizado con subsidio de la Secretaría de Estado de Ciencia y Tecnología de la República Argentina.
Queremos expresar nuestro agradecimiento a T. Schlichter y a A. Soriano por la lectura previa del manuscrito y las valiosas sugerencias por ellos realizadas.

* Departamento de Ecología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires Av. San Martín (1417) Buenos Aires, Argentina

minución de la diversidad en el pastizal en que era alta, mientras que en aquél donde era baja, no observó diferencias significativas.

Un comportamiento distinto se comprobó en sistemas herbáceos cuando se interrumpió bruscamente el pastoreo ejercido por conejos a causa de la elevada mortalidad de estos roedores, provocada por la mixomatosis. En pastizales húmedos de Inglaterra se observó una rápida disminución de la diversidad luego de la desaparición de los roedores (7). Similares resultados se obtuvieron en dunas costeras de Holanda (14) y en pastizales acidófilos de Breckland, Inglaterra (28, 29) donde, once años después de la desaparición de los conejos, se había reducido el número de especies presentes y una sola de ellas, *Festuca ovina*, se había convertido en dominante total del sistema.

En el presente trabajo han sido analizados y comparados distintos grados de deterioro producidos por el pastoreo de ovinos en los pastizales dominados por el coirón blanco (*Festuca pallenscens*) de una región de la Patagonia extrandina, con el objeto de establecer las variaciones de diversidad específica asociadas a dicho proceso.

Dicho atributo de la comunidad vegetal ha sido utilizado exitosamente como indicador del estado del pastizal (2, 23) y constituye una herramienta de gran utilidad potencial para lograr un uso racional del recurso forrajero.

Materiales y métodos

El área donde se realizó el presente estudio está ubicada en el sudoeste de la Provincia del Chubut, en la porción extrandina de la Patagonia Argentina (Fig. 1) y corresponde fitogeográficamente al Distrito Subandino de la Provincia Patagónica (24).

Dicho distrito está ocupado por una extensa estepa graminosa donde, en la comunidad climática, el coirón blanco (*Festuca pallenscens*) es el dominante absoluto, llegando a constituir en algunos casos el 90% de la biomasa (6, 25). Se encuentran también otras gramíneas del mismo género y de los géneros *Poa*, *Koeleria*, *Bromus* y *Agrostis*. Los arbustos son poco frecuentes, aunque pueden encontrarse ejemplares de *Senecio filaginoides* y de *Mulinum spinosum*, este último con carácter invasor en los campos sometidos a excesiva presión de pastoreo (25).

En la región predomina el relieve ondulado, como consecuencia de la presencia de morenas originadas por paleoglaciares; los suelos pueden considerarse ricos en materiales finos y materia orgánica, si se lo compara con los demás suelos patagónicos (4).

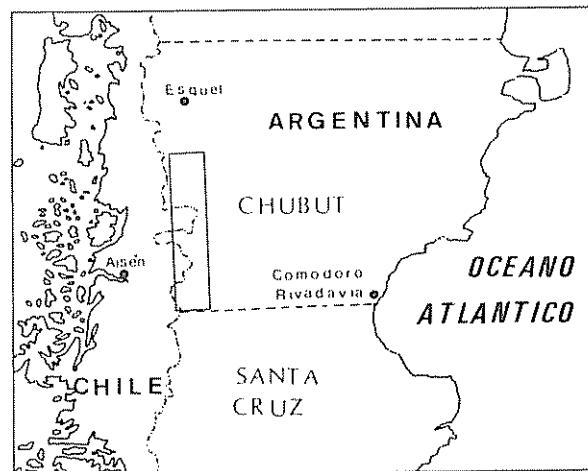


Fig. 1. Ubicación geográfica de la región donde se realizó el presente estudio (Área incluida en el rectángulo).

Dichos suelos, sumados a las condiciones hidráticas relativamente favorables de esta zona (alrededor de 500 mm de precipitaciones anuales) hacen de la región una de las más productivas de la Patagonia extrandina.

La principal actividad económica de la zona es la cría extensiva de lanares que utilizan, como fuente casi exclusiva de forraje, los pastizales naturales allí existentes. El número de cabezas por unidad de superficie es excesivo (25) lo que ha provocado un deterioro creciente del recurso forrajero, iniciado cuando se introdujo el ganado ovino en la zona, a principios de siglo.

El área donde se realizó el presente trabajo está comprendida entre los paralelos 45° S y 44° S y los meridianos 71° y 71° 40' (Fig. 1). Basándose en estudios anteriores (6, 12) y en reconocimientos efectuados en la zona, se consideró que no existían diferencias importantes en los caracteres de la vegetación debidas a diferencias climáticas o edáficas, a pesar de la amplitud de la región estudiada.

Los censos se realizaron en situaciones topográficas comparables, evitándose en el muestreo ambientes particulares, tales como valles con vegas, serranías, etc. De este modo se trató de asegurar que la principal fuente de variación de la composición florística y de los caracteres de los pastizales analizados fuera el grado de regresión provocado por las distintas intensidades de pastoreo a que habían sido sometidos. Se eligieron potreros de modo que representaran un amplio rango de situaciones que comprendió desde un potrero sin ocupación durante algunos años, donde

se observaba un muy buen estado del pastizal, hasta potreros que, por su tamaño reducido y por estar situados en zonas tempranamente colonizadas, habían sufrido una gran presión de pastoreo y presentaban signos inequívocos de deterioro avanzado de la comunidad. Esta apreciación se basó en caracteres ecológicos generales (grado de cobertura, cantidad de terofitas, presencia de matas en pedestal, etc.) que pueden considerarse indicadores de distintos grados de deterioro (25).

En cada *stand* seleccionado se recorrió una superficie aproximada a 500 m², hasta completar la lista florística, estimando luego un valor de cobertura para cada especie, utilizando una escala porcentual con intervalos de 5%. Las especies que no alcanzaban esta cobertura se agruparon en tres categorías, según su importancia, a la que se le asignaron los valores de 2.5%; 1% y 0.1%. Se realizó luego una recorrida más amplia por el *stand*, verificando la inclusión de la totalidad de las especies presentes, en la lista consecutiva.

Los 43 censos así obtenidos fueron ordenados bidimensionalmente según la técnica polar de Bray y Curtis (3) en un estudio previo (11). En ese estudio se verificó que el eje principal del ordenamiento obtenido representaba los cambios regresivos producidos por el pastoreo; este eje es utilizado en el presente estudio como escala de grado de deterioro del pastizal, variando entre 0 (mínimo o nulo efecto del pastoreo) y 100 (máximo grado de deterioro hallado).

Para la totalidad de los censos se calcularon distintos índices de diversidad, con el fin de comparar su utilidad para caracterizar la retrogradación inducida por el pastoreo en el pastizal estudiado.

Las medidas de diversidad utilizadas se ven afectadas en forma diferente por los dos componentes que determinan la diversidad específica. Se utilizó el número de especies (N_0), la medida de equitatividad propuesta por Lloyd y Ghelardi (13) e y los índices de diversidad H_1 y N_2 (Cuadro 1). Suele considerarse que H_1 pondera en forma equilibrada el número de especies y la equitatividad, mientras que N_2 se ve más afectado por este último factor (8).

Para detectar la existencia de relación entre el grado de deterioro y los distintos índices de diversidad, se ajustaron, por el método de cuadrados mínimos, distintos tipos de regresiones, usando como medida de su efectividad el coeficiente de determinación r^2 . Los mejores ajustes se lograron en todos los casos con regresiones lineales, cuyos resultados son analizados en el presente estudio.

Cuadro 1. Índices de diversidad utilizados.

| | | |
|-----|---------------------------------------|-----------------------|
| (a) | $N_0 = s$ | Hill (8) |
| (b) | $H_1 = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$ | Pielou (22) |
| (c) | $N_2 = \frac{s}{\sum_{i=1}^s p_i^2}$ | Hill (8) |
| (d) | $e = \frac{s}{S}$ | Lloyd y Ghelardi (13) |

s: Número de especies halladas en el censo

p_i : Proporción de la cobertura total, correspondiente a la iésima especie

S: Número máximo de especies esperables para el valor H_1 hallado (según Lloyd y Ghelardi (13))

Por considerarse que N_2 fue el índice más efectivo, se le tomó como base para seleccionar dos grupos de censos, uno de baja diversidad ($N_2 < 3$), escasamente deteriorados por el pastoreo y otro de alta diversidad ($N_2 > 7$), en condiciones intermedias de degradación. Para el promedio de cada uno de estos grupos se confeccionó el gráfico de dominancia-diversidad (32) y se compararon estadísticamente la cobertura de la especie dominante y el número medio de especies con coberturas de 10%; 5%; 2.5%; 1% y 0.1% en cada uno de los grupos. Este tipo de curvas, que relaciona la cobertura de cada especie con su posición jerárquica en la secuencia de especies, suele brindar más información acerca de la estructura de la comunidad que los índices de diversidad (32).

Resultados y discusión

Los índices de diversidad que resultaron más sensibles a los cambios inducidos por el pastoreo fueron N_2 y e , lo que refleja una importante influencia de ese factor sobre la equitatividad del sistema. Ambos parámetros aumentaron desde el deterioro mínimo hasta grados intermedios y decrecieron hacia los valores de máximo deterioro (Fig. 2 c y 2 d). En ambos casos los ajustes obtenidos resultaron significativos (Cuadro 2).

El efecto del deterioro sobre el número de especies parece menos importante (Fig. 2 a); la recta de ajuste, de pendiente negativa significativamente distinta a cero, tuvo un coeficiente de determinación muy bajo (Cuadro 2) debido a la variabilidad que presenta este parámetro. Dicha variabilidad determina que el valor predictivo del número de especies sea escaso.

La recta de ajuste correspondiente a H_1 (Fig. 2 b) tuvo una pendiente que no difirió significativamente

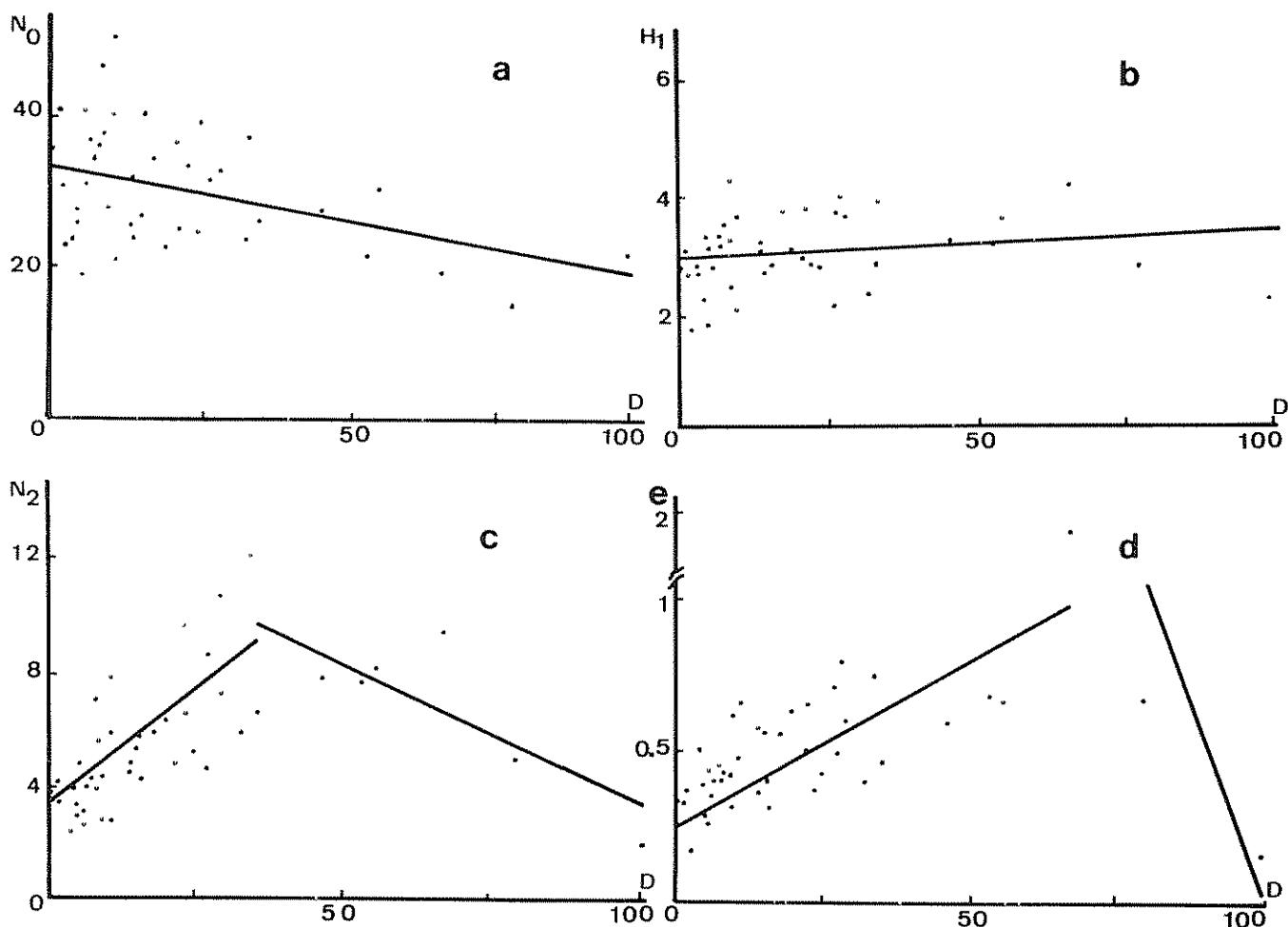


Fig. 2 Relaciones existentes entre los valores de los índices de diversidad obtenidos y el grado de deterioro. a) N_0 ; b) H_1 ; c) N_2 ; d) e) Las funciones de regresión y los coeficientes de determinación (r^2) correspondientes, figuran en la Tabla II.

de cero y un coeficiente de determinación (r^2) muy bajo (Cuadro 2).

En otros trabajos en que se hallaron aumentos de la diversidad provocados por el pastoreo, los autores concluyen que se debe a la disminución de la sobredominancia que producen los herbívoros (7, 14, 20, 28, 29). En todos los casos se supone que el retroceso de la población dominante deja disponibles recursos que pueden ser aprovechados por las especies subordinadas y por otras antes suprimidas por competencia, que aumentarían consecuentemente su biomasa (5, 22, 31, 32).

Las curvas de dominancia-diversidad de los grupos de censos de alta y baja diversidad (Fig. 3) muestran que la cobertura de la especie dominante es menor en aquellos de mayor diversidad (significativo, $p = 1\%$),

pero no se hallaron diferencias significativas en cuanto al número de especies con coberturas medias o bajas. Puede concluirse por lo tanto que, si bien la importancia de la población dominante disminuye y por lo tanto aumenta la equitatividad, no se produce ningún aumento notable en la cobertura de las especies secundarias (Fig. 3). A la disminución de la importancia de *F. pallescens*, corresponde un aumento casi proporcional del porcentaje de suelo desnudo y solo la cobertura de unas pocas especies aumenta en pequeña proporción (11).

Pueden plantearse dos hipótesis alternativas para explicar este fenómeno: a) los nichos potenciales de las especies secundarias no se superponen con el de *F. pallescens*, por lo que no son capaces de aprovechar los recursos que deja disponibles su retroceso; b) la disminución de la cobertura de la población dominan-

Cuadro 2. Funciones de regresión y coeficientes de determinación obtenidos.

| | | | |
|-----|-------|----------------|--|
| (a) | N_0 | $0 < D < 100$ | $N_0 = -0.14363 D + 33.976$ (*) |
| | | | $r^2 = 0.3850$ |
| (b) | H_1 | $0 < D < 100$ | $H_1 = 0.00348 D + 3.19056$ (NS) |
| | | | $r^2 = 0.50295$ |
| (c) | N_2 | $0 < D < 34$ | $N_2 = 0.16205 D + 2.63815$ (**) |
| | | | $r^2 = 0.82726$ |
| | | $34 < D < 100$ | $N_2 = 0.09095 D + 12.42275$ (**) $r^2 = 0.72624$ |
| (d) | e | $0 < D < 66$ | $e = 0.01219 D + 0.23276$ (**) $r^2 = 0.75386$ |
| | | $66 < D < 100$ | $e = -0.04999 D + 5.02195$ (**) $r^2 = 0.73459$ |

(*) Difiere de la horizontal; $p = 5\%$.

(**) Difiere de la horizontal; $p = 1\%$.

(NS) No difiere de la horizontal; $p = 5\%$.

D: Grado de deterioro, según el eje relativo obtenido en un ordenamiento previo (11). Los valores de 0 y 100 corresponden respectivamente a los estados de mínimo y máximo deterioro hallados.

Las letras a, b, c y d se corresponden con las de la Figura 2.

te se produce en forma paralela a un deterioro ambiental, por lo que su retroceso no libera recursos que puedan ser aprovechados por otras especies.

Si bien no se dispone de evidencias que permitan descartar la primera hipótesis, existe una serie de observaciones y modelos que reforzarían la segunda, especialmente en relación con el efecto que una disminución en la cobertura de las gramíneas de un sistema semiárido produce sobre la dinámica del agua (26, 27, 30).

La progresiva disminución de la infiltración que se produciría, no sólo sería desfavorable para el establecimiento de la cobertura de las gramíneas sino que favorecería la arbustización del sistema. Este tipo de proceso puede haber sido el que facilitó el establecimiento de *Mulinum spinosum*, arbusto no apetecido por el ganado, característico de ambientes más áridos (6, 12, 25).

Los cambios estructurales que se producen al aumentar la cantidad de arbustos, favorecería una mayor captación de agua por parte de éstos, por lo que quedaría disponible una menor cantidad para las herbáceas (27). A este proceso puede atribuirse la domi-

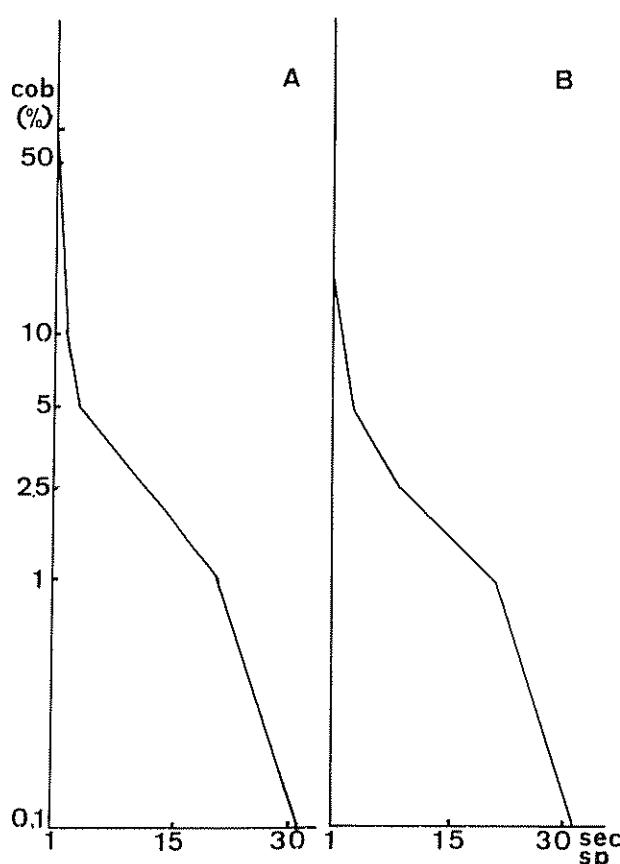


Fig. 3 Curvas de dominancia-diversidad. A) Grupo de censos de baja diversidad ($N_2 < 3$), poco afectados por el pastoreo. B) Grupo de censos de alta diversidad ($N_2 > 7$), en condiciones intermedias de deterioro.

nancia que, en casos extremos de deterioro, alcanza *M. spinosum* y que refleja en los bajos valores de equitatividad que se observan en dichas situaciones (Fig. 4).

Conclusiones

El presente trabajo ha permitido establecer las principales características de la relación existente entre el deterioro y la diversidad específica del sistema estudiado. Resultan evidentes ciertas diferencias entre los resultados aquí expuestos y los obtenidos en gran parte de los trabajos que abordan este problema, por lo que parece razonable aceptar que el efecto que puede tener el pastoreo sobre la diversidad es variable en los distintos sistemas. Uno de los principales factores que condicionan dicha relación sería las interrelaciones de las distintas poblaciones vegetales entre sí con el ambiente físico y con los herbívoros que los consumen (7). El efecto del pastoreo sobre la población dominante, tal como se pone de manifiesto en el presente estudio, resulta particularmente importan-

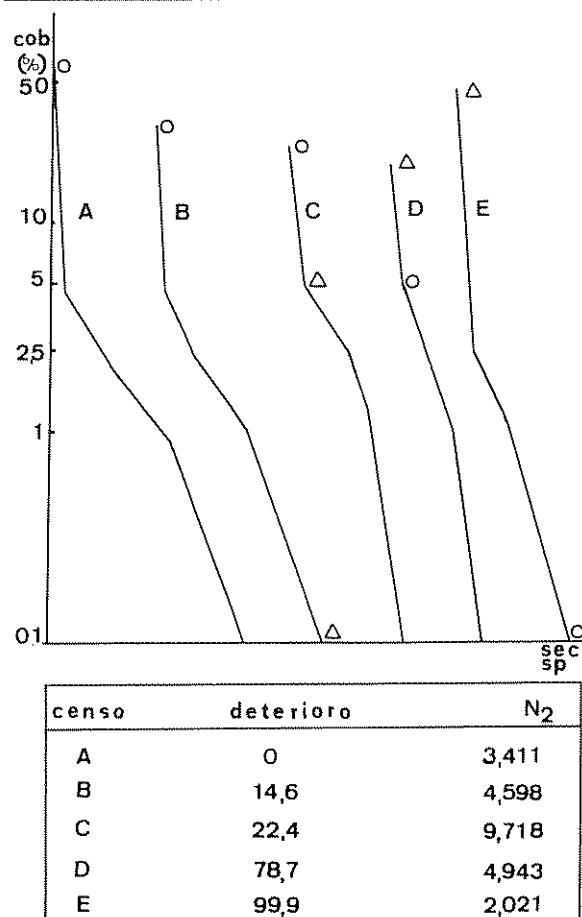


Fig. 4 Curvas de dominancia diversidad de cinco censos con distintos grados de deterioro. El círculo (°) indica la posición de *Festuca pallescens* en el espectro, y el triángulo la correspondiente a *Mulinum spinosum*.

te, ya que ésta determina las condiciones ambientales en que se desarrollan las restantes poblaciones presentes (5, 10, 31).

Teniendo en cuenta estas consideraciones, el uso de índices de diversidad como indicadores del estado del pastizal (o de cualquier otra comunidad vegetal alterada por actividades antrópicas) puede resultar inadecuado si no se cuenta con cierta información previa acerca de la organización de la comunidad en cuestión.

En nuestro caso particular, su aplicación puede resultar de suma utilidad, ya que el aumento de la diversidad específica (medida según N_2 o e) por encima de ciertos valores, indica una tendencia del sistema a sufrir graves deterioros.

Quedan aún por resolver ciertos interrogantes acerca de los mecanismos involucrados en este proceso. Para su resolución podrían utilizarse ensayos de

eliminación de plantas de *F. pallescens*, creando al mismo tiempo condiciones que permiten mantener los niveles de infiltración (con "mulching" p.e.) lo que permitiría verificar la validez de las hipótesis propuestas.

Resumen

Se describe la relación que existe entre el nivel de deterioro de una comunidad vegetal, como lo es un pastizal, y la diversidad de especies existentes en ese pastizal. El nivel de deterioro se midió por el eje principal de un ordenamiento obtenido en un estudio previo; la diversidad se calculó a través de índices aplicados a 43 lotes sometidos a distintas presiones de pastores (desde un mínimo de 0 —con efecto nulo del pastoreo— hasta 100 —con máximo deterioro). Los diferentes índices observados mostraron que la equitatividad del sistema aumentó, a partir de sitios poco deteriorados hasta los moderadamente deteriorados debido a un descenso en la cobertura de *Festuca pallescens*, la especie forrajera dominante. La equitatividad disminuyó en los sitios muy deteriorados, como resultado de la mayor cobertura de *Mulinum spinosum*, un arbusto no apetecido por el ganado. Al invadir este arbusto las praderas, éstas se deterioran progresivamente; así, la especie forrajera se pierde y el sitio se degrada.

Con base en los resultados obtenidos se discute la validez del modelo que considera que hay una relación directa entre la condición del pastizal y su diversidad en cuanto a especies presentes. Los índices de diversidad mostraron ser herramientas adecuadas para evaluar la productividad de un pastizal.

Literatura citada

- ARES, J.O. 1972. Equitability, competition and seasonal succession in a plant community. *The Journal of Ecology* 60:323-331.
- ARES, J.O., LEON, R.J.C. 1972. An ecological assessment of the influence of grazing on plant community structure. *The Journal of Ecology* 60:333-342.
- BRAY, J.R., CURTIS, J.T. 1957. An ordination of the forest communities in southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27:325-349.
- ETCHEVERE, P.H. 1971. Mapa de suelos de la República Argentina. Sistema 7º Aproximación. INTA, Buenos Aires. 150 p.
- GRIME, J.P. 1979. Plant strategies and vegetation process. Ed. John Wiley and Sons New York. 222 p.

6. GOLLUSCIO, R.A., LEON, R.J.C., PERELMAN, S. 1982. Caracterización fitosociológica de la estepa del Oeste del Chubut; su relación con el ambiente. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 21:299-324.
7. HARPER, J.L. 1969. The role of predation in vegetational diversity. Brookhaven Symposia on Biology 22:48-62.
8. HILL, M.O. 1973. Diversity and evenness: an unifying notation and its consequences. Ecology 54:427-432.
9. HUSTON, M. 1979. A general hypothesis of species diversity. The American Naturalist 113:81-101.
10. ITOW, S. 1963. Grassland vegetation in upland western Honshu, Japan. Part II: Succession and grazing indicators. Japanese Journal of Botany 18:133-167.
11. LEON, R.J.C., AGUIAR, M.R. 1985. El deterioro por uso pasturil en estepas herbáceas patagónicas. Phytocoenología 13(2):181-196.
12. LEON, R.J.C., FACELLI, J.M. 1981. Descripción de una coenoclinia en el SW del Chubut. Revista Facultad de Agronomía 2:163-171.
13. LLOYD, M., GHELARDI, R.J. 1963. A table for calculating the equitability component of species diversity. Journal of Animal Ecology 33:217-225.
14. MAAREL, E. VAN DER 1970. Plant species diversity in relation to management. In The scientific management of animal and plant communities for conservation. Ed by E. Duseey and A.S. Watt. Blackwell Scientific Publication. Londres. 652 p.
15. MARGALEF, R. 1968. Perspectives in ecological theory. The University of Chicago Press. Chicago. 109 p.
16. McNAUGHTON, S.J. 1967. Relation among functional properties of California grasslands. Nature 216:168-169.
17. McNAUGHTON, S.J. 1968. Structure and function in California grasslands. Ecology 49: 962-972.
18. McNAUGHTON, S.J. 1977. Diversity and stability of ecological communities: a comment on the role of empiricism in ecology. The American Naturalist 111:515-525.
19. MELLINGER, M.V.; McNAUGHTON, S.J. 1975. Structure and function of successional vascular plant communities in central New York. Ecological Monographs 45:161-182.
20. NOY-MEIR, I. 1981. Theoretical dynamics of competitors under predation. Oecologia 50:277-283.
21. ODUM, E.P. 1969. The strategy of ecosystem development. Science 164:262-270.
22. PIELOU, E.C. 1975. Ecological diversity. Wiley Interscience. New York. 162 p.
23. SCHLICHTER, T.; LEON, R.J.C.; SORIANO, A. 1978. Utilización de índices de diversidad en la evaluación de pastizales naturales en el Centro-W de Chubut. Ecología 3:125-132.
24. SORIANO, A. 1956. Los distritos florísticos de la Provincia Patagónica. Revista de Investigaciones Agrícolas INTA. Tomo X No. 4:323-358.
25. SORIANO, A. 1956. Aspectos ecológicos y pasturiles de la vegetación patagónica, relacionados con su estado y capacidad de recuperación. Revista de Investigaciones Agrícolas INTA Tomo X No 4:359-386.
26. SORIANO, A.; SALA, O.; LEON, R.J.C. 1980. Vegetación actual y potencial en el pastizal de coirón amargo (*Stipa* spp.) del SW del Chubut. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica XIX:309-314.
27. WALKER, B.H.; LUDWIG, D.; HOLLING, C.S.; PETERMAN, R.M. 1981. Stability of semi-arid savana grazing systems. The Journal of Ecology 69:473-498.
28. WATT, A.S. 1960. The effect of excluding rabbits from acidophilous grasslands in Breckland. The Journal of Ecology 48:601-604.
29. WATT, A.S. 1962. The effect of excluding rabbits from grassland A (xerobrometum) in Breckland, 1936-1960. The Journal of Ecology 50:181-198.

30. WESTOBY, M. 1980. Elements of a theory of vegetation dynamics in arid rangelands. Israel Journal of Botany 28:169-194
31. WHITTAKER, R.H. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. Science 147:250-260.
32. WHITTAKER, R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. Taxon 21: 213-251.
33. WHITTAKER, R.H.; WOODWEEL, G.M. 1973. Retrogression and coenocline distance. In Ordination and classification of communities. Handbook of Vegetation Science No 5 Ed. by R.H. Whittaker, and W. Junk. The Hague. p. 743.

Reseña de libros

ALVES, S.B. (ed.) Controle microbiano de insetos. São Paulo, Editora Manole Ltda 1986. 407 p.

Sérgio Alves ha producido un libro didáctico muy importante, que sirve para prever el interés creciente en el control microbiano de plagas en las regiones tropicales de Sur América. El libro está organizado en tres partes: Patología general, que consta de cinco capítulos todos de autoría de Sérgio Alves; Entomopathogenicos en el Control Microbiano, de siete capítulos, tres de los cuales son de Sérgio Alves; y Métodos Utilizados en Patología y Control Microbiano, el cual tiene de 10 capítulos, cuatro de Alves.

El libro es altamente práctico ya afirma la voluminosa actividad de investigación y formación de profesionales en la Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. El libro no es tan completo como el texto *Insect Microbiology* de E.A. Steinhaus, pero es más práctico que *Diagnostic Manual for the Identification of Insect Pathogens* de G.O. Poinar y G.M. Thomas. Los principios básicos de patología son bien tratados, igual que las características de los principa-

les grupos de patógenos, su producción y cuantificación. Una excelente clave para identificar patógenos, y los cuidados básicos en el laboratorio dan mucho valor al libro. Dos ejemplos de grandes esfuerzos para aplicar virus en el control de *Diatrea saccharilis* y *Anticarsia gemmatalis* son temas de dos capítulos.

Este libro, que pone la patología de insectos al alcance de profesionales y estudiantes de Sur América, destaca el papel potencial del control microbiano para resolver muchos problemas de sanidad vegetal y contaminación ambiental para América Latina. Por sus costos reducidos comparado con el control biológico clásico, no es sorprendente que el control microbiano cada día sea visto como una alternativa al uso de insecticidas en Sur América. Como consecuencia, este libro debe estar en la biblioteca de cada institución de investigación y enseñanza agrícola de América Latina y es altamente recomendado como un texto para estudiantes avanzados de entomología. En realidad, esta obra pone la patología de insectos al alcance todos los que tengan interés en ella.

H.G. FOWLER
INSTITUTO DE BIOCIENCIAS
UNESP
13.500 RIO CLARO, SÃO PAULO,
BRASIL

SOME EFFECTS OF THE HERBICIDE FLUAZYFOP-BUTYL ON THE PHYSIOLOGY OF JOHNSON GRASS (*Sorghum halepense* (L.) Pers.).¹

M.E. MAGALLANES*, G. ORTIZ*, M. ROJAS-GARCIDUEÑAS**

Resumen

Se investigó el efecto del herbicida fluazyfop-butil sobre la respiración y los pigmentos fotosintéticos del pasto Johnson (*Sorghum halepense*). En las semillas la respiración fue deprimida en relación directa con la concentración del producto pero no llegó a cesar en ningún caso. En rizomas provenientes de plantas tratadas con fluazyfop-butil al 0.2% estando de 10, 20 y 40 cm de alto, la respiración se va deprimiendo y llega a ser casi nula a los 20 días, excepto en plantas de 10 cm. Los pigmentos fotosintéticos se analizaron con el espectrofotómetro. La absorción de las radiaciones azul-violeta y azul se deprime primero y poco después las radiaciones amarillo y rojo. La depresión de los valores de absorción es más rápida en plantas de 10 cm que en las de 40 cm pero en ambos casos los pigmentos clorofílicos han desaparecido para los 20 días de la aspersión.

Introduction

Recently two herbicides have appeared whose chemical structure is a pyridyloxy-phenoxy-carboxilic acid. Anderson includes them among the diphenoxycarboxilic herbicides "for lack of a better place at this time" (1). These herbicides are the fluazyfop-butyl (PP-001) and the haloxyflop-methyl ester (Dowco 453). Fluazyfop-butyl appeared in 1980 (4) and was tried on Johnson grass (*Sorghum halepense*) (5) and other grass weeds. It has afforded excellent control in sunflower (7), squash (6), field beans (8) and other crops.

To date, not enough physiological studies have been made to explain the mode of action of these new products. In the diphenoxycarboxilic, like dichlosop-methyl, selectivity lies in the differences of foliar metabolism and the phytotoxic effects are: a) chlorosis and necrosis in leaves due to membrane damage; b) inhibition of cell divisions in meristems

(1). However, it is uncertain whether the mode of action of the pyridyloxy-phenoxy is the same of the diphenoxo.

Materials and methods

Treatment of plants

Johnson grass plants for the experiment were grown in plastic bags with soil in the greenhouse from seed collected in the field in March, 1985. When the plants reached the desired height, they were sprayed with a De Vilbiss sprayer using a 0.25% solution of fluazyfop-butyl (0.05% a.i.), which corresponds to a field application of 2.5 cc/l; that is, 1 l/ha (250 g i.a.) in 400 l water.

Plants were sprayed at different ages (sizes): 10, 30 and 40 cm high. There were 25 plants/treatment and six treatments in all (0 an 0.25% herbicide; 10, 30 and 40 cm high). Five plants were taken at different dates to investigate the respiration in the rhizomes and the photosynthetic pigments in the leaves.

Methodology for respiration

Herbicide effects on respiration were sought in the "seeds" (caryopsis) and in the rhizomes. For seeds, 0.5 g of seed without glumes was immersed in

1 Received for publication on July 23, 1986.

* Respectively: Professor and student, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Nuevo León (Monterrey, México)

** Professor; Dept. Biología, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores, Monterrey, México.

herbicide solutions of 0.0, 0.20, 0.25 and 0.30% for three hours. Then they were allowed to respirate in presence of NaOH 0.2 N after the technique based on titration of OH⁻ by HCl 0.2 N (11).

The rhizomes were collected from the leaf-sprayed plants in the greenhouse several days following application. Respiration was evaluated using the same procedure as in seeds.

Methodology for photosynthetic pigments

From each treatment, five plants were taken at 2, 10, 15 and 20 days after application. Foliar pigments were extracted and analyzed by spectrophotometry: the absorption spectre was determined from 400 to 750 nm reading at 20 nm intervals. The value at 652 nm was used to gauge the chlorophyll content of the leaves, applying Beer's Law using the short method presented by Ross (10) in the Appendix of his manual.

Experimental results

Symptoms of toxicity

Plants sprayed when 10 cm high showed toxicity signs two days after treatment: reddish color in

leaves and stems, followed by chlorosis and necrosis mostly at stem nodes. Death occurred 12 to 15 days after treatment. In plants 20 cm high, symptoms appeared at the 5th day. In plants 40 cm high symptoms were slower to develop; however, 15 days after treatment, damage was generalized and the plants died days later.

Effect on respiration

Table 1 presents the effects of the herbicide on seed respiration. There is a depression of respiration directly related to the concentration of fluazyfop-butyl. However, respiration did not cease even though seeds were exposed directly to the herbicide action by immersion in its solutions.

Respiration in rhizomes collected from sprayed plants is shown in Table 2. Fluazyfop-butyl effect was evident very soon, but became significant 10 days after application. After 20 days of spraying, respiration was very low except in plants 10 cm high, which seems strange. After the respiratory test, rhizomes were placed in conditions favoring bud development, which some rhizomes presented; none of the rhizomes from sprayed plants presented bud growth.

Table 1. Respiration of "seeds" (caryopsis) of Johnson grass (*Sorghum halepense*) previously immersed in fluazyfop-butyl solutions during three hours. Data from 0.5 g seed respirating 72 hours.

| Fluazyfop-butyl sol. % | 0 | 0.20 | 0.25 | 0.30 |
|------------------------------|------|------|------|------|
| CO ₂ exhaled (mg) | 80.5 | 71.2 | 50.1 | 30.0 |
| CO ₂ exhaled (%) | 100 | 88.4 | 62.2 | 37.2 |

Table 2. Respiration of rhizomes from foliar sprayed plants of Johnson grass (*Sorghum halepense*) with 0.25% sol. of fluazyfop-butyl, collected at several dates after treatment. Data from 5 g rhizomes respirating 48 hours.

| Height of plants when treated (cm) | CO ₂ exhaled at the days after treatment indicated (% of control) | | |
|---------------------------------------|--|----|----|
| | 2 | 10 | 20 |
| 10 | 89 | 60 | 26 |
| 30 | 68 | 62 | 9 |
| 40 | 74 | 68 | 6 |

Effect on photosynthetic pigments

The effect induced by fluazyfop-butyl on the photosynthetic pigments was analyzed by spectrophotometry. When the product was applied to plants 10 cm high, the absorption spectre began to change two days later; absorption values in the blue region were lower, but values in the red region were similar to the control, indicating chlorophyll was not affected (Fig. 1A). After 15 days, the spectres of treated and control plants were quite different; absorption values in the red region were almost zero in sprayed plants, indicating total destruction of chlorophyll (Fig. 1B). This was supported by quantitative analysis showing that, at this date, chlorophyll content in sprayed plants was 4% as compared with 100% in control plants.

In plants 40 cm high, the effects were much slower in developing; 10 days after treatment the absorption spectres of both sprayed and control plants were very similar except in the violet-blue region (Fig. 2A); however 15 days after treatment absorption values in sprayed plants were down from the control (Fig. 2B). Twenty days after spraying the absorption spectre of plants 40 cm high was no different than that of

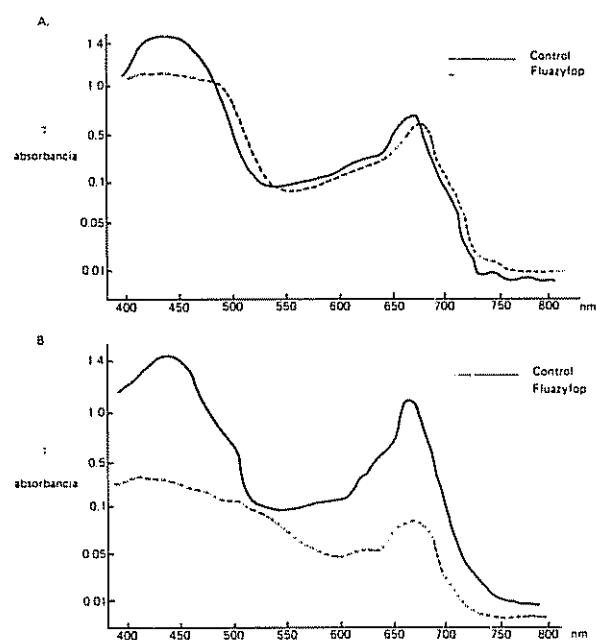


Fig. 2. Absorption spectre of Johnson grass (*Sorghum halepense*) plants sprayed at 40 cm height with fluazyfop-butyl sol. 0.25%. A. Spectre 10 days after treatment. B. Spectre 15 days after treatment.

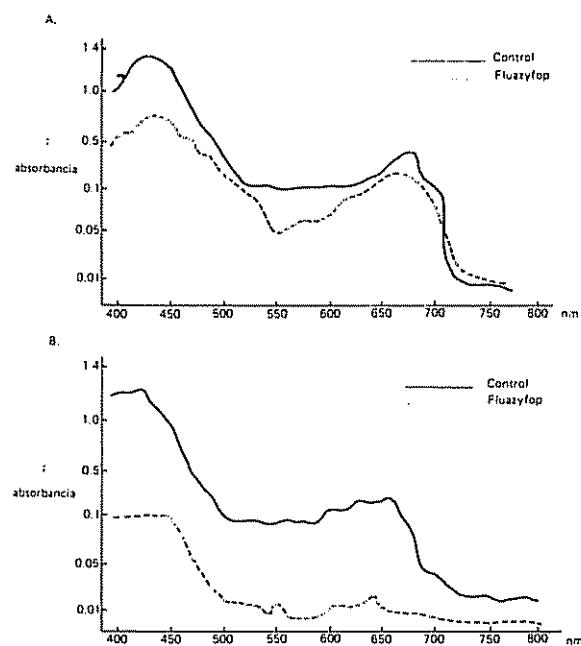


Fig. 1. Absorption spectre of Johnson grass (*Sorghum halepense*) plants sprayed at 10 cm height with fluazyfop-butyl sol. 0.25%. A. Spectre 2 days after treatment. B. Spectre 15 days after treatment.

plants 10 cm high. Quantitative analysis showed that at this date the fluazyfop-butyl treated plants had a chlorophyll content of 2% compared with 100% in the control plants.

Discussion

Occurrence of symptoms in the greenhouse confirm that young Johnson grass plants are very susceptible to fluazyfop-butyl, whereas older plants become resistant, as observed in the field (5).

The relatively weak effect of the chemical on seed respiration is comparable with the effect shown by the "brother" herbicide haloxyfop-methyl (9). The very strong repression of respiration in rhizomes is in accordance with field data on suppression of regrowth from rhizome in foliar sprayed plants. This fact indicates a good translocation of the chemical, as investigated by Handley and Dicks (3).

The absorption spectres of fluazyfop-butyl-treated plants show deviations from the normal and are very similar to spectres reported for haloxyfopmethyl-treated Johnsongrass (9); also, the analysis by spectrophotometry shows differences in susceptibility between young and older plants. The changes induced in the absorption spectre are in accordance with the

hypothesis that diphenoxycarboxilic inhibits the carotene synthesis first and the destruction of chlorophyll comes after, because of the loss of the light-shielding carotene layer (12).

It is interesting to note the great difference in the effect on respiration between seeds and rhizomes; also it is interesting that rhizomes from plants 10 cm high are less affected than rhizomes from plants 40 cm high. It seems to indicate that meristems and very immature cells are less affected than cells at the differentiation stage; this is in accordance with the reports on haloxyfop-methyl effect in germinating Johnson grass seeds (9). However, Barrett and Olson (2) did not find interaction of these herbicides with auxin.

Summary

Recently two herbicides have appeared whose chemical structure is a pyridyloxy-phenoxy-carboxilic acid. Anderson includes them among the diphenoxycarboxilic herbicides "for lack of a better place at this time" (1). These herbicides are the fluazyfop-butyl (PP-001) and the haloxyflop-methyl ester (Dowco 453). Fluazyfop-butyl appeared in 1980 (4) and was tried on Johnson grass (*Sorghum halepense*) (5) and other grass weeds. It has afforded excellent control in sunflower (7), squash (6), field beans (8) and other crops.

To date, not enough physiological studies have been made to explain the mode of action of these new products. In the diphenoxycarboxilic, like dichlofop-methyl, selectivity lies in the differences of foliar metabolism and the phytotoxic effects are: a) chlorosis and necrosis in leaves due to membrane damage; b) inhibition of cell divisions in meristems (1). However, it is uncertain whether the mode of action of the pyridyloxy-phenoxy is the same of the diphenoxycarboxilic.

Literature cited

1. ANDERSON, W.P. 1983. Weed Science Principles (2a ed.). West Publ. Saint Paul (Minn).
2. BARRETT, M.; OLSON, G.L. 1984. Interaction of Dowco 453 and fluazifop-butyl with auxin responses. Abstract 284. Abstracts Meeting Weed Science Society of America (Miami).
3. HANDLEY, P.; DICKS, J.W. 1984. Metabolism and translocation of some pyridyloxy-phenoxy-propionic acid herbicides in rhizomatous quack grass (*Agropyron repens* (L.) Beauv.) Abstract 285. Abstracts Meeting Weed Science Society of America (Miami).
4. PLOWMAN, R.E.; STONEBRIDGE, W.C.; HAWTREE, J.N. 1980. Fluazyfop-butyl, a new selective herbicide for the control of annual and perennial grass-weeds. Proceedings Crop Protection Conference. Berkshire (England).
5. ROJAS-GARCIDUEÑAS, M.; ROSALES, E. 1982. Experimentación de nuevos productos y técnicas de control en zacate Johnson (*Sorghum halepense*). XVII Inf. Invest. 1979-1980. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (Monterrey, México) 1981. (Ref. Weed Abst. 31:(1739)
6. ROJAS-GARCIDUEÑAS, M.; VILLARREAL, L. 1984. Selective herbicides for Johnson-grass (*Sorghum halepense* (L) Pers) in squash. Abstract 268. Abstracts Meeting. Weed Science Society of America (Miami).
7. ROJAS-GARCIDUEÑAS, M.; GONZALEZ HANDAL, V.M. 1985. Control integral de malezas en girasol (*Helianthus annuus*). XVIII Inf. Invest. 1981-1982 Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (Monterrey, México).
8. ROJAS-GARCIDUEÑAS, M.; SAHAGUN, J. 1985. Prueba de control químico integral y fitoregulación en frijol (*Phaseolus vulgaris*). Resúmenes VI Congreso Nacional Maleza. Soc. Mex. Ciencia Maleza. 42 p. Taxco (México).
9. ROJAS-GARCIDUEÑAS, M.; CANO, G.; VELANDIA, M. 1986. Efectos del herbicida experimental Dowco 453 sobre la fisiología y anatomía del zacate Johnson (*Sorghum halepense* (L) Pers). XIX Inf. Invest. 1983-1984. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (Monterrey, México).
10. ROSS, C.W. 1974. Plant Physiology Laboratory Manual. Wadsworth. Belmont (California).
11. ROVALO, M.; ROJAS-GARCIDUEÑAS, M. 1982. Fisiología Vegetal Experimental Prácticas de Laboratorio. Limusa. México.
12. SANDMAN, G.; BÖGER, P. 1983. Mode of action of herbicidal bleaching. In Biochemical Responses Induced by Herbicides. Ed. by Moreland, St. John y Ness American Chemical Society Washington 1982. (Ref. Weed Abst. 32:(3514).

MODELOS DE RAICES EN TRIGO MACARRONERO EN RIZOTRONES¹ /

S. KURUVADI*
T.F. TOWNLEY-SMITH**

Summary

Fourteen genotypes of durum wheat were evaluated for root potential in rizotrons under dry conditions in order to identify better root models. A randomized block design was used, with two replications. Roots growing against a glass surface were traced at weekly intervals for ten consecutive weeks until all the genotypes completed flowering, rooting of all genotypes ceased approximately at flowering time.

An analysis of variance revealed highly significant differences among the genotypes for total root dry weight at a soil depth of 60 to 120 cm and 90 to 120 cm, but no significant differences at 0 to 60 cm. All genotypes, whether dwarf or tall, produced seminal root growth up to the total depth of the rizotron in about 30 days after planting. The average rates of vertical and lateral root growth were 4 cm and 15.19 cm per day respectively. The Pelissier variety recorded maximum quantity of root mass and produced an excellent root pattern. Six genotypes produced most of their root systems between 60 to 120 cm, avoiding drought effects. The plant height was not related to the length of the root system. The root dry weight and root lengths complemented each other in producing an excellent picture of the pattern of root growth.

Introducción

El sistema radicular de la planta está directamente relacionado con la absorción de agua y nutrientes y es determinante de la resistencia a sequía. Levitt (12) informó que las plantas con raíces más profundas, mostraron mayor prevención ante la sequía que plantas con raíces superficiales. Generalmente cuando la amplitud, profundidad y ramificación del sistema radicular se incrementa, decrece el déficit de agua en la planta (2, 5, 6, 14, 16, 17). Belzakov (1) y Danilchuk *et al.* (4) indicaron que existe estrecha relación entre el crecimiento del siste-

ma radicular y la producción de grano bajo temporal. Stoffella *et al.* (15) sugieren que un genotipo con mayor biomasa radicular puede ser importante para resistencia al acáme en frijol negro.

La posición de las raíces es baja en el suelo y su crecimiento puede ser observado usando cajas de crecimiento con un vidrio al frente que se les denomina comúnmente rizotrones. Los rizotrones están siendo usados para estudiar el crecimiento progresivo de las raíces, calcular la tasa de penetración, crecimiento vertical y ramificación, para identificar distintos modelos de las raíces; para estudiar el efecto de los herbicidas y la relación de las raíces con el agrietamiento del suelo. Varios investigadores Hurd (7, 8, 9); Irvine (10); Lavine (11); estudiaron los modelos de las raíces utilizando rizotrones en varios cultivos. Existen varios métodos para evaluar los sistemas radiculares tales como el monolito, en el sitio, muestreo con barrena (soil coring), los rizotrones y los radiotrazadores inyectados al suelo y a la planta, etc. Estos métodos tienen sus ventajas y desventajas pero parece que el de rizotrones es el más apropiado para estudiar los modelos de las raíces.

¹ Recibido para publicación el 9 de diciembre de 1985.
Se reconoce y agradece el apoyo económico proporcionado por el Centro Internacional de Investigación y Desarrollo, Ottawa, Canadá, para la realización de este trabajo.

* Profesor-Investigador del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

** Jefe del Programa de Cereales en la Estación Agrícola Experimental, Swift Current, Saskatchewan, Canadá

Los objetivos del presente estudio fueron: evaluar la variabilidad del potencial del sistema radicular en diferentes perfiles del suelo, calcular la tasa de penetración y la tasa de crecimiento lateral de las raíces e identificar los diferentes modelos de las raíces.

Materiales y métodos

Estos trabajos fueron hechos en la Estación Agrícola Experimental de Swift Current, Saskatchewan, Canadá, durante 1980. El rizotrópico es una caja de madera con vidrio al frente, cuyas medidas son: 30 cm al frente y atrás, 45 cm a cada lado y 120 cm de profundidad. Posee tres alimentadores de agua, de material poroso colocados parcialmente fuera y dentro del rizotrópico. Al frente, sobre el vidrio, se colocó un papel transparente para trazar el crecimiento progresivo de las raíces. La metodología utilizada para estudiar las raíces en los rizotrópicos fue descrita por Hurd (7, 9).

Catorce genotipos con alto rendimiento y amplia base genética fueron seleccionados para el presente estudio. Dos variedades Pelissier y Wascana muy resistentes a sequía y Lakota (de Estados Unidos) de alto rendimiento bajo riego fueron incluidos en los genotipos. El perfil del suelo fue reconstruido en el rizotrópico tal como se encontraba originalmente en el campo, se comprimió ligeramente y se aplicó agua destilada hasta la capacidad de campo. Después se transplantaron dos plántulas de cinco días de edad al rizotrópico, espaciados 20 cm. El diseño usado fue en bloques aleatorios con dos repeticiones y se empleó un total de 28 rizotrópicos. La temperatura durante el día fue de 20°C y por la noche de 16°C con períodos de 16 horas de luz y de ocho horas de oscuridad.

El crecimiento de las raíces contra el vidrio fue trazado semanalmente, por un período de diez semanas, hasta que todos los genotipos completaron su floración, usando un color de lápiz cada semana. Se calculó la tasa de penetración vertical y la tasa de crecimiento horizontal en cada semana con un medidor de mapa. La porción aérea de la planta fue cosechada después de la floración en todos los genotipos, secada al horno a 60°C por 48 horas y se determinó el peso seco. La razón para cosechar la parte aérea y raíces después de la floración en lugar de esperar hasta la madurez, fue recuperar todos los componentes del sistema radicular después del lavado, los cuales podrían perderse. Se removió el vidrio del rizotrópico y el suelo de cada rizotrópico contenido las raíces y fue seccionado en ocho segmentos de 15 cm cada uno, lavados suavemente con agua y después se determinó el peso seco colocándolas al horno como se indicó anteriormente.

Los datos agronómicos registrados fueron altura de planta, tallos por planta, días a la emergencia de espigas,

número de espigas por planta, peso fresco y seco de la porción vegetativa y peso de la masa de raíces. Se realizó un análisis de varianza para todas las observaciones.

Resultados y discusión

Los promedios de todas las características observadas en el rizotrópico se presentan en el Cuadro 1 y el promedio del peso seco de masa de raíces de distintos perfiles del rizotrópico en el Cuadro 2. El análisis de varianza (Cuadro 3) reveló diferencias altamente significativas entre genotipos para la masa total de raíces (de 0 a 120 cm de rizotrópico) y en los perfiles de 60 a 120 cm y de 90 a 120 cm de profundidad del rizotrópico y no se encontró diferencias significativas en el perfil de 0 a 60 cm. El análisis de varianza para características agronómicas (Cuadro 4) indicó que hay diferencias significativas entre genotipos para peso fresco de la porción vegetativa, altura de planta, días a emergencia de espigas y no significativas para peso seco de parte aérea, longitud de raíces trazada y espigas por planta. El peso fresco de la porción vegetativa varió entre 38.66 g (7461-A4A) a 52.61 g (7561-LK2C), con un promedio de 44.73 g. La altura de planta varió de 57.00 cm a 99.20 cm con un promedio de 70.04 cm. Pelissier registró la máxima altura de planta y la mínima por la enana 7461-Q4A. El rango de días de floración varió entre 63.5 hasta 74.0 días con un promedio de 70.0 días. La variedad Pelissier registró el máximo peso seco de las raíces con 6.35 g siguiéndole la 7561-FK2C con 6.12 g y la 7465-CR2C con 6.09 g. El peso total de las raíces descrito en este estudio fue sólo de las raíces seminales debido a que no hubo crecimiento de las raíces nodales bajo condiciones de sequía. En las enanas la variedad 7268-94A presentó máximo peso de masa de raíces con 5.62 g. Las variedades altas produjeron 10.15% más raíces en peso seco que las enanas. Las enanas produjeron 8.72 más número de espigas y 1.04% más materia seca que las altas.

La tasa de penetración vertical de las raíces fue muy vigorosa hasta la cuarta semana del transplante. La tasa de penetración vertical de las raíces seminales fue de 2.13, 3.82 y 9.92 cm por día para la segunda, tercera y cuarta semana respectivamente. A la cuarta semana de raíces de todas las variedades llegaron al fondo del rizotrópico (120 cm), indistintamente si fueron altas o enanas. Sin embargo, la parte aérea sólo creció 30 cm, es decir las raíces crecieron tres veces más rápido que la altura de planta. Mayaki *et al.* (13) también concluyeron que el crecimiento de las raíces se incrementó más rápidamente en soya bajo sequía. Las variedades DT-363 y 7264-67B5 penetraron más rápido hasta el fondo del rizotrópico que el resto. La altura de planta no está relacionada con la longitud de las raíces; Cholick *et al.* (3) tam-

Cuadro 1. Promedio de las diferentes características de los catorce genotipos en el rizotrón.

| Genotipo | Peso vegetativo (g) | Peso seco parte aérea (g) | Espigas por planta | Altura de planta (cm) | Días a espigamiento | Peso seco de raíces | Longitud de trazo de raíces (cm) |
|---------------|---------------------|---------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|
| Enanas | | | | | | | |
| DT-363 | 46.85 | 23.22 | 3.75 | 67.02 | 68.5 | 5.26 | 2.326.0 |
| 7268-94AI | 43.99 | 22.04 | 3.75 | 65.18 | 70.0 | 5.62 | 2.239.0 |
| 7461-Q4A | 38.66 | 21.60 | 4.50 | 57.00 | 63.5 | 4.22 | 2.377.0 |
| 7562-HB5D | 44.94 | 21.49 | 4.50 | 67.65 | 68.5 | 4.73 | 2.100.0 |
| Promedio | 43.61 | 22.09 | 4.13 | 64.21 | 67.6 | 4.96 | 2.260.5 |
| Altas | | | | | | | |
| DT-367 | 49.43 | 20.64 | 4.00 | 80.38 | 72.5 | 4.75 | 1.852.0 |
| Waseana | 40.05 | 18.94 | 3.75 | 85.38 | 70.5 | 5.45 | 2.141.0 |
| Pelissier | 45.55 | 22.23 | 3.25 | 99.20 | 71.0 | 6.35 | 2.249.0 |
| Lakota | 43.19 | 20.18 | 4.00 | 98.75 | 70.0 | 5.05 | 2.202.0 |
| 7264-67B5 | 43.10 | 21.02 | 3.75 | 73.38 | 74.0 | 5.51 | 1.695.0 |
| 7272-AQ5C | 42.22 | 21.98 | 3.75 | 76.13 | 73.0 | 5.39 | 2.188.0 |
| 7465-CR2C | 43.63 | 22.94 | 3.75 | 83.38 | 70.5 | 6.09 | 2.345.0 |
| 7466-CF3C | 42.35 | 22.74 | 3.75 | 84.43 | 68.0 | 5.48 | 2.104.0 |
| 7561-EZ2E | 49.64 | 23.41 | 3.50 | 87.40 | 69.0 | 5.03 | 1.865.0 |
| 7561-FK2C | 52.61 | 24.49 | 4.25 | 85.13 | 71.0 | 6.12 | 2.068.0 |
| Promedio | 45.18 | 21.86 | 3.77 | 85.36 | 71.0 | 5.52 | 2.070.0 |
| Promedio | 44.73 | 21.92 | 3.87 | 70.04 | 70.0 | 5.36 | 2.125.0 |

bien encontraron que no existe relación significativa entre altura de planta y profundidad de las raíces en trigos altos y enanos en invierno bajo condiciones de temporal. La tasa de penetración fue de aproximadamente 4 cm/día. La tasa de crecimiento lateral de las raíces fue muy lenta y negligible de la primera a la tercera semana y después muy activa de la cuarta semana en adelante. La tasa de crecimiento lateral de las raíces fue de 11.45, 21.34, 32.59, 47.68, 20.03, 8.10 y 1.49 cm por día en la cuarta semana hasta la décima semana respectivamente. El crecimiento horizontal de las raíces fue máximo en la séptima semana (47.68 cm/día) y después declinó de la octava en adelante y fue imperceptible a la décima semana. El promedio de crecimiento horizontal durante todo el ciclo fue de 15.19 cm por día. El crecimiento cesó aproximadamente a la floración concordando con los resultados de Hurd (7). Las mejores variedades para crecimiento de las raíces contra el vidrio fueron 7461-Q4A (2377 cm), 7465-CR2C (2345 cm); DT-363 (2326 cm) y Pelissier (2249 cm). Pelissier obtuvo el primer lugar en la producción de masa de raíces en peso seco, pero en el crecimiento de raíces contra el vidrio fue el cuarto lugar. Las enanas produjeron 8.43% más longitud de raíz contra el vidrio que las altas. Los datos del potencial de raíces son más precisos que los del crecimiento contra el vidrio, pero

ambos pueden complementarse, para dar un excelente conocimiento del modelo de desarrollo de las raíces. Hurd (7) también mencionó que ambos datos son complementarios e importantes para estudiar los modelos de las raíces.

Las raíces del perfil de 0 a 60 cm son más gruesas y contribuyen con más peso seco cada una pero son menos significativas en la función de absorción de agua y nutrientes, ya que en este perfil el agua se ha agotado en la etapa de floración. Las raíces del perfil de 61-120 cm son más delgadas y muy ramificadas, su peso es menor pero son muy importantes fisiológicamente en la absorción de agua ya que en este perfil el agua está disponible casi hasta la época de llenado de grano y maduración en Saskatchewan. Los genotipos con sistema radicular grande dentro del perfil de 61 a 120 cm, tienen una ventaja adicional para asegurar la absorción de agua y nutrientes y evitar la sequía. Debido a que la variación en el desarrollo de las raíces de los catorce genotipos fue no significativa en el perfil 0 a 60 cm, la mejor forma de compararlos para el sistema radicular es tomar la cantidad de masa seca de raíces en peso en el perfil de 60 a 120 cm del suelo. Así la cantidad total del sistema radicular no es muy importante, pero los genotipos que poseen 40% o más de su masa de raíces

Cuadro 2. Promedio de peso seco de raíces en diferentes perfiles del rizotróno (g).

| Profundidad (cm) | DT-363 | DT-367 | Wascaná | Pelissier | Lakota | 7268- 67B5 | 7268- 94A1 | 7272- AQ5C | 7461- Q4A | 7465- CR2C | 7466- C13C | 7561- C22E | 7561- FK2E | 7265- HB5D |
|---------------------|---------|--------|---------|-----------|--------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 0-15 | 1.6875 | 1.2471 | 1.3228 | 1.8262 | 1.3341 | 1.7489 | 1.5713 | 1.5425 | 1.1838 | 1.6999 | 1.3066 | 1.7589 | 1.8356 | 1.1955 |
| 16-30 | 0.5882 | 0.6605 | 0.6099 | 0.5286 | 0.5896 | 0.5103 | 0.5672 | 0.6855 | 0.4610 | 0.6434 | 0.5910 | 0.5194 | 0.7056 | 0.6567 |
| 31-45 | 0.5067 | 0.5689 | 0.6071 | 0.7742 | 0.5141 | 0.6380 | 0.6226 | 0.4230 | 0.6621 | 0.6503 | 0.6444 | 0.5638 | 0.5554 | 0.5643 |
| 46-60 | 0.6325 | 0.5343 | 0.5766 | 0.5724 | 0.5992 | 0.5495 | 0.5996 | 0.3926 | 0.7505 | 0.6011 | 0.6392 | 0.5319 | 0.5075 | 0.5822 |
| 61-75 | 0.3878 | 0.3197 | 0.5878 | 0.5263 | 0.5031 | 0.4668 | 0.5672 | 0.3622 | 0.3680 | 0.5496 | 0.5855 | 0.3362 | 0.5796 | 0.5434 |
| 76-90 | 0.4907 | 0.4478 | 0.7106 | 0.5789 | 0.5337 | 0.4189 | 0.5330 | 0.5640 | 0.3531 | 0.6077 | 0.5198 | 0.3862 | 0.6959 | 0.4357 |
| 91-105 | 0.5001 | 0.4167 | 0.5406 | 0.6939 | 0.5742 | 0.5927 | 0.5422 | 0.6760 | 0.2761 | 0.7172 | 0.6894 | 0.4229 | 0.6009 | 0.4336 |
| 106-120 | 0.4695 | 0.5506 | 0.4992 | 0.8529 | 0.3994 | 0.6133 | 0.6295 | 0.7419 | 0.1648 | 0.6217 | 0.5008 | 0.5146 | 0.6130 | 0.3117 |
| 121-135 | 0.52630 | 4.7456 | 6.3534 | 5.0474 | 5.5084 | 5.6226 | 5.3877 | 4.2194 | 6.0919 | 5.4767 | 5.0336 | 6.1135 | 4.7331 | |
| 136-150 | 2.2903 | 1.7346 | 2.9719 | 3.2551 | 2.4531 | 2.4669 | 2.8058 | 2.3440 | 1.1600 | 2.1890 | 2.2953 | 1.6597 | 2.5193 | 1.9403 |
| 151-165 | 1.4119 | 0.9672 | 1.7185 | 2.1500 | 1.4163 | 1.6104 | 1.7757 | 1.4178 | 0.4408 | 1.3384 | 1.1901 | 0.9374 | 1.2438 | 0.7532 |

Cuadro 3. Análisis de varianza para peso seco de raíces en diferentes perfiles del rizotróno.

| Fuente de variación | g i | 0-15 | 16-30 | 31-45 | 46-60 | 61-75 | 76-90 | 91-105 | 106-120 | 0-30 | 31-60 | 61-90 | 91-120 | 0-60 | 61-120 | 0-120 | 0-90 |
|----------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Perfiles de rizotróno (cm) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Repeticiones f | | 1.422 | 1.522 | 0.025 | 5.976 | 0.076 | 0.208 | 10.196 | 0.169 | 0.660 | 1.730 | 7.498 | 0.035 | 6.796 | 2.729 | 0.472 | |
| Genotipos | | * | NS | NS | * | * | NS | * | * | NS | * | NS | ** | NS | ** | NS | ** |
| Error (cm) | i3 | 3.54 | 1.30 | 1.78 | 1.809 | 4.073 | 2.595 | 2.336 | 10.137 | 2.262 | 1.328 | 3.222 | 6.665 | 1.543 | 6.031 | 4.270 | 3.102 |
| | | 0.0395 | 0.0063 | 0.0090 | 0.0067 | 0.0041 | 0.0079 | 0.0119 | 0.0051 | 0.0366 | 0.0256 | 0.0189 | 0.020 | 0.0735 | 0.0480 | 0.1419 | 0.1444 |

* Significativo al nivel cinco %.

** Significativo al nivel uno %.

NS No significativo.

Cuadro 4. Análisis de varianza para diferentes características agronómicas de catorce genotipos en rizotróner.

| Fuente de variación | g I | F Calculada | | | | | | |
|---------------------|-----|-----------------|-----------------------|--------------------|------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| | | Peso vegetativo | Peso seco parte aérea | Espigas por planta | Altura de planta | Días a espigamiento | Peso seco de masa de raíces | Longitud de trazo de las raíces |
| Repetición | 1 | 196.35 | 16.10 | 0.66 | 23.27 | 37.34 | 3.71 | 0.67 |
| Genotipos | 13 | 4.35** | 1.94 NS | 0.72 NS | 17.16** | 6.73** | 4.44** | 0.58 NS |
| Error | 13 | 6.77 | 2.15 | 0.34 | 17.78 | 1.94 | 0.16 | 144080.59 |

** Significativo al nivel uno %.

NS No significativo.

entre 60 y 120 cm de profundidad son más importantes. Los seis genotipos: Pelissier (51.26%), Wascana (55%), 7268-94A (50.89%), 7561-FK2C (41.81%), Lakota (48.71%) y 7264-67B5 (44.83%) también más proporción de su sistema radicular en el perfil del suelo de 60 a 120 cm y podrían contribuir a la resistencia a la sequía con mecanismo de evitación. Hurd (9) y Levitt (12) sugirieron que los genotipos con más masa de raíces en perfiles más profundos pueden evitar la sequía.

Los modelos de las raíces se ilustran gráficamente en la Fig. 1, para cada genotipo con base a su peso seco de la masa de raíz en cada segmento de 15 cm del

rizotróner. La anchura de las barras representan la cantidad de raíces en gramos recuperados de cada segmento. Pelissier tiene un excelente modelo que incrementa la cantidad de raíces en cada segmento del perfil de 60 a 120 cm. Su cantidad de raíces (0.85 g) en el perfil más bajo del rizotróner (106 a 120 cm) fue más grande que en el resto de los otros segmentos excepto el primero (0 a 15 cm). Hurd (7) también encontró una cantidad proporcionalmente más grande de raíces en el perfil de 60 a 120 cm en Pelissier. Los modelos de las raíces de los genotipos 7268-94A1 y 7465-CR2C fueron más o menos semejantes, lo mismo entre Wascana y 7466. Las líneas hermanas DT-363 y DT367 tuvieron también modelos idénticos. El resto de los genotipos fueron distintos en su modelo de raíces. El modelo de raíces está controlado genéticamente pero puede ser modificado por las características y condiciones del suelo (9). El genotipo Pelissier puede ser usado como donador para un mejor modelo del sistema radicular en futuros programas de sequía.

Esta técnica de evaluar el potencial de las raíces en rizotrones involucrados empleó considerable presupuesto, tiempo y es muy laborioso, pero es uno de los mejores métodos para identificar las variedades con mejores modelos de raíces y estudiar visualmente el crecimiento de las raíces.

Resumen

Catorce genotipos de trigo duro fueron evaluados en rizotrones con el objetivo de estudiar el potencial del sistema radicular e identificar los mejores modelos del mismo, en un diseño de bloques al azar con dos repeticiones bajo condiciones de temporal. El crecimiento de las raíces contra la superficie del vidrio fue trazado semanalmente, por un periodo de diez semanas hasta la floración de todos los genotipos. El crecimiento de las raíces de todos los genotipos cesó a la floración. El análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas para la masa total de raíces y no significativas para las raíces del perfil de 0 a

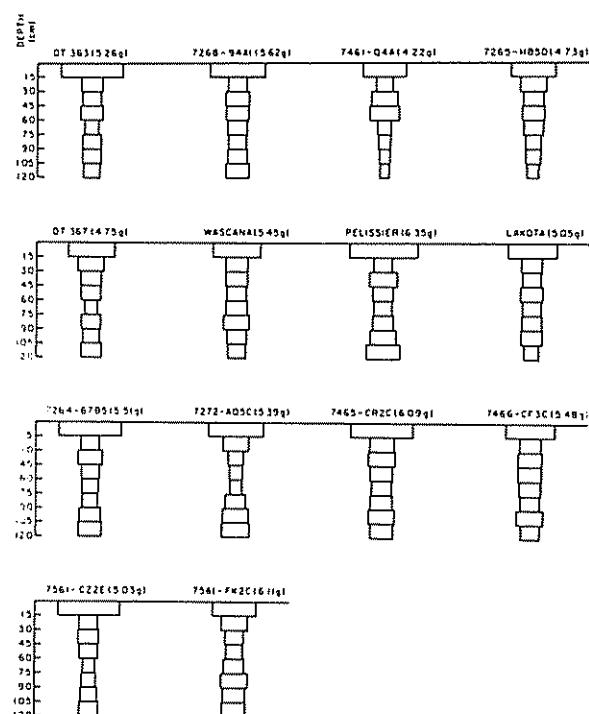


Fig. 1. Modelos de raíces de los catorce genotipos de trigo duro bajo sequía.

60 cm. Todos los genotipos alcanzaron la profundidad total del rizotrópico en un periodo de 30 días.

El promedio de la tasa de crecimiento vertical fue de 4 cm por día y del lateral 15.19 cm por día. Pelissier obtuvo la máxima cantidad de masa de raíces y también produjo un excelente modelo del sistema radicular. Los seis genotipos con mayor proporción de raíces en el perfil de 60 a 120 cm evitaron más eficientemente la sequía. La altura de planta no está relacionada con la longitud del sistema radicular. Los datos del peso seco de raíces y de la longitud de raíces se complementan para dar un conocimiento mejor sobre el modelo de las raíces. La técnica de los rizotrones para el estudio del potencial de raíces ofrece la ventaja de la observación visual del crecimiento del sistema radicular y la identificación de los modelos de raíces.

Literatura citada

1. BELZAKOV, I. 1968 The growth and development of wheat and barley roots in the semi-desert zone. Vestin Selskloz Nauki 13:31-33.
2. BERTRAND, A.R. 1965 Water conservation through improved practices. In Plant environment and efficient water use. American Society of Agronomy - Soil Science Madison Wisconsin. p. 207-235
3. CHOLICK, A. JAMES WELSH, R.; VERNON, C. Col. 1977. Rooting patterns of semi-dwarf and tall winter wheat cultivars under dryland field conditions. Crop Science 17:637-639.
4. DANILCHUK, P.V.; YATSENKO, G.K.; SHLIFASOVSKY, V.A. 1971. The development of roots and ground mass in winter wheat. Vestin Selskloz Nauki 10:50-55.
5. DONALD, C.M. 1963. Competition among crop and pasture plants. Advances Agronomy 15:1-118
6. GLIEMEROTH, G. 1952. Water content of the soil in relation to the root development of some cultivated plants. Z. Acker-Pflanzenbau 95:21-46
7. HURD, E.A. 1964. Root study of three wheat varieties and their resistance to drought and damage by soil cracking. Canadian Journal Plant Science 44:440-448
8. HURD, E.A. 1968. Growth of roots of seven varieties of spring wheat at high and low moisture levels. Agronomy Journal 60:201-205
9. HURD, E.A. 1975. Phenotype and drought tolerance in wheat. In Modification for more efficient water use. Ed. by J.E. Stone. p. 37-55 Agricultural Meteorology 14
10. IRVINE, R.B. 1978. Growth of roots and shoots of semidwarf and tall genotypes of *Hordeum vulgare* L. Ph.D. Thesis Dept. of Plant Science University of Saskatchewan, Saskatoon, Canadá.
11. LAVINE, F. 1961. A glass-faced planter box for field observation on roots. Agronomy Journal 53:265-268.
12. LEVITT, J. 1972. Responses of plants to environmental stresses. Academic Press. New York.
13. MAYAKI, I.D.; STONE, L.R. 1976. Top and root growth of irrigated and non-irrigated soybean. Crop Science 16:92-94.
14. SINGH, K. 1952. Effect of soil cultivation on the growth and yield of winter wheat. Science Food Agriculture 3:514-525.
15. STOFFELLA, P.J.; SANDSTED, R.F.; ZOBEL, R.W.; HYMES, W.L. 1979. Root characters of blackbeans. I. Relationship of root size to lodging and seed yield. Crop Science 19:823-826.
16. WATSON, D.J. 1968. A prospect of crop physiology. Annual Applied Biology 62:1-9.
17. WEATHERLY, P.E. 1965. Some investigations on water deficit and translocation under controlled conditions. In Water Stress in Plants. Junk. Publ. The Hague. p. 63-69.

EFFECTS OF ACID AND HOT WATER PRETREATMENTS AND SEED BURIAL ON THE GERMINATION OF TROPICAL MOIST FOREST SEEDS¹

N. C. GARWOOD*

Resumen

Para determinar si las cubiertas duras de algunas semillas del bosque tropical húmedo fueron un factor causante de las demoras largas en su germinación, se escogieron 39 especies de Panamá y Costa Rica y se suavizaron artificialmente las cubiertas de las semillas con ácido sulfúrico o agua caliente. De las 29 especies que germinaron, se observó que el ácido o el agua caliente aceleró la germinación en seis, pero la entorpeció en 14 especies. Las especies en las cuales fue acelerada la germinación no fueron necesariamente las que suelen durar más tiempo en germinar. Por ende el hecho de tener una cubierta de semilla dura no parece ser un factor determinante en la lenta germinación de algunas especies del bosque tropical húmedo. Los efectos de los tratamientos sobre las semillas variaban según la edad de éstas. No se observaron diferencias entre especies que colonizan zonas perturbadas o quemadas vs especies que colonizan lugares no perturbados, ni entre especies dispersadas por el viento y las dispersadas por animales.

Introduction

Seed dormancy is usually maintained by the structures surrounding the seed (the "seed coat") in most species (2, 8). Hard "seed coats" frequently delay germination because they are impermeable to water or gases, mechanically restrain the embryo, or prevent the release of inhibitors. Germination often occurs after the seed coat is softened naturally by mechanical abrasion, microbial degradation, temperature fluctuations or passage through animal guts.

The primary objective of this study was to determine whether hard seed coats are an important cause of delays in germination in tropical species.

Delays in germination are frequent in species from the tropical moist forest of Barro Colorado Island (BCI), Panama; mean time until germination ranged from two to 370 days and was greater than four weeks in over half of 185 species tested by Garwood (4). If hard seed coats cause delays in germination, artificial softening of the seed coat should decrease the length of the dormant period and/or increase percent germination; this effect should be most pronounced in species which require longest to germinate without treatment.

Acid or hot water pretreatments, commonly used to break dormancy in hardcoated seeds (8), were used to soften the seed coat in 32 species from BCI and seven species from eastern Panama and Costa Rica (five of which also occur on BCI). In addition, the effect of seed burial on length of dormancy was examined in six species from BCI to determine whether the improved moisture environment of buried seeds and/or the action of soil microbes would promote germination.

Hard-coated seeds are considered frequent in a) the Leguminosae, b) species which colonize disturbed or burned areas, and c) species whose seeds are passed through vertebrate guts during dispersal (8, 12). These generalizations are primarily based on temperate species, although some tropical species are known

1 Received for publication November 16, 1985

I thank G. Angehr, B. Reddy, and V. Quintero for assistance in the experiments, the Smithsonian Tropical Research Institute (STRI) for use of the facilities on BCI, and C. Augspurger and C. Horvitz for comments on the manuscript. Travel was funded by the STRI, the British Museum (Natural History), Loyola University of Chicago, and NSF Doctoral Dissertation Research Grant DEB76-81976

* Department of Botany Field Museum of Natural History, Roosevelt Road and Lake Shore Drive, Chicago, Illinois 60605 USA

in each category. If these generalizations are also true for tropical species, artificial softening of the seed coat should promote germination more frequently in these three groups of species than in species which are not legumes, not colonizers or not dispersed through animal guts.

Materials and methods

Two sowing conditions (peat pots and petri dishes) and three seed treatments (acid, hot water and burial) were used.

Sowing conditions. 1) **Peat pots.** Seeds were collected on BCI, treated, then sown in soil-filled peat pots kept in a screened growing house on BCI (see 4). Seeds collected in 1976-1977 were treated with hot water or buried; those collected in 1978 were treated with acid. 2) **Petri dishes.** Seeds were collected from eastern Panama (Darien Province) and Costa Rica (Guanacaste Province) in 1983 and from BCI in 1975 or 1984. Seeds were sown on moist filter paper in petri dishes at $\sim 25^{\circ}\text{C}$ on a 12-hour light/dark cycle.

For both sowing conditions, seed collection and preparation methods follow Garwood (4). Control and treated seeds were put into separate peat pots or petri dishes; one pot was used for small seeds, several pots for larger seeds. When not planted immediately after collection, air-dried seeds were stored in cellophane envelopes at room temperature; seed age is given. Germination was followed until all seeds germinated or rotted or, in 1978, until four months had passed; seeds were kept moist during this period.

Seed treatments. 1) **Acid.** Seeds were covered with concentrated sulfuric acid, shaken, soaked for five minutes, then rinsed five times with water and air-dried. This is a mild acid treatment: the *Woody Plant Seed Manual* (13) recommends soaking in acid for 15-20 minutes. 2) **Hot water.** Seeds were covered with hot water ($\sim 80\text{-}85^{\circ}\text{C}$), soaked for 30 seconds (peat pot experiments) or 10 minutes (petri dish experiments), rinsed in cool water, then air-dried. Thirty seconds is a mild hot water treatment: Vazquez-Yanes (11) found that maximum percent germination of *Ochroma lagopus* occurred after boiling seeds 15-120 seconds. 3) **Burial.** Seeds were planted $\sim 1\text{ cm}$ below the soil surface; control seeds were planted on the surface.

Differences in time until germination between treated and control seeds were tested with a two-tailed Wilcoxon two-sample test; differences in percent germination were tested with a 2×2 test of independence using the G-statistic and Williams' correction (10). Nomenclature follows Croat (3)

and Janzen and Liesner (6). Full species names are given in Tables 1 and 2; generic names are used in the text except where there are congeners.

Not included in Table 1 are six species (*Heisteria concinna*, *Guarea glabra*, *Piper cordulatum*, *Adenopodia polystachya*, *Desmopsis panamensis*, and *Tetragastris panamensis*), in which the two-to three-month-old seeds in the control and treatment all decayed; *Coccoloba* sp., in which neither treatment germinated; and three species (*Sapium caudatum*, *Cephaelis ipecacuanha*, and *Psychotria emetica*) in which neither control nor treatment seeds germinated within four months, but untreated seeds were known to require > 160 days to germinate (4).

Results and discussion

The results from seeds sown in peat pots are presented in Table 1. The results from seeds sown in petri dishes are presented in Table 2.

Mild acid and hot water pretreatments significantly promoted germination (increased percent germination and/or decreased time until germination) in the young seeds (< 3 months old) of only six of the 29 species which germinated, significantly decreased germination in 14 species, and had no effect in nine species. The mean time until germination of untreated seeds of species in which germination was promoted was not significantly greater than that of species in which germination was decreased (1-tailed Wilcoxon 2-sample test, $p > .1$), or that of species that were not effected ($P > .1$). In addition, treated seeds of three species known to require > 160 days to germinate did not germinate in four months. Thus, hard seed coats were not a frequent mechanism causing delays in germination in seeds of the species tested and were not more frequent in species with longer delays in germination.

Artificial softening of the hard seed coats common in the Leguminosae usually breaks dormancy (8). Of the hard-seeded legumes in this sample, acid treatment promoted germination in *Ormosia macrocalyx*, three-month-old seeds of *Cassia* (at the 1% level only), but not 12-month-old seeds, and 12-month-old seeds of *Erythrina*, but not three-month-old seeds; treatment did not significantly promote germination in *Ormosia coccinea* (but sample sizes were very low). In other species with hard (although not necessarily impermeable) seed coats, acid or hot water treatments promoted germination in *Ochroma*, *Luehea*, *Luffa*, and *Guazuma*, but did not not in *Diospyros*, *Annona*, *Guatteria*, and *Turpinia*. In species which had thick, but not necessarily hard seed coats, acid or hot water treatments decreased germination (*Prionostemma* and *Thevetia*) or had

Table 1. Effects of acid and hot water pretreatments and seed burial on percent germination and mean number of days until germination ($X \pm SD$) of seeds sown in peat pots in the BCI growing house.

| Species | Seed age (mon) | Treatment | Percent germination ^a (N) ^b | | Days until germination ^a $X \pm SD$ ^b | |
|--|-------------------|-----------|--|------------|--|------------|
| | | | Control | Treatment | Control | Treatment |
| <i>Ormosia macrocalyx</i> ^c | * | Acid | 26 (27) | 96 (26)*** | 47 ± 28 | 18 ± 18** |
| <i>Ormosia coccinea</i> ^c | * | Acid | 50 (4) | 75 (4)ns | 58 ± 62 | 16 ± 2 |
| <i>Luehea seemannii</i> ^c | 3 | Acid | 10 (50) | 23 (40)ns | 12 ± 15 | 4 ± 1** |
| <i>Mouriri myrtilloides</i> ^c | 3 | Acid | 0 (5) | 40 (5)ns | — | 18 ± 5 |
| <i>Tetraptychium johansenii</i> ^c | * | Acid | 39 (75) | 49 (47)ns | 10 ± 3 | 10 ± 3ns |
| <i>Didymopanax morototoni</i> ^c | 2 | Acid | 12 (25) | 4 (25)ns | 36 ± 5 | 31 ± 0 |
| <i>Calophyllum longifolium</i> | * | Acid | 100 (5) | 60 (5)ns | 6 ± 1 | 11 ± 3* |
| <i>Lantana camara</i> ^c | 3 | Acid | 92 (13) | 46 (13)** | 4 ± 1 | 6 ± 8ns |
| <i>Casearia arborea</i> | * | Acid | 36 (75) | 0 (37)*** | 30 ± 12 | — |
| <i>Jacaranda copaia</i> | * | Acid | 53 (47) | 0 (37)*** | 25 ± 6 | — |
| <i>Lycianthes maxonii</i> | 1 | Acid | 80 (5) | 0 (5)* | 20 ± 3 | — |
| <i>Prionostemma aspera</i> | 3 | Acid | 70 (10) | 0 (10)* | 79 ± 22 | — |
| <i>Thevetia ahouai</i> | * | Acid | 83 (24) | 0 (13)*** | 55 ± 23 | — |
| <i>Tocovena pittieri</i> | * | Acid | 83 (18) | 0 (18)*** | 58 ± 12 | — |
| <i>Turpinia occidentalis</i> ^c | * | Acid | 12 (91) | 0 (86)*** | 74 ± 8 | — |
| <i>Psychotria limonensis</i> | * | Hot water | 20 (10) | 0 (10)ns | 41 ± 0 | — |
| <i>Annona spraguei</i> | * | Hot water | 56 (50) | 0 (50)*** | 222 ± 12 | — |
| <i>Apeiba tibourbou</i> | * | Hot water | 23 (30) | 0 (30)*** | 15 ± 4 | — |
| <i>Guatteria dumetorum</i> | * | Hot water | 100 (5) | 0 (3)*** | 51 ± 12 | — |
| <i>Zuelania guidonia</i> | * | Hot water | 80 (10) | 0 (10)*** | 9 ± 1 | — |
| <i>Annona spraguei</i> | * | Burial | 56 (50) | 26 (50)* | 222 ± 12 | 231 ± 10** |
| <i>Mouriri myrtilloides</i> | * | Burial | 100 (8) | 100 (2)ns | 92 ± 9 | 53 ± 3* |
| <i>Spondias mombin</i> | * | Burial | 44 (16) | 31 (16)ns | 264 ± 16 | 263 ± 36ns |
| <i>Spondias radlkoferi</i> | * | Burial | 100 (5) | 17 (6)* | 163 ± 20 | 172 ± 0 |
| <i>Zanthoxylin scutulosum</i> | * | Burial | 12 (50) | 37 (30)* | 260 ± 19 | 240 ± 11ns |
| <i>Psychotria horizontalis</i> | * | Burial | 7 (100) | 44 (50)*** | 164 ± 8 | 168 ± 7ns |

a Significance levels: *, 5%; **, 1%; ***, 0.5%; ns, not significant; blanks indicate that sample sizes were too small to detect a significant difference

b Sample size for percent (%) germination is N; sample size for days until germination is % x N

c Germination possibly incomplete when trial ended after four months

d * indicates that seed age is < days

no effect (*Mouriri*, *Calophyllum*, and *Odontadenia*). Thus, acid and hot water pretreatments did not uniformly promote germination in all species that had hard seed coats, including those in the Leguminosae.

If hard seed coats are more frequent in species of disturbed or burned areas, softening of the seed coat would be expected to promote germination more frequently in species known to establish in light-gaps in the forest (*Annona*, *Luehea*, *Casearia*,

Jacaranda, *Apeiba membranacea*, *Cissus*), in larger disturbances (*Ochroma*, *Didymopanax*), and in areas frequently burned (*Apeiba tibourbou*, *Guazuma*, *Lantana*) (Garwood, personal observations), than in those that establish in the undisturbed, shaded understory of forests. Of these species, temperature fluctuations are known to promote germination in *Ochroma* and *Didymopanax* (see 12), although two-month-old seeds of the latter were unaffected by acid treatment here. To determine whether acid or hot water treatment promoted germination more

Table 2. Effects of acid and hot water pretreatments on percent germination and days until germination of seeds sown in petri dishes. Seed sources: Barro Colorado Island, Panama (BCI); eastern Darien Province, Panama (Panama) and lowland Guanacaste Province, Costa Rica (Costa Rica).

| Species | Seed source | Seed age (mon) ^b | Treatment | Percent germination ^a (N) ^c | | Days until germination ^a X + SD ^c | |
|--------------------------------|-------------|-----------------------------|-----------|---|------------------------|---|-----------------------|
| | | | | Control | Treatment | Control | Treatment |
| <i>Ochroma pyramidalis</i> | BCI | 1 | Hot water | 10 (20) | 70 (20)*** | 38 ± 42 | 13 ± 15 ^{ns} |
| <i>Aperiba membranacea</i> | BCI | 10Y | Hot water | 70 (10) | 80 (10) ^{ns} | 28 ± 8 | 24 ± 8 ^{ns} |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> | Costa Rica | 3 | Acid | 0 (25) ^d | 48 (25)*** | — | 98 ± 55 |
| | Costa Rica | 12 | Acid | 0 (14) | 18 (11) ^{ns} | — | 42 ± 14 |
| | Costa Rica | 12 | Hot water | 0 (17) ^{ns} | — | — | — |
| <i>Cassia fruticosa</i> | Panama | 3 | Acid | 30 (10) | 70 (10)* | 8 ± 3 | 5 ± 2 ^{ns} |
| | Panama | 12 | Acid | 30 (10) | 30 (10) ^{ns} | 8 ± 3 | 7 ± 2 ^{ns} |
| | Panama | 12 | Hot water | 40 (10) ^{ns} | — | 15 ± 12 ^{ns} | — |
| <i>Erythrina costaricensis</i> | Costa Rica | 3 | Acid | 20 (10) ^d | 40 (10) ^{ns} | 128 ± 0 | 32 ± 14 ^{ns} |
| | Costa Rica | 12 | Acid | 0 (5) | 80 (5)** | — | 18 ± 9 |
| | Costa Rica | 12 | Hot water | 0 (5) ^{ns} | — | — | — |
| <i>Luffa aegyptiaca</i> | Costa Rica | 3 | Acid | 53 (15) | 80 (10) ^{ns} | 204 ± 36 | 46 ± 42*** |
| | Costa Rica | 12 | Acid | 70 (10) | 20 (10)* | 20 ± 40 | 34 ± 8* |
| | Costa Rica | 12 | Hot water | 44 (9) ^{ns} | — | 8 ± 4 ^{ns} | — |
| <i>Odontadenia</i> sp. | Panama | 3 | Acid | 40 (10) | 80 (5) ^{ns} | 179 ± 59 | 118 ± 9 ^{ns} |
| <i>Diospyros nicaraguensis</i> | Costa Rica | 3 | Acid | 100 (5) ^d | 100 (5) ^{ns} | 20 ± 13 | 28 ± 23 ^{ns} |
| <i>Cissus sicyoides</i> | Panama | 3 | Acid | 60 (10) | 0 (5)* | 21 ± 2 | — |

a Significance levels: *, 10%; *, 5%; **, 1%; ***, 0.5%; ns, not significant; a blank indicates that sample sizes were too small to detect significant differences.

b Y = years

c Sample size for percent (%) germination is N; sample size for days until germination is %X N.

d Seeds rinsed in bleach five minutes before sowing

frequently in the above species compared to those of the remaining species, which included species that establish in the shaded understory and species whose establishment requirements are unknown, the number of species in which the treatments promoted, had no effect on, or inhibited germination was compared using a 2 x 3 test of independence: the results were not significant ($p > .1$).

If seeds that are dispersed through the guts of animals have harder, more resistant seed coats than species that are not passed through the gut, artificial softening of the seed coat should promote germination more frequently in the former species. However, only wind- and animal-dispersed species could be compared because it was not known whether seeds

of these animal-dispersed species are typically passed through the gut or regurgitated. In the five wind-dispersed species, acid or hot water pretreatments promoted germination in two species (*Luehea* and *Ochroma*), decreased germination in two species (*Jacaranda* and *Prionostemma*), and did not effect *Odontadenia*. The remaining 24 species, with the possible exception of *Luffa*, are animal-dispersed (3): germination was promoted in four species, decreased in 13 and not affected in seven species. There were no significant differences between the wind- and animal-dispersed species in the number of species in which the treatments promoted, inhibited or had no effect on germination (2 x 3 test of independence, $p > .5$). Thus, the seed coats of the animal-dispersed species were not more resistant to treatments than the wind-dispersed species.

Since seeds of *Tocoyena* are known to germinate after passing through white-faced monkeys (9), and only small differences in germination between gut-passed and control seeds were seen in several other species (5), perhaps even mild acid or hot water treatments are more severe than passage through the digestive tract of many tropical dispersers. However, some hard-seeded species survive passage through the long, severe guts of large tropical mammals (1, 6).

Treatment effects were age-dependent in the four species whose seeds were tested when three and 12-months old. Acid treatment promoted germination in young, but not old seeds of *Guazuma*, *Cassia*, and *Luffa*, and of old, but not young seeds of *Erythrina*. Thus, the germination requirements of seeds change with age even in dry seeds; whether this involves changes in the seed coat is unknown.

The trends presented here should be viewed cautiously. First, the species tested here do not comprise a large percent or a random sample of all forest species from BCI. Therefore, the results presented here do not necessarily represent community-wide trends in germination in this forest. Second, it is not known whether acid or hot water treatments effectively mimic natural conditions, such as microbial degradation or digestion, which naturally break dormancy.

There were no consistent trends among the six species in the burial treatment, although all species have been seen germinating from buried seeds in the forest. Burial significantly decreased percent germination in two species, increased it in two species and had no effect on another. Burial significantly increased time until germination in one species, and decreased it in another.

Summary

The seed coats of 39 species from Panama and Costa Rica were artificially softened with sulfuric acid or hot water to determine whether hard seed coats were a factor causing the long delays in germination noted in tropical moist forest species from Panama. Of the 29 species which germinated, acid or hot water promoted germination in only six species but decreased germination in 14 species. Species in which germination was promoted were not necessarily those that required longer to germinate. Thus, hard seed coats are unlikely to be a primary mechanism causing delays in germination in tropical moist forest species. The effects of treatment varied with seed age. No differences were found between

species which colonize disturbed or burned areas vs. species which colonize undisturbed areas nor between species which are wind-dispersed vs. those that are animal-dispersed.

Literature cited

1. ALEXANDRE, D.Y. 1978. Le rôle disseminateur des éléphants en forêt de Tai, Côte d'Ivoire. *La Terre et la Vie* 32:47-72.
2. BEWLEY, J.D.; BLACK, M. 1982. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Vol. 2. Berlin, Springer-Verlag.
3. CROAT, T.B. 1978. Flora of Barro Colorado Island. Stanford, California, Stanford University Press. 943 p.
4. GARWOOD, N.C. 1983. Seed germination in a seasonal tropical forest in Panama: a community study. *Ecological Monographs* 53:159-181.
5. HLADIK, A.; HLADIK, C.M. 1969. Rapports trophiques entre végétation et primates dans la forêt de Barro Colorado (Panama). *La Terre et la Vie* 1:25-117.
6. JANZEN, D.H. 1981. *Enterolobium cyclocarpum* seed passage rate and survival in horses, Costa Rican Pleistocene seed dispersal agents. *Ecology* 62:593-601.
7. JANZEN, D.H.; LIESNER, R. 1980. Annotated check-list of plants of lowland Guanacaste Province, Costa Rica, exclusive of grasses and non-vascular plants. *Brenesia* 18:15-90.
8. MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. 1975. The germination of seeds. 2nd Ed. Oxford, Pergamon Press.
9. OPPENHEIMER, J.D. 1968. Behavior and ecology of the white-faced monkey, *Cebus Capucinus*, on Barro Colorado Island, Canal Zone. Ph.D. Thesis. Urbana, University of Illinois.
10. SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. 1981. Biometry. San Francisco, California, Freeman and Company. 859 p.
11. VAZQUEZ-YANES, C. 1974. Studies on the germination of seeds of *Ochroma lagopus* Swartz. *Turrialba* 24:176-179.

12. VAZQUEZ-YANES, C.; OROZCO SEGOVIA, A. 1984. Ecophysiology of seed germination in the tropical humid forests of the world: a review. In Physiological ecology of plants of the wet tropics. Ed. by E. Medina, H.A. Mooney, C. Vázquez-Yanes. The Hague, the Netherlands, W. Junk. p. 37-50.
13. WOODY—PLANT SEED MANUAL. 1978. U.S. Department of Agriculture Miscellaneous Publication 654. 416 p.

Reseña de libros

GRIST, D.H. Rice 6a ed. Tropical Agriculture Series 1986. 599 p.

Esta nueva edición de uno de los libros dedicados a la producción de arroz está dividido en cuatro partes. La primera habla sobre la planta de arroz e incluye seis capítulos. En el primero el autor nos relata el posible origen de *Oryza sativa* L., el inicio de su cultivo en el sureste de Asia y su introducción en Europa, África, América y Australia. En el segundo y tercer capítulos menciona los diversos componentes del clima y el suelo, así como su efecto sobre la planta. En el cuarto trata a profundidad los diversos aspectos de la relación entre la planta y el agua, mientras que en el quinto ofrece una descripción minuciosa de los diversos órganos y la anatomía del arroz, algunos aspectos de su fisiología, otras características y las fases de su crecimiento. En el sexto menciona generalidades de las numerosísimas variedades de *O. sativa* y algunos sistemas propuestos para su clasificación a nivel mundial.

La segunda parte consta sólo de dos capítulos, los que se refieren a los aspectos genéticos y de mejoramiento del cultivo. En el séptimo el autor se refiere a la citología y herencia de varios caracteres anatómicos de la planta, mientras que en el octavo describe varios procedimientos usados para el mejoramiento de las variedades y otros aspectos relacionados con este tema.

La tercera parte del libro está dedicada a aspectos de producción e incluye nueve capítulos. En ellos el autor describe sucesivamente los diversos métodos

de producción del cultivo, el arroz inundado, el arroz de secano, el arroz de aguas profundas, la mecanización del cultivo, los fertilizantes y enmiendas, las principales malezas, la producción concomitante de peces en arrozales inundados y las principales plagas y enfermedades del cultivo.

La cuarta parte está dedicada al grano y consta de cinco capítulos; en ellos el autor se refiere al almacenamiento, con todos sus problemas, las diversas modalidades de su procesamiento industrial, los productos derivados del grano y la planta, su valor alimentario y, finalmente, los aspectos económicos de su producción.

El libro incluye además cuatro apéndices, una extensa bibliografía y un índice alfabético de temas. En general, la información presentada es muy valiosa y permite tener un panorama muy amplio sobre las diversas condiciones en que este importante cereal es cultivado en todo el mundo: sin embargo, algunos aspectos tratados están desactualizados, v.g., la terminología usada para describir los diversos tipos de suelos usados para la producción del cultivo y los productos químicos mencionados para el combate de algunos insectos y nemátodos. Un análisis de la extensa bibliografía consultada (1 026 citas) reveló que sólo un 10% de las mismas (103 citas) habían sido publicadas en 1976 o más recientemente. Dado que ésta es una nueva edición, se esperaba que muchos aspectos fueran actualizados, lo que desafortunadamente no ocurrió. A pesar de esto, la información contenida en el libro es básica para entender el cultivo y lo mantiene en la categoría de los clásicos para el arroz.

ROGER LOPEZ CH.
ESCUELA DE FITOTECNIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

POTASIO EN ANDEPTS DE COSTA RICA. III. RESTITUCION DE FORMAS DISPONIBLES¹ /

E. MOLINA*
F. BERTSCH*
A. CORDERO**

Summary

The K supplying capacity of Andepts located in NW and SW Costa Rica was studied. Exchangeable K and non-exchangeable K were analyzed, and a greenhouse trial was established using sorghum as an indicator plant with two treatments per soil control and complete fertilization without K. Four successive plantings were made.

The restitution of K after the four harvests was low, varying between 6 and 33.8 mg kg⁻¹, and was observed especially on exchangeable K-deficient soils (Arenal, Sabalito and Paso Canoas). On soils with adequate initial concentrations of K, fixation of the element was noted during the experiment. The reserve of available K is low in the Andepts of SW Costa Rica, possibly because there is more leaching in these soils.

Correlations between absorbed K by the sorghum and the extracted K with NH₄OAc and HNO₃, and also foliar K and K extracted with NH₄OAc were observed, which suggest that both solutions are effective in determining aspects of soil K.

Introducción

La capacidad de suministro de K en el suelo se define como la cualidad que tiene éste para suministrar K a las plantas a partir de las formas solubles, intercambiables y no intercambiables (20). El contenido de K intercambiable no dice mucho acerca del potencial del suelo para suministrar K a mediano y largo plazo, por lo que se recurre a otros métodos como cultivos sucesivos y soluciones extractoras para conocer la magnitud de este potencial (3).

El cultivo en macetas en invernadero es un medio muy eficaz para evaluar la capacidad de abastecimiento de K en los suelos, tal como lo han demostrado varios investigadores (1, 6, 8, 9, 18).

En general, los Andepts de Costa Rica tienen alto suministro de K; sin embargo, se han encontrado deficiencias en suelos volcánicos fuera del Valle Central en los cuales el análisis de suelos no ha sido eficiente para determinar la respuesta a la adición de K en invernadero. En este caso, se ha sugerido la determinación de la velocidad de restitución de K como un parámetro necesario para estimar la respuesta a la adición de este elemento en el campo (4).

Este trabajo se realizó con el objeto de investigar la capacidad de suministro de K en Andepts de la Cordillera Volcánica de Guanacaste y la Zona Sur de Costa Rica.

Materiales y métodos

Se tomaron muestras de seis suelos volcánicos correspondientes a tres localidades de la Cordillera Volcánica de Guanacaste: Arenal, Bijagua y Dos Ríos, y tres de la Zona Sur: Sabalito, Agua Buena y Paso Canoas. En la primera parte de este trabajo (13) se presentan la elevación y características climáticas de los sitios muestreados.

Todos los suelos clasifican como Typic Dystran-dept y se encuentran bajo vegetación de pastos. Las

1 Recibido para publicación el 14 de abril de 1986
Parte de la tesis de Ing. Agr. presentada por el primer autor a la Escuela de Fitotecnia de la Universidad de Costa Rica, y financiada por la Vicerrectoría de Investigación.

* Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

** IDIAP, Apdo 58, Santiago, Veraguas, Panamá.

muestras se tomaron a una profundidad de 0 a 20 cm, se secaron al aire y se pasaron por una criba de 2 mm.

Análisis de potasio

Se determinó el K intercambiable extraído con NH_4OAc 1N a pH 7 (5) y el K no intercambiable por el método del HNO_3 1N (17).

Prueba de invernadero

Se montó un ensayo de invernadero en los suelos utilizando 16 plantas de sorgo var TR-171 (*Sorghum vulgare L.*) como cultivo indicador, en macetas con 800 ml de suelo regadas por capilaridad. Se efectuaron dos tratamientos por suelo con cuatro repeticiones: testigo absoluto y completo sin K. Este último se diseñó agregando P, Ca, Mg, S y micronutrientos en las cantidades indicadas por las curvas de retención de nutrientes y el análisis de suelos de cada Andept. El N se adicionó en una dosis constante para todos los suelos de 50 mg L^{-1} , disuelta en el agua de riego. Se hicieron cuatro siembras sucesivas de sorgo, cosechando cada una a las cuatro semanas después de la germinación. Antes de la tercera siembra se realizó una fertilización extra con P, S y micronutrientos. No se aplicó K en ninguna de las cuatro siembras.

Las muestras foliares de cada cosecha se pesaron, se secaron a 70°C y se analizaron para K por el méto-

do de combustión seca (5). Después de la segunda y cuarta cosecha se tomaron muestras de suelo de cada maceta con el objeto de analizar los niveles de K intercambiable y K no intercambiable residuales.

Resultados y discusión

Contenido de K intercambiable y no intercambiable

El K intercambiable se presentó deficiente (menos de 80 mg kg^{-1}) en los suelos Arenal, Sabalito y Paso Canoas y en cantidad adecuada en los otros suelos (Cuadro 1). El K no intercambiable tuvo un promedio de 87 mg kg^{-1} de suelo, valor muy inferior al de 468 mg kg^{-1} encontrado por Martini y Suárez (12) en Andepts del Valle Central de Costa Rica y a los contenidos informados por otros autores (3, 7, 10, 14, 16).

Los suelos de Guanacaste (Arenal, Bijagua y Dos Ríos) presentaron mayor cantidad de K intercambiable y no intercambiable, con 287 y 105 mg kg^{-1} , respectivamente, en contraste con los suelos de la Zona Sur con 87 y 68 mg kg^{-1} de K intercambiable y no intercambiable, respectivamente. Como se explicó en un trabajo anterior (13), la diferencia puede deberse a un mayor grado de lixiviación que ocurre en los suelos de la región sur por tener un régimen de lluvias más intenso.

Cuadro 1. Contenido de K intercambiable y K no intercambiable, antes y después del cultivo, en seis Andepts de Costa Rica.

| Suelo | Antes del cultivo | | | Después del cultivo | | |
|----------------------------------|--|-------------------------------------|--|--|-------------------------------------|--|
| | K intercambiable NH_4OAc | K extraido con HNO_3 | K ¹ no inter- cambiable | K intercambiable NH_4OAc | K extraido con HNO_3 | K ¹ no inter- cambiable |
| mg kg^{-1} | | | | | | |
| Arenal | 45 | 152 | 107 | 27 | 103 | 76 |
| Bijagua | 195 | 320 | 125 | 37 | 67 | 30 |
| Dos Ríos | 620 | 704 | 84 | 186 | 210 | 24 |
| Sabalito | 40 | 108 | 68 | 30 | 53 | 23 |
| Agua Buena | 170 | 248 | 78 | 42 | 98 | 56 |
| Paso Canoas | 50 | 108 | 58 | 31 | 59 | 28 |
| $\text{cmol (+)} \text{kg}^{-1}$ | | | | | | |
| Arenal | 0.12 | 0.39 | 0.27 | 0.07 | 0.26 | 0.19 |
| Bijagua | 0.50 | 0.82 | 0.32 | 0.09 | 0.17 | 0.08 |
| Dos Ríos | 1.59 | 1.80 | 0.22 | 0.48 | 0.54 | 0.06 |
| Sabalito | 0.10 | 0.28 | 0.17 | 0.08 | 0.14 | 0.06 |
| Agua Buena | 0.44 | 0.64 | 0.20 | 0.11 | 0.25 | 0.14 |
| Paso Canoas | 0.13 | 0.28 | 0.15 | 0.08 | 0.15 | 0.07 |

1 Es la diferencia entre el K extraído con HNO_3 y el K intercambiable en NH_4OAc .

Después de cuatro cosechas de sorgo, todos los suelos disminuyeron su concentración de K intercambiable (Cuadro 1 y Fig. 1), siendo ésta más pronunciada en los Andepts de Bijagua, Dos Ríos y Agua Buena, que contenían niveles adecuados del nutriente. En el caso de los suelos Bijagua y Agua Buena, el K intercambiable descendió por debajo del nivel crítico después de cuatro cosechas, hasta 37 y 42 mg kg⁻¹, respectivamente.

En términos porcentuales, después de cuatro cosechas de sorgo, el K intercambiable descendió en el suelo Bijagua 81%, en Dos Ríos 70% y en Agua Buena 75% (Fig. 1). En los Andepts deficientes en K intercambiable, Arenal, Sabalito y Paso Canoas, la disminución fue menor, con 40, 25 y 38%, respectivamente (Fig. 1). Es probable que en los suelos con cantidades adecuadas de K hubo consumo de lujo del elemento en las primeras cosechas, provocando un descenso más marcado en los contenidos de K intercambiable al final de las cuatro cosechas.

K foliar

La concentración de K foliar en el sorgo se presentó por debajo del nivel crítico de 2% desde la primera

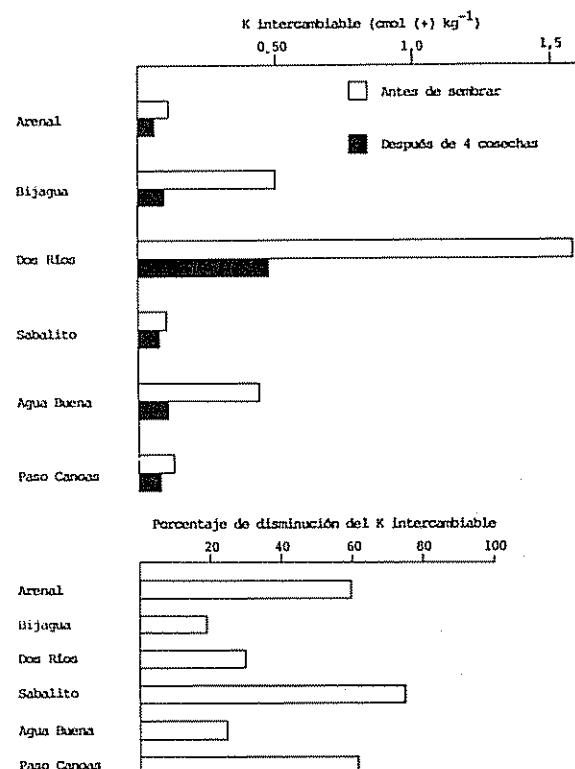


Fig. 1. Porcentaje de disminución del K intercambiable y variación de su concentración en el suelo después de cuatro cosechas de sorgo en seis Andepts de Costa Rica.

cosecha en los Andepts deficientes en K intercambiable: Arenal, Sabalito y Paso Canoas, con 1.3, 0.6 y 0.73%, respectivamente (Cuadro 2). En los suelos con contenidos adecuados de K, el K foliar comenzó a ser deficiente en la segunda cosecha en Agua Buena, tercera en Bijagua y cuarta en Dos Ríos, como se aprecia en el Cuadro 2.

Hubo diferencias en las concentraciones foliares de K en los suelos de las dos regiones analizadas; así por ejemplo, en la primera cosecha el contenido promedio de K foliar fue de 3.07 y 1.04% en los suelos de Guanacaste y la Zona Sur, respectivamente, lo que coincide con las diferencias encontradas en las cantidades de K intercambiable y no intercambiable en ambas regiones.

El K foliar disminuyó en todos los suelos conforme se incrementó el número de cosechas, bajando de

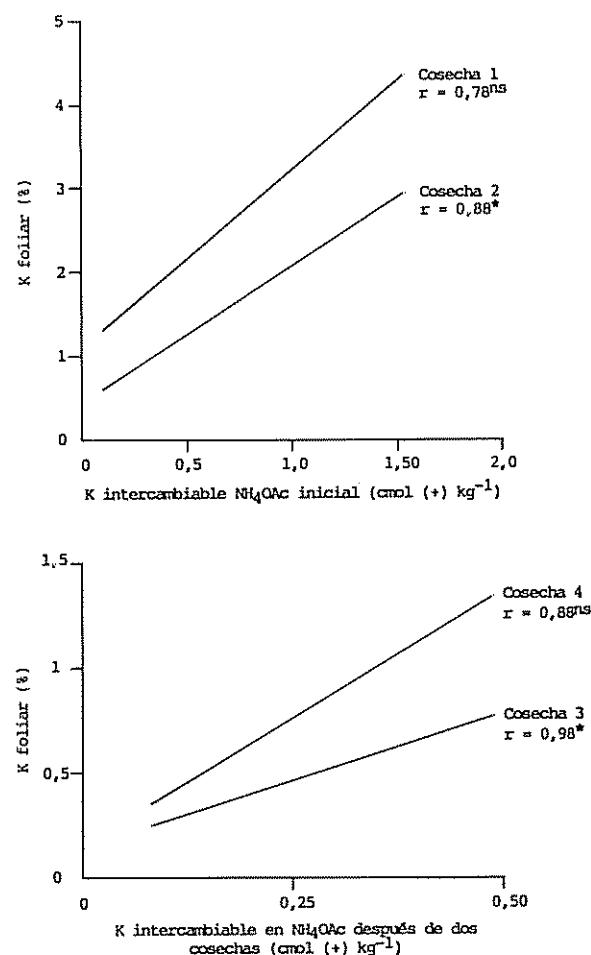


Fig. 2. Relación entre el K intercambiable en NH₄OAc antes y después de dos siembras sucesivas de sorgo en los suelos y el contenido de K foliar de las cuatro cosechas.

Cuadro 2. Contenido foliar y remoción de K en los suelos durante las cuatro cosechas de sorgo.

| Suelo | % K foliar | | | | K removido (mg kg^{-1}) | | | | | |
|--------------------|------------|------|------|------|------------------------------------|------|------|------|-------|--|
| | Cosecha | | | | Cosecha | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | Total | |
| ARENAL | | | | | | | | | | |
| Completo sin K | 1.30 | 0.50 | 0.40 | 0.42 | 13.6 | 2.8 | 3.5 | 3.1 | 24.0 | |
| Testigo | 2.05 | 2.85 | 0.40 | 0.34 | 9.8 | 18.1 | 1.6 | 1.2 | 30.7 | |
| BIJAGUA | | | | | | | | | | |
| Completo sin K | 4.00 | 2.20 | 0.95 | — | 84.0 | 28.5 | 18.5 | — | 131.0 | |
| Testigo | 2.95 | 2.20 | 2.25 | — | 19.1 | 14.2 | 12.4 | — | 45.7 | |
| DOS RIOS | | | | | | | | | | |
| Completo sin K | 3.90 | 2.70 | 2.22 | 1.37 | 161.9 | 24.2 | 49.4 | 15.0 | 250.5 | |
| Testigo | 3.15 | 2.75 | 1.25 | 1.90 | 23.2 | 14.1 | 5.0 | 6.9 | 49.2 | |
| SABALITO | | | | | | | | | | |
| Completo sin K | 0.60 | 0.45 | 0.32 | 0.34 | 10.9 | 2.0 | 2.4 | 2.8 | 18.1 | |
| Testigo | 0.45 | 1.00 | 1.37 | 0.74 | 0.8 | 2.0 | 1.5 | 1.2 | 5.5 | |
| AGUA BUENA | | | | | | | | | | |
| Completo sin K | 1.80 | 1.05 | 0.45 | 0.39 | 55.8 | 7.5 | 4.4 | 2.6 | 70.3 | |
| Testigo | 2.07 | 1.90 | 2.10 | 1.86 | 11.9 | 5.8 | 9.8 | 4.4 | 31.9 | |
| PASO CANOAS | | | | | | | | | | |
| Completo sin K | 0.73 | 0.25 | 0.32 | — | 17.6 | 1.4 | 1.6 | — | 20.6 | |
| Testigo | 1.02 | 0.40 | 0.70 | — | 7.1 | 1.2 | 2.5 | — | 10.9 | |

un promedio de 2.06% en la primera cosecha hasta 0.63% de K foliar después de cuatro cosechas.

El K intercambiable en el suelo antes del cultivo y después de dos cosechas correlacionó con la concentración de K foliar, principalmente en las cosechas 2 y 3 (Fig. 2). Esta concordancia entre el análisis de suelo y el foliar indica que el NH_4OAc fue eficaz para determinar problemas de K en los suelos.

La absorción de K por el sorgo, expresada en mg kg^{-1} de suelo, se produjo con mayor intensidad en los suelos con las cantidades más altas de K: Dos Ríos, Bijagua y Agua Buena (Cuadro 2 y Fig. 3), que removieron en total 250, 131 y 70 mg kg^{-1} de K, respectivamente. Los otros tres suelos, con menos de 0.2 cmol (+) kg^{-1} de K, no alcanzaron a absorber más de 25 mg kg^{-1} de K durante las cuatro cosechas de sorgo. Con excepción de la segunda cosecha de Arenal, la fertilización incrementó la absorción de K por el sorgo, como se aprecia en las diferencias entre el testigo y el tratamiento completo sin K (Cuadro 2).

Se encontró correlación entre el K absorbido por el tratamiento completo sin K en todas las cosechas y la cantidad extraída inicialmente en el suelo con las

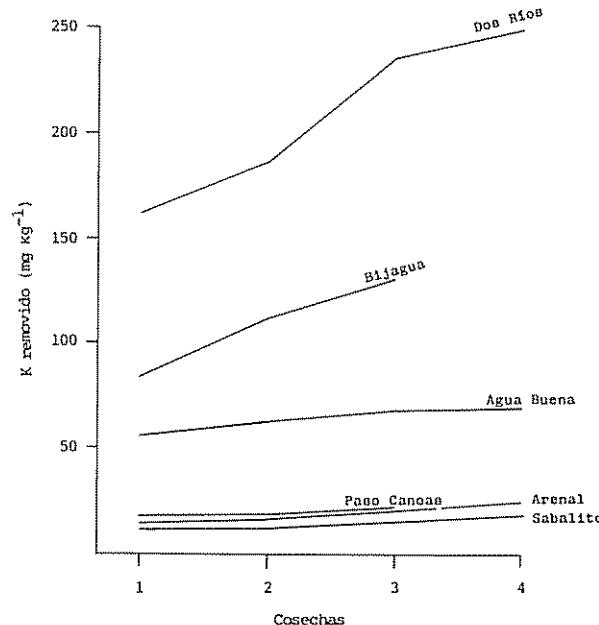


Fig. 3. Potasio removido acumulativo por el sorgo durante cuatro cosechas sucesivas en los suelos

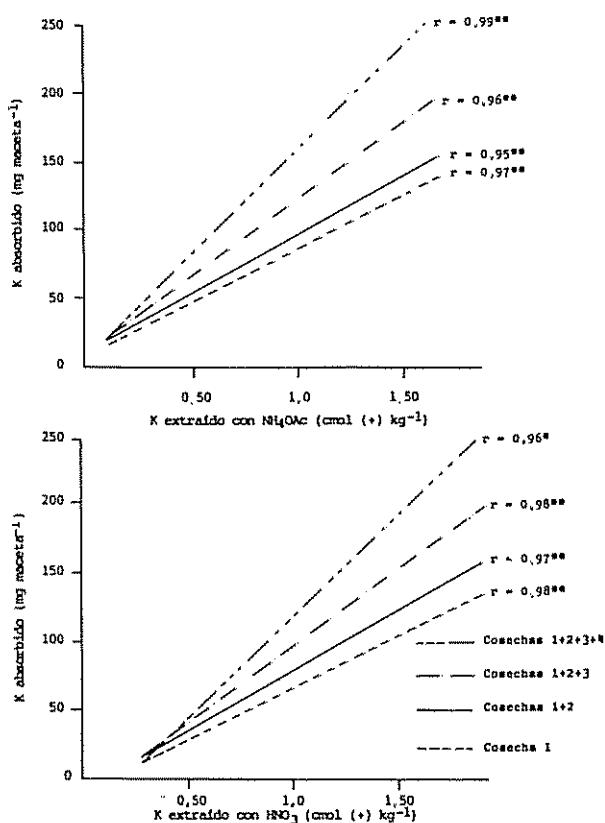


Fig. 4 Relación entre el K extraído con HNO_3 y NH_4OAc en los suelos y el K absorbido por la parte aérea del sorgo en las cuatro cosechas.

soluciones de NH_4OAc y HNO_3 (Fig. 4). En los suelos con mayor contenido de K extraído con cualquiera de estas soluciones hubo más absorción del nutriente por la parte aérea del sorgo. Resultados similares han sido informados por Suárez (19) en Andepts del Valle Central de Costa Rica, Pope y Cheney (16) en Andepts de Oregón, Abrúña (1) en Oxisoles y Ultisoles de Puerto Rico, Marín (9) y Ortiz (15) en diferentes suelos de Colombia.

Restitución de K

La capacidad de suministro de K se cuantificó restándole al K absorbido por la parte aérea del sorgo, la disminución en el contenido de K intercambiable después de las cosechas 1 y 2, y 3 y 4, respectivamente. De esta forma se determinó la cantidad de K liberado y absorbido por la planta desde la fracción no intercambiable, o el K fijado si el valor es negativo, de acuerdo con la fórmula:

$$\begin{aligned} \text{K liberado}_0 &= \text{K absorbido}_{\text{planta}} + \text{K intercambiable}_{\text{final}} - \text{K intercambiable}_{\text{inicial}} \\ \text{K fijado} &= -\text{K intercambiable}_{\text{inicial}} \end{aligned}$$

La restitución de K después de las primeras dos cosechas de sorgo se presentó sólo en los suelos Arenal, Sabalito y Paso Canoas, que estaban deficientes en K intercambiable. Los valores oscilaron entre 1.5 y 18.9 mg kg^{-1} , con un promedio de 7.8 mg kg^{-1} (Cuadro 3). Después de las últimas dos cosechas, con excepción del testigo en Arenal, la tendencia se mantuvo aunque la liberación de K disminuyó notablemente. El K total restituído al final de las cuatro cosechas varió entre 6.0 y 33.8 mg kg^{-1} en los suelos Arenal y Sabalito (no se tomaron datos en Paso Canoas para cuatro cosechas). Del total de K removido por el sorgo en el tratamiento completo sin K, en Arenal el 25% provino de la fracción no intercambiable, en Sabalito el 46% y en Paso Canoas el 29%.

La liberación de K fue baja al compararla con otros suelos volcánicos de Costa Rica. Utilizando el método de extracciones sucesivas con NH_4OAc e incubación de los suelos en húmedo durante varios meses, Suárez (19) encontró un promedio de 35 mg kg^{-1} de K restituído en Andepts del Valle Central de Costa Rica, mientras que Arias (2), usando el mismo método, señala una restitución de 27 mg kg^{-1} en suelos volcánicos cafetaleros. Martini y Suárez (12), trabajando en los mismos suelos indicados por Suárez (19), hallaron un promedio de 18 mg kg^{-1} de K restituído, después de tres cosechas sucesivas de tomate en invernadero. También en Andepts de Colombia (3) y Oregon (16), se han informado valores de 30 y 70 mg kg^{-1} de K liberado, respectivamente.

No hubo restitución de K en los suelos con contenidos iniciales adecuados de K intercambiable (Bijagua, Dos Ríos y Agua Buena), y más bien hubo fijación del elemento (Cuadro 3). En estos suelos, debido a que las cantidades de K intercambiable antes del cultivo fueron apropiadas, las plantas pudieron satisfacer sus requerimientos sin problemas durante las dos primeras cosechas; en las siguientes cosechas el crecimiento del sorgo fue muy escaso, por lo que no hubo gran absorción de K. El 100% de K removido por el sorgo en estos suelos provino de la fracción intercambiable.

En resumen, la capacidad de suministro de K en los Andepts estudiados fue muy baja, probablemente debido a los bajos contenidos de las fracciones intercambiables y no intercambiables hallados en los suelos, principalmente los de la Zona Sur. Los resultados encontrados sugieren que el K disponible en los suelos de esta última región podría agotarse rápidamente por acción de un cultivo intensivo o bien, lixiviarse por efecto del clima húmedo que predomina en la zona.

Cuadro 3. Capacidad de suministro de potasio en seis Andepts de Costa Rica después de dos y cuatro cosechas sucesivas de sorgo en invernadero.

| Suelo | K intercambiable | | | K removido por la planta | | | K liberado (+) o fijado (-) | | |
|------------------------|------------------|----------------|----------------|--------------------------|------|-------|-----------------------------|--------|--------|
| | A ¹ | B ² | C ³ | B | C | Total | B | C | Total |
| (mg kg ⁻¹) | | | | | | | | | |
| ARENAL | | | | | | | | | |
| Completo sin K | 45 | 32.5 | 27 | 17.4 | 6.6 | 24.0 | 4.9 | 1.1 | 6.0 |
| Testigo | 45 | 36 | 48 | 27.9 | 18.9 | 46.8 | 18.9 | 14.9 | 33.8 |
| BIJAGUA | | | | | | | | | |
| Completo sin K | 195 | 61 | 37 | 112.5 | — | 112.5 | -21.5 | — | -21.5 |
| Testigo | 195 | 136 | 91 | 33.4 | — | 33.4 | -25.6 | — | -25.6 |
| DOS RIOS | | | | | | | | | |
| Completo sin K | 620 | 190 | 186 | 186.1 | 64.4 | 250.5 | -243.9 | 60.4 | -183.5 |
| Testigo | 620 | 468 | 244 | 37.4 | 11.9 | 49.3 | -114.6 | -212.1 | -326.7 |
| SABALITO | | | | | | | | | |
| Completo sin K | 40 | 36.5 | 30 | 12.9 | 5.2 | 18.1 | 9.4 | -1.3 | 8.3 |
| Testigo | 40 | 43.8 | 41 | 2.7 | 4.0 | 6.7 | 6.6 | 1.2 | 8.8 |
| AGUA BUENA | | | | | | | | | |
| Completo sin K | 170 | 46 | 42 | 63.2 | 7.0 | 70.2 | -60.8 | 3.0 | -57.8 |
| Testigo | 170 | 104 | 90 | 17.6 | 14.1 | 31.7 | -48.4 | 0.1 | -48.3 |
| PASO CANOAS | | | | | | | | | |
| Completo sin K | 50 | 36.5 | 31 | 19.0 | — | 19.0 | 5.5 | — | 5.5 |
| Testigo | 50 | 43.1 | 34 | 8.4 | — | 8.4 | 1.5 | — | 1.5 |

1 A = Antes de sembrar

2 B = Despues de la segunda cosecha

3 C = Despues de la cuarta cosecha

Conclusiones

La restitución de K después de cuatro cosechas sucesivas de sorgo fue baja, variando entre 6.0 y 33.8 mg kg⁻¹ y se presentó principalmente en los suelos deficientes en K intercambiable (Arenal, Sabalito y Paso Canoas). En los suelos con concentraciones iniciales adecuadas de K hubo fijación del elemento.

La reserva de K disponible (estimada con base a capacidad de restitución y contenido de K intercambiable y no intercambiable) tiende a ser más baja en los Andepts de la Zona Sur, probablemente debido al mayor grado de lixiviación que se presenta en estos suelos.

Se encontró correlación entre el K absorbido por el sorgo y el K extraído con NH₄OAc y HNO₃, y entre el K foliar y el K extraído con NH₄OAc, lo que sugiere que ambas soluciones fueron eficientes para determinar problemas de K.

Resumen

Se estudió la capacidad de restitución de K en Andepts localizados en la Cordillera Volcánica de Guanacaste y la Zona Sur de Costa Rica. Se analizó el K intercambiable y el K no intercambiable y se montó un ensayo de invernadero utilizando sorgo como planta indicadora, con dos tratamientos por suelo: testigo y fertilización completa sin K. Se hicieron cuatro siembras sucesivas.

La restitución de K después de cuatro cosechas fue baja, variando entre 6 y 33.8 mg kg⁻¹ y se presentó principalmente en los suelos deficientes en K intercambiable (Arenal, Sabalito y Paso Canoas). En los suelos con concentraciones iniciales adecuadas de K hubo fijación del elemento durante el cultivo. La reserva de K disponible es más baja en los Andepts de la Zona Sur, posiblemente porque hay más lixiviación en estos suelos.

Se encontró correlación entre el K absorbido por el sorgo y el K extraído con NH₄OAc y HNO₃ y en-

tre el K foliar y el K extraído con NH_4OAc , lo que sugiere que ambas soluciones fueron efectivas para determinar problemas de K.

Literatura citada

1. ABRUÑA, F. et al. 1976. Potassium supplying power of the major Ultisols and Oxisols of Puerto Rico. *The Journal of Agriculture of University of Puerto Rico* 60(1):45-60
2. ARIAS, O. 1971. Capacidad de restitución de potasio en algunos suelos cafetaleros de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica 79 p.
3. ARTEAGA, C.; GUERRERO, R. 1978. Capacidad de restitución de potasio en suelos andinos de Nariño, Colombia. *Suelos Ecuatoriales* 9(2):120-126.
4. BERTSCH, F., CORDERO, A.; ALVARADO, A. 1984. Fertilidad de Typic Dystrandeps de Costa Rica. I. Metodología, acidez y cationes (Ca, Mg, K, Mn, Zn y Cu). *Turrialba* 34(2): 187-197.
5. BRICEÑO, J.A.; PACHECO, R. 1984. Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas. San José, Editorial Universidad de Costa Rica. 152 p.
6. CRISOSTOMO, L.A.; DE CASTRO, A.F. 1970. Poder de suprimento de potássio de solos de zona fisiográfica de Baturité, Ceará, Brasil. *Turrialba* 20(4):425-433.
7. GOMEZ, C., CARRILLO, I.; ESTRADA, G. 1982. Adsorción de potasio en Andosoles de la zona cafetera. *Cenicafé* 33(4):104-128.
8. MAC LEAN, A.J. 1961. Potassium supplying power of some Canadian soils. *Canadian Journal of Soil Science* 41:286-296.
9. MARIN, G.; McCLUNG, A.C.; VILLATE, A.L. 1967. La capacidad de varios suelos colombianos para suministrar potasio. *Agricultura Tropical* 23(2):89-102.
10. MARTINI, J.A. 1966. Caracterización del estado del potasio en seis suelos de Panamá. *Fitotecnia Latinoamericana* 3(1-2):163-186.
11. MARTINI, J.A.; SUAREZ, A. 1976. Potassium status of some Costa Rican Latosols and Andosols and their response to potassium fertilization under greenhouse conditions. *Soil Science Society of America Proceedings* 40(6):895-900
12. MARTINI, J.A.; SUAREZ, A. 1977. Potassium supplying and fixing capacity in Latosols and Andosols determined by successive cropping extractions and incubations. *Soil Science* 123(1):37-47.
13. MOLINA, E., BERTSCH, F.; CORDERO, A.; ALVARADO, A. 1986. Potasio en Andepts de Costa Rica. I. Formas en el suelo. *Turrialba* 36(3). 1986.
14. ORDOÑEZ, H.; BLASCO, M. 1971. Estudio sobre el potasio en algunos suelos del Altiplano de Pasto. *Boletín sobre suelos derivados de cenizas volcánicas no. 2.* 39 p.
15. ORTIZ, G. 1978. Correlación entre la capacidad de suministro de potasio y varios métodos de extracción química de este elemento en suelos de seis regiones de Colombia. *Suelos Ecuatoriales* 9(2):109-119.
16. POPE, A.; CHENEY, H.B. 1957. The potassium supplying power of several Western Oregon soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 21(1):75-79.
17. PRATT, P.F. 1965. Potassium In Methods of soil analysis. Ed. by C.A. Black. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy v.2, p. 1 022-1 030.
18. SEMINARIO, C.; VILLACHICA, H. 1982. Caracterización del potasio en algunos suelos de Chanchamayo, Selva Alta del Perú. *Turrialba* 32(4):471-480.
19. SUAREZ, A. 1968. Caracterización del estado del potasio en tres grandes grupos de suelos de Costa Rica. Tesis Mag. Sci. Turrialba, IICA. 305 p.
20. SUTTON, P.; SEAY, W. 1958. Relationship between the potassium removed by millet and red clover and the potassium extracted by four chemicals methods from Kentucky soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 22(2):110-115.

Notas y comentarios

Premio Nobel de Física de 1986

El Premio Nobel de Física se ha otorgado en 1986 a desarrollos tecnológicos en el examen microscópico, que han permitido que biólogos, químicos y físicos examinen la estructura de la materia hasta un nivel atómico y hagan investigaciones que han resultado en otros premios Nobel en los últimos 50 años.

El premio se ha dividido en dos partes. Una, para Ernst Ruska, de Alemania Occidental, por su invención, en 1931, del microscopio electrónico, que permitió a los científicos realizar sus investigaciones más allá de los límites del microscopio óptico. La segunda mitad del premio se ha otorgado a dos científicos, Gerd Binning, de Alemania Occidental, y a Heinrich Rohrer, de Suiza, por desarrollar otra clase de microscopio hace cinco años, en los laboratorios de la IBM, en Zurich, llamado por ellos, el "scanning tunelling microscope" (no hay traducción oficial al español todavía), el que proporciona a los científicos una visión tridimensional de las superficies sólidas, átomo por átomo. Se tienden así, el principio y lo más reciente en la capacidad del hombre para examinar la materia más allá de lo que puede lograr el microscopio óptico.

El premio a Ruska pone el sello final a una discusión de 50 años sobre quién inventó el microscopio electrónico. Diez días antes de que Ruska presentase un trabajo que describía su invento, un investigador colega, Reinhold Ruedenberg, solicitó una patente en Alemania, y poco después en Inglaterra y en Estados Unidos. La solicitud de Ruedenberg fue eventualmente rechazada en Alemania, pero fue aceptada en los Estados Unidos. Muchos científicos mantuvieron, desde el principio, que el verdadero inventor era Ruska, quien continuó el desarrollo de su microscopio en Berlín durante la Segunda Guerra Mundial. Ruska, quien cumplirá 80 años en la Navidad de 1986, ha esperado 50 años un reconocimiento general de la paternidad de su invento.

Los microscopios electrónicos, que se basan en haces de electrones en vez de haces de luz para aumentar un objeto, han mejorado el aumento, de las

2 000 veces posible con el microscopio óptico, hasta un millón de veces en la actualidad. El promedio de la longitud de onda de la luz es de alrededor de 2 000 veces más grande que el tamaño promedio de un átomo, de manera que la luz visible y el microscopio óptico no pueden revelar detalles de la estructura de los átomos. Los electrones, por otro lado, pueden revelar las estructuras atómicas. El haz de electrones en un microscopio electrónico es enfocado, no por lentes de vidrio como en el microscopio óptico, sino por bobinas por las que pasa la electricidad y que crean campos eléctricos y magnéticos. El haz electrónico se enfoca al objeto mediante condensadores. Al final, al llegar el haz a una pantalla fluorescente que transforma la información, llevada por los invisibles electrones, en una imagen visible.

Los primeros microscopios electrónicos eran mucho menos poderosos que los que hay disponibles ahora. En 1944, la resolución típica de un microscopio electrónico era de 100 angstroms ($1 \text{ \AA} = \text{una diezmillonésima de milímetro}$). Pronto, investigadores de todo el mundo estuvieron trabajando sobre diferentes tipos de microscopios electrónicos. Pero ninguno de estos instrumentos puede conseguir el mismo grado de resolución que el del microscopio "scanning tunelling", desarrollado en 1986 por Binning y Rohrer, de la IBM. Este microscopio reciente puede mostrar diferencias en posición vertical hasta de 0.1 angstroms, un trigésimo del tamaño de un átomo promedio. Y puede también resolver horizontalmente caracteres que están separados por 6 angstroms.

La capacidad de este aparato de proporcionar al científico una detallada figura tridimensional de la superficie de un material en escala atómica es particularmente importante para los investigadores que tratan de desarrollar computadoras cada vez más pequeñas y al mismo tiempo más poderosas. Esto explica el interés de la IBM en financiar su desarrollo. Conforme los componentes de las computadoras se hacen más pequeños, su área superficial se hace relativamente mayor y así aumenta la necesidad, para los científicos, de lograr una imagen detallada de esas superficies.

El premio Nobel es el tercer galardón internacional para Binning y Rohrer. En 1984, recibieron el premio Eurofísica Hewlett-Packard, y el premio internacional Rey Faisal. Hay ahora unos 50 grupos alrededor del mundo que están usando o construyendo estos instrumentos. A.G.

OIL PALM GERMPLASM OF TANZANIAN ORIGIN¹ /

D. L. RICHARDSON*
C. CHAVEZ*

Resumen

Se evaluó un grupo de progenies de palma aceitera provenientes de una población natural ubicada en el distrito de Kigoma en Tanzania. Se compararon características de crecimiento vegetativo, rendimiento y calidad de racimo de las progenies de polinización abierta de Tanzania con una progenie mejorada de origen nigeriano. En este estudio se observó mejores características en los materiales silvestres aunque la variabilidad genética fue limitada. Los resultados obtenidos sugieren una mayor probabilidad de éxito al promover un programa extensivo de colección de germoplasma de palma aceitera en esta región.

Introduction

The restricted genetic origin of commercial oil palm planting materials and the need for additional prospection, germplasm conservation and utilization has been emphasized by a number of authors (11, 12, 23). Although the reminder was appropriate, workers have been prospecting or collecting from wild or grove palms, or from plantations planted with seed from these types of palms, for a considerable time. By now, even a partial list of collections is impressive (Table 1). Breeders with other goals in mind have sometimes erred more by inadequately utilizing the available variability than by not assembling the necessary germplasm (12).

Prospecting efforts have varied widely, from the INEAC extreme of collecting data from tens of thousands of palms before selecting one, to the systematic sampling of an entire country (NIFOR/MARDI) with no or little selection, and the selection of a few palms in a unique area based on a one-time phenotypic evaluation (Bamenda). There is much to commend in systematic samplings of palms in areas of high genetic diversity with selection exercised at a later stage and under controlled conditions. Nevertheless, Blaak's idea, cited by Hardon (9), that "Broad variability is assured by collecting small samples over a wide area" should not be discounted.

¹ Received for publication on May 23, 1986.

The authors gratefully acknowledge the support of the United Fruit Company in these investigations and the permission to publish the results.

* Palm Research Program, CBCR, Coto, Costa Rica.

Hartley (12) describes the geographical distribution of oil palm outside the main West African palm belt. These isolated populations resulted from seed introduced from the main area by man. Unlike a number of plant and animal species, the oil palm is favored by man's intervention through the development and maintenance of clearings where the palm can compete with forest and in seed dissemination (29).

It is probable that little selection of palm types was exercised at the time of seed distribution. It could be argued, therefore, that prospection within these scattered fringe populations may be no more interesting than prospection within the main palm belt, unless selection pressure unique to the new area has been able to operate since the time of population establishment. Hardon (8, 9) is sceptical about the role of natural selection in the development of inter-population differences in oil palm and feels that genetic drift is a more likely cause.

According to Cole (5), the Sangoan tradition spread across the Congo Basin and into West Africa (previously unpopulated) about 40 000 years ago. Fruits, nuts and seeds were part of the diet of these early peoples, and although no specific reference is made to oil palm fruits, their contemporary use within the areas of oil palm distribution is not hard to envision. Oil palm seed distribution could have taken place from very early times; from 1 000 to 1 500 generations of palms may have occurred since the time of population establishment in some areas. It would appear that natural selection should not be ruled out as a possible cause of genetic diversity in isolated populations.

Table 1 Partial list of oil palm collections from wild or "near wild" palms.

| Country | Organization | Collection Locality | Collection or Selection Pressure | Designation of Derivatives | Period | References |
|--------------|--------------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------|--|
| Indonesia | Buitenzorg Bot Gdn | Maritius/Reunion | 4 duras | Deli dura | 1848 | 1, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 22, 23, 25 |
| Indonesia | A.P.A | Eala (Zaire) | 38 progenies | SP-540 deriv | 1921-22 | 8, 10, 11, 12, 22, 23 |
| Zaire | INEAC | Eala, Yawenda, N'Gazi | - | Yangambi | 1922-27 | 1, 2, 9, 10, 11, 12, 21, 22, 23, 24 |
| Nigeria | Dept. Agric. | Calabar | 22/449 plts. | Calabar | 1922-28 | 1, 8, 9, 10, 12, 22, 23, 24 |
| Congo | Agric Service | Bambari | - | Sibiti | 1922 | 6, 10 |
| Ivory Coast | Agric Service | Bingerville | 29 teneras | La Mé | 1923 | 1, 6, 8, 9, 10, 12, 22, 23, 24 |
| Benin | Agric. Service | Porto-Novo, Pobé | 38 teneras | Pobé | 1927 | 1, 6, 8, 10, 18, 22, 23 |
| Cameroon | Pamol | N'Dian, Cowan (Nig) | 42/35 000 plts. | Ekona | 1933-51 | 10, 22 |
| Nigeria | Dept. Agric | Aba | 15 prog /11 ha | Aba | 1939-41 | 1, 8, 9, 10, 12, 23, 24 |
| Zaire | P.L.Z. | Illebo (Mapangu), Kikwit | - | Brabanta, Pindi | 1930's-50's | 10, 22 |
| Zaire | INEAC/SCAM | Haut-Mayumbe | 9 progenies | Mayumbe | 1948-50 | 1, 8, 21, 22, 26, 27 |
| Zaire | INEAC/SACCB | Binga, Ex-Besenge | - | Mongana | 1948-51 | 1, 8, 21, 22, 26, 27 |
| Zaire | INEAC/SAB | Likete | 10/127 000 plts. | Likete | 1950-51 | 1, 12, 21, 26 |
| Zaire | INEAC | Kwango | 17 plts/420 ha | Kwango | 1954-56 | 12, 21 |
| Nigeria | WAIFOR | Ufuma | 25 teneras/49 ha | Ufuma | 1956 | 1, 8, 9, 10, 12, 23, 24 |
| Nigeria | WAIFOR/NIFOR | 50 localities | - | Nigeria | 1961-65 | 1, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 20 |
| Cameroon | Pamol | Bamenda Highlands | 26 plants | Bamenda | 1967 | 3, 8, 22 |
| Ivory Coast | IRHO | 11 localities | 19 teneras | Yacoboué | 1967-69 | 1, 8, 9, 10, 17, 18, 22 |
| Angola | IRHO | Salazar, Caxito, | - | - | - | - |
| | | Novo Redondo | 14 teneras | Angola | 1970 | 10, 13, 22 |
| Nigeria | NIFOR/MARDI | 45 localities | 20 plts /site | Nigeria | 1973 | 1, 13, 18 |
| Cameroon | IRHO | Country wide | - | - | 1976 | 18 |
| Tanzania | G. Blaak | Kwitanga, Simbo, Ilagala | 6 plants | Kigoma | 1977 | 4 |
| Sierra Leone | G. Blaak | Kenema | 12 plants | Mohai | 1979 | 4 |
| Brazil | Embrapa | Bahia Coast | - | Bahia | 1982-83 | - |

Hartley describes one of these populations as a belt about 20 km wide on the eastern shore of Lake Tanganyika. The following note reports on the performance of material collected in this fringe population from Tanzania and evaluated in Coto, Costa Rica. Surprisingly, these open-pollinated descendants of grove palms compare favorably with selected breeding lines.

Materials and methods

In January, 1977, Blaak (4) collected seed lots from six wild palms in the Kigoma District along Lake Tanganyika in Tanzania. Four tenera palms were collected at Kwitanga, one tenera at Simbo and one dura at Ilagala. The area of collection is at about 850 m with extreme low temperatures reaching 11.8°C. The population has a high frequency of tenera types, and at the time of collection shell thinness appeared to be exceptional.

Unfortunately, the Ilagala seed lot failed to germinate and one of the Kwitanga seed lots germinated inadequately for incorporation in the replicated trial. Hence, the August, 1978 evaluation trial contained only one Simbo and three Kwitanga progenies. The randomized block trial with 56 palms per entry distributed in three replications included a T x T progeny from Highlands Estate, HIL539 (EWS81/11Tx NIF22T) for comparative purposes. Weekly yield recording of individual palms was initiated in July, 1980 and continued for a period of 47 months. Bunch analysis was carried out during the period when the palms were from 50 to 85 months old. Vegetative measurements were taken twice at palm age 86 months, utilizing the base of frond 41 for trunk height and leaf 17 for frond length.

The test area is characterized by rainfall totalling 4 000 mm/year with minimal water deficits, but limited solar radiation during seven months of the year, averaging only 267 Langleys per day between May and November. Minimum temperatures and diurnal temperature range are within norms for good production. Soils in the test area are deep alluvial clay loams of recent origin with poor structure, but good chemical composition.

Results and discussion

Segregation of fruit types and colors among the progenies is presented in Table 2. Although the sample was extremely small, we can estimate the frequency of the no-shell allele for fruit type in the Kwitanga population at about 21 percent and in the Simbo population at seven percent, since this seed was selected from tenera palms only. Virescens fruit color occurs in 6.0 percent of the trees of the Kwitanga progenies, but is absent from the Simbo palms. Apparently the cross of Nigerian teneras involved a virescens heterozygote as one of the parents.

Yield and vegetative characteristics of Kigoma progenies are presented in Table 3. Although the yield advantage of these progenies over the Nigerian tester was almost entirely due to higher bunch weights, Kigoma materials should be considered "high bunch number" types. The Simbo and one Kwitanga progeny yielded significantly more fruit than the Nigerian tester. With respect to variability within the two fruit yield components, bunch number (C.V. = 21.0%) is usually, but not always, more variable than average bunch weight (C.V. = 19.2%) in individual Kigoma progenies. Precocity for yield as

Table 2. Segregation of fruit type and color in Kigoma and tester progenies.

| Progeny | Origin | Cross | Number of palms by fruit type | | | | Viresscens Palms (%) |
|---------|----------|-----------|-------------------------------|--------|----------|-------|----------------------------|
| | | | Dura | Tenera | Pisifera | Total | |
| TAN 544 | Kwitanga | Open pol. | 20 | 29 | 9 | 58 | 5.2 |
| TAN 545 | Kwitanga | Open pol. | 22 | 29 | 3 | 54 | 3.7 |
| TAN 546 | Kwitanga | Open pol. | 29 | 35 | 7 | 71 | 8.5 |
| TAN 548 | Simbo | Open pol. | 25 | 22 | 2 | 49 | 0.0 |
| TOTAL | Kigoma | - | 96 | 115 | 21 | 232 | 4.7 |
| HIL 539 | Nigeria | T x T | 43 | 69 | 36 | 148 | 45.9 |

Table 3. Yield and vegetative measurements of Kigoma progenies and tester.

| Progeny- Origin | Bunch Yield | Bunch Number | Bunch Mean Wt. | Trunk Height | Frond Length | Petiole Length | Rachis Length |
|--------------------|----------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------|
| | (kg/p/yr) | (no/p/yr) | (kg) | (cm) | (cm) | (cm) | (cm) |
| TAN 544(K) | 107.3a | 20.8 | 5.2a | 173 | 631 | 126 | 505 bc |
| TAN 548(S) | 106.1a | 21.4 | 5.1ab | 164 | 633 | 131 | 502 c |
| TAN 546(K) | 96.2ab | 19.3 | 5.0ab | 164 | 665 | 124 | 541a |
| TAN 545(K) | 90.0 b | 19.7 | 4.6 bc | 169 | 641 | 126 | 515 bc |
| HIL 539(N) | 89.0 b | 20.4 | 4.4 c | 164 | 650 | 125 | 525ab |
| Mean Expt. | 97.7 | 20.3 | 4.9 | 167 | 644 | 126 | 518 |
| Level of Sig. | | | | | | | |
| (Anova) | 0.01 | NS | 0.01 | NS | 0.10 | NS | 0.05 |

Values followed by the same letter are not significantly different - Duncan, P=0.05.

K - Kwitanga
S - Simbo
N - Nigeria

measured by the ratio of yield in year one to total yield was higher in Kigoma progenies (0.26) than in the tester (0.22).

The Kigoma palms are similar to the Nigerian tester in both trunk height and frond length at the seven-year stage, except for one Kwitanga accession (TAN546) with slightly longer fronds. Coefficients of variation for trunk height range from 17.2 to 26.9%, which suggests ample variation for selection of even shorter palms. Within progenies, petiole length is more variable than rachis length.

In bunch composition (Table 4), the Kwitanga germplasm is superior to the Nigerian cross. All three Kwitanga progenies give oil bunch values considerably higher than the tester and the Simbo progeny. This superiority is due, almost entirely, to very good oil mesocarp values. Kernel bunch values also are consid-

erably higher in the wild materials. Specifically, the Kigoma lines are good in oil mesocarp, except for the Simbo progeny, and in the shell kernel ratio, except for TAN 545. Accession TAN 544 is outstanding for shell thinness, and overall is the most interesting progeny.

The degree of variability obtained in these extremely limited collections is of interest in terms of future selection. In Tables 5 and 6, coefficients of variation among palms for bunch yield and quality are compared with published data for other palm sources (7, 17, 19).

The level of variability among palms for both yield and bunch composition in Kigoma materials is low and fairly comparable to variability existing in the inbred Deli dura population. In spite of limitations in population size and variability, it has been possible to

Table 4. Bunch characteristics of Kigoma progenies.

| Progeny/ Origin | Number of Analyses (Bunch:Oil) | F/B ¹ (%) | M/F (%) | S/F (%) | K/F (%) | S/K (Ratio) | O/M (%) | O/B (%) | K/B (%) | Wt/F (%) |
|--------------------|--------------------------------------|-------------------------|------------|------------|------------|----------------|------------|------------|------------|-------------|
| Dura Segregates | | | | | | | | | | |
| TAN546 (K) | 38:46 | 71.5 | 57.3 | 33.3 | 9.4 | 3.6 | 51.2 | 21.1 | 6.7 | 9.7 |
| TAN545 (K) | 29:31 | 73.0 | 56.0 | 36.5 | 7.6 | 4.9 | 52.7 | 21.6 | 5.5 | 11.3 |
| TAN544 (K) | 29:38 | 69.7 | 58.8 | 31.6 | 9.5 | 3.3 | 52.1 | 21.7 | 6.6 | 8.9 |
| TAN548 (S) | 23:27 | 72.5 | 50.7 | 37.8 | 11.5 | 3.5 | 44.5 | 16.2 | 8.3 | 9.2 |
| HIL539 (N) | 51:55 | 70.5 | 56.5 | 36.5 | 7.0 | 5.5 | 45.6 | 18.2 | 4.9 | 10.5 |
| ALL DURAS | 170:197 | 71.3 | 56.3 | 35.2 | 8.6 | 4.4 | 49.0 | 19.7 | 6.1 | 10.1 |
| Tenera Segregates | | | | | | | | | | |
| TAN546 (K) | 61:73 | 68.0 | 78.9 | 10.9 | 10.2 | 1.1 | 52.1 | 28.1 | 6.9 | 7.4 |
| TAN545 (K) | 48:55 | 67.6 | 78.4 | 12.1 | 9.5 | 1.3 | 52.9 | 28.1 | 6.4 | 8.2 |
| TAN544 (K) | 66:82 | 68.0 | 81.4 | 9.2 | 9.4 | 1.0 | 50.0 | 27.6 | 6.4 | 7.3 |
| TAN548 (S) | 50:56 | 69.5 | 74.8 | 13.3 | 11.9 | 1.1 | 46.0 | 24.0 | 8.3 | 7.2 |
| HIL539 (N) | 124:141 | 63.9 | 87.9 | 6.9 | 5.1 | 1.4 | 42.0 | 23.6 | 3.3 | 7.4 |
| ALL TENRAS | 349:407 | 66.7 | 81.9 | 9.7 | 8.4 | 1.2 | 47.4 | 25.9 | 5.6 | 7.5 |

1 F-fruit, B-bunch, M-mesocarp, S-shell, K-kernel, O-oil, Wt-weight.

Table 5. Coefficients of variation (%) for bunch yield in palm population.

| Lines | No. Families | No. Palms | Number of Bunches | Bunch Yield | Mean Bunch Weight |
|-------------|-----------------|--------------|----------------------|----------------|----------------------|
| — Duras — | | | | | |
| Deli | 11 | 418 | 30.0 | 25.3 | 26.9 |
| La Mé | 20 | 529 | 32.5 | 24.2 | 35.6 |
| Yangambi | 18 | 328 | 36.1 | 22.8 | 28.6 |
| Kwitanga | 3 | 71 | 22.2 | 28.7 | 19.0 |
| Simbo | 1 | 25 | 21.8 | 27.0 | 24.0 |
| — Teneras — | | | | | |
| La Mé | 20 | 586 | 31.7 | 23.2 | 30.5 |
| Yangambi | 18 | 529 | 34.1 | 26.1 | 28.9 |
| Kuitanga | 3 | 93 | 21.8 | 25.4 | 19.4 |
| Simbo | 1 | 22 | 16.3 | 17.5 | 21.2 |

Table 6. Coefficients of variation (%) for bunch composition in palm populations.

| Line | No. Families | No. Palms | F/B (%) | M/F (%) | K/F (%) | O/M (%) | Wt/F (%) |
|-------------|-----------------|--------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| — Duras — | | | | | | | |
| Deli | 15 | 578 | 6.7 | 9.6 | 22.7 | 9.7 | 21.9 |
| La Mé | 26 | 572 | 10.6 | 13.5 | 20.8 | 11.7 | 26.2 |
| Yangambi | 20 | 376 | 10.2 | 13.5 | 21.9 | 9.3 | 28.4 |
| Yocoboué | — | 75 | 15.9 | 10.2 | 21.3 | 9.7 | 23.3 |
| Sassandra | — | 109 | 9.3 | 13.4 | 22.4 | 15.5 | 24.2 |
| Kwitanga | 3 | 71 | 6.8 | 8.2 | 16.3 | 9.5 | 27.0 |
| Simbo | 1 | 25 | 5.3 | 13.5 | 20.7 | 9.8 | 35.0 |
| — Teneras — | | | | | | | |
| La Mé | 26 | 660 | 11.7 | 10.1 | 25.5 | 9.5 | 25.7 |
| Yangambi | 20 | 521 | 11.3 | 8.3 | 23.0 | 7.3 | 27.1 |
| Yocoboué | — | 42 | 16.0 | 9.7 | 25.4 | 6.7 | 27.0 |
| Sassandra | — | 35 | 12.3 | 9.0 | 31.8 | 10.8 | 25.1 |
| Kwitanga | 3 | 93 | 7.2 | 6.8 | 22.6 | 9.5 | 26.1 |
| Simbo | 1 | 22 | 5.2 | 6.4 | 19.1 | 9.7 | 22.0 |

select several exceptional palms based on phenotypic characteristics.

Conclusion

The evaluation of the four Kigoma progenies indicates that this is interesting germplasm which warrants further investigation. Vegetative measurements, yield and bunch quality means are good, but the levels of variability are low. The limited variability is not surprising considering the type of collection made. More extensive collections in the Kigoma district are probably warranted, to obtain a broader range of this germplasm. Further, these results indicate that prospection within fringe populations outside the main palm belt may be worth while.

The several good characteristics of Kigoma germplasm should be exploited in the breeding program. Accordingly, several crossing programs are underway, including: 1) deli dura x Kigoma test crosses; 2) Kigoma introgressed into diverse male parents; 3) Kigoma x short-stemmed palms (Compacts) and 4) construction of a Kigoma breeding population.

Summary

Yield, vegetative and bunch quality characteristics are presented for a collection of open-pollinated pro-

genies of grove palms from the Kigoma District in Tanzania. Progeny means compare favorably with those of an improved tester of Nigerian origin, but the variability within the materials obtained is limited. It is suggested that more extensive oil palm germplasm collection from the same is warranted.

Literature cited

1. ARASU, N.T.; RAJANAIDU, N. 1976. Oil palm genetic resources. In Proceedings Malaysian Agriculture Oil Palm Conference Kuala Lumpur. p 16-26.
2. BEIRNAERT, A. 1933. La sélection de palmier à huile. Bulletin Agricultural Congo Belge 24:418-458.
3. BLAAK, G. 1967. Oil palm prospection tour in the Bamenda Highlands of West Cameroon. Internal report, Unilever, London.
4. BLAAK, G. 1977, 1979. Personal communication.
5. COLE, S.M. 1985. Africa: Prehistory. In Encyclopedia Britannica (15th Ed.), University of Chicago.

6. GASCON, J.P.; DE BERCHOUX, C. 1964. Caractéristiques de la production d'*Elaeis guineensis* (Jacq.) de diverses origines et de leurs croisements. *Oleagineux* 19(2):75-84.
7. GASCON, J.P.; NOIRET, J.M.; BERNARD, G. 1966. Contribution à l'étude de l'hérédité de la production de régimes d'*Elaeis guineensis* (Jacq.). *Oleagineux* 21(11):657-661.
8. HARDON, J.J. 1974. Oil palm. In *Handbook of Plants: Introduction to Tropical Crops*. FAO Agriic Studies No. 93. Rome.
9. HARDON, J.J. 1976. Oil palm breeding-introduction. In *Oil Palm Research*. Elsevier, Amsterdam.
10. HARDON, J.J.; GASCON, J.P.; NOIRET, J.M.; MEUNIER, J.; TAN, G.Y.; TAM, T.K. 1976. Major oil palm breeding programs. In *Oil Palm Research*. Elsevier, Amsterdam.
11. HARDON, J.J.; THOMAS, R.L. 1968. Breeding and selection of the oil palm in Malaysia. *Oleagineux* 23(2):85-90.
12. HARTLEY, C.W.S. 1967. *The Oil Palm*. Longman, London.
13. I.R.H.O. 1978-1979. Rapport D'Activités. Paris.
14. JAGOE, R.B. 1952. Deli oil palm and early introduction of *Elaeis guineensis* to Malaysia. *Malaysian Agricultural Journal* 35:3-11.
15. MENENDEZ, T.M.; BLAAK, G. 1963. Plant breeding division. W.A.I.F.O.R. Eleventh Annual Report 1962:58-66.
16. MENENDEZ, T.M.; BLAAK, G. 1964. Plant breeding division. W.A.I.F.O.R. Twelfth Annual Report, 1963-1964: 49-75.
17. MEUNIER, J. 1969. Etude des populations naturelles d'*Elaeis guineensis* en Côte d'Ivoire. *Oleagineux* 24(4):195-201.
18. MEUNIER, J. 1976. Les prospections de palmaçées. *Oleagineux* 31(4):153-155.
19. NOIRET, J.M.; GASCON, J.P.; BERNARD, G. 1966. Contribution à l'étude de l'hérédité des caractéristiques de la qualité du régime et du fruit d'*Elaeis guineensis* (Jacq.). *Oleagineux* 21(6):343-349.
20. OBASOLA, C.O. 1969. Plant breeding division. N.I.F.O.R. Fifth Annual Report 1968-1969:35-75.
21. PICHEL, R. 1957. L'amélioration du palmier à huile au Congo belge. *Bulletin Agriculture Congo Belge* 48(1):67-76.
22. ROSENQUIST, E.A. 1985. The genetic base of oil palm breeding populations. In *I S O P. B Workshop on oil palm germplasm and utilization*. Bangi Selangor, Malaysia.
23. SPARNAAIJ, L.D. 1969. Oil palm. In *Outlines of Perennial Crop Breeding in the Tropics*. Wageningen Misc Papers No. 4.
24. SPARNAAIJ, L.D.; MENENDEZ, T.; BLAAK, G. 1963. Breeding and inheritance in oil palm. Part I. The design of the breeding programme. *Journal of the West African Institute for Oil Palm Research* 4:126-145.
25. TOOVEY, F.W.; BROEKMAN, A.F.M. 1955. The Deli palm in West Africa. *Journal of the West African Institute of Oil Palm Research* 1(3):9-50.
26. VANDERWEYEN, R. La prospection des palmeraies congolaises et ses premiers résultats. *Bulletin Inf. INEAC* 1(4):357-382.
27. VANDERWEYEN, R.; ROELS, O. 1949. Les variétés d'*Elaeis guineensis* (Jacq.) du type albescens et l'*Elaeis melanococca* Garther (em. Bailey). Publs. INEAC Serie Sci., No. 42.
28. WATERSTON, J.M. 1953. Observations on the influence of some ecological factors on the incidence of oil palm diseases in Nigeria. *Journal of the West African Institute for Oil Palm Research* 1(1):24-59.
29. ZEVEN, A.C. 1968. Oil palm groves in southern Nigeria. II Development, deterioration and rehabilitation of groves. *Journal of the West African Institute for Oil Palm Research*. 5(17):21-39.

PRODUCCION DE LA ASOCIACION MAIZ-FRIJOL, SEGUN POBLACION, FERTILIZACION NITROGENADA Y MOMENTO DE SIEMBRA¹ /

B. AÑEZ*
E. TAVIRA*

Summary

This two-part experiment was carried out during 1978-1979 at San Juan de Lagunillas, Mérida, Venezuela on a typical Camborthid sandy-clay-loam soil. A split-block factorial arrangement of treatments in a randomized complete block design was used, with four replications.

*In the first part, an intercropping experiment is described, using eight spacial arrangements of black beans (*Phaseolus vulgaris L.* cv. *Criolla de San Juan*) and corn (*Zea mays L.* cv. *Santa Rosa*): pure stands and combinations of 125 000 and 250 000 plants/ha of beans, and 25 000 and 50 000 plants/ha of corn. Also, four different levels of N were applied: 0, 40, 90, and 140 kg/ha.*

In the second part, single plant densities of 50 000 plants/ha for maize and 125 000 plants/ha for black beans were used. In a comparison of planting times, both crops were sowed simultaneously, as well as each one seven, 14 and 21 days after the other. In each treatment, 140 kg N + 40 kg P₂O₅ + 90 kg K₂O/ha were applied. Best results were obtained with simultaneous sowing of 50 000 and 125 000 plants/ha of maize and beans respectively, with 40 cm between rows of maize and beans. Intra-row spacing of maize and bean plants was 50 cm and 20 respectively, with the fertilizers applied as indicated above in the second part.

Introducción

La siembra de cultivos mezclados o asociados significa cultivar dos o más especies simultáneamente en el mismo pedazo de tierra. Es un sistema de explotación muy popular entre los pequeños productores de ambientes tropicales y subtropicales y últimamente ha ido ganando adeptos en áreas más desarrolladas, donde la alta población humana y la escasez casi absoluta de tierras para la agricultura los ha hecho más atractivos económicamente (1, 7).

En contraste con las prácticas tradicionales, los nuevos desarrollos, tanto con respecto a las variedades como con la producción de tecnología agrícola, han abierto la posibilidad de aumentar la producción de ambos componentes de la asociación; de manera que

se puede producir una bonificación de rendimiento del cultivo acompañante, sin disminuir el rendimiento del cultivo principal (4).

Fisher (8, 9, 10), de sus experimentos en Kenia con maíz, frijol y papa, concluye que las mezclas de cultivos son más eficientes donde los niveles de rendimientos de los cultivos solos, son bajos, pero que hay pequeñas diferencias entre sistemas de cultivos, donde esos niveles son altos. No obstante, al incluir todas las pruebas, se apreció una mayor productividad de las mezclas que de los cultivos puros.

Parece razonable que un mejor entendimiento de cómo los componentes de la asociación hacen uso de los recursos, ayudaría a posteriores aumentos de rendimiento. Por ejemplo, si una combinación dada de cultivos intercalados muestra mejores rendimientos debido a que los sistemas radiculares combinados, hacen mejor uso del agua del suelo, parece probable que tal mezcla podría ser ventajosa cuando el agua esté bajo suplencia limitada, pero no cuando hay libre disponibilidad de ella (20).

1 Recibido para publicación el 28 de mayo de 1985

* Instituto de Investigaciones Agropecuarias (IIAP), Fac. de Cs. Forestales, ULA, Apdo. 220, Mérida, Cod. Postal 5101 Venezuela

Los sistemas de cultivos múltiples, como vía para aumentar la productividad agrícola son de interés tanto científico como práctico. El averiguar cómo se logran los incrementos y el diseñar metodologías con cuya aplicación sea posible explotar al máximo tales sistemas, es tarea de la investigación y de la aplicación de sus resultados a los centros de producción. En ese sentido, los Estados Unidos de Norteamérica no han escapado a ese razonamiento y se está realizando una nutrida investigación (5, 6, 14), la cual permitirá adoptar prácticas, que, bajo sus condiciones y sus propios sistemas de explotación, ayudarán a mejorar aún más su agricultura.

La permanente presión poblacional sobre las tierras agrícolas en los trópicos americanos ha obligado a desarrollar estrategias dirigidas hacia el aumento de la productividad por unidad de área y nos explica el por qué en Colombia, el 90% del frijol se cultiva en asociación con maíz, con papa y con otras especies, mientras que en Guatemala, el 73% de la producción de frijol, proviene de la explotación en asociación mayormente con maíz. El 80% de la producción de frijol en Brasil, es cultivada con otras especies principalmente con maíz. Se estima que en la América Latina tropical, el 60% del maíz de explota asociado con otros cultivos (13).

Las asociaciones de maíz-frijol, usadas en pequeñas fincas de Latinoamérica, proveen una fuente de ingresos y una dieta balanceada para las familias campesinas. Aunque escasa tecnología ha llegado a ese sector, las nuevas investigaciones (7, 12), revelan un potencial impresionante para mejorar los rendimientos de esas asociaciones (11).

En Venezuela, continuamente se viene presentando escasez de maíz y de frijol (19); a pesar de que ambas especies pueden producirse en la estación seca, aprovechando los pequeños sistemas de riego existentes (15).

La presencia en Los Andes venezolanos de pequeñas explotaciones de cultivos múltiples, especialmente de maíz y frijol, aumenta constantemente. La limitada investigación sistemática emprendida hasta el presente para mejorar o desarrollar sistemas de producción agrícola, ajustados a las condiciones ecológicas, sociales y económicas de Venezuela y los pocos intentos que se han hecho para evaluar las ventajas de las asociaciones de cultivos bajo las condiciones andinas, motivaron a realizar el presente estudio, cuyos objetivos fueron:

- Determinar el comportamiento del frijol, como cultivo base, sometido a diferentes presiones poblacionales de maíz.

- Conocer el papel que desempeña la fertilización nitrogenada en el comportamiento del maíz y del frijol asociados.
- Determinar el momento de siembra del frijol y del maíz para la obtención de los mejores resultados de la asociación.

Materiales y métodos

El trabajo de campo consistió de dos ensayos realizados en la Estación Experimental del HAP-ULA, en San Juan de Lagunillas, Edo. Mérida ($08^{\circ} 31'N$, $71^{\circ} 21'W$), altitud 1104 msnm, precipitación promedio de 528 mm anuales y una temperatura media anual de $22^{\circ}C$. La zona descrita por Ochoa y Malagón (16), con clima: BS wh, perteneciente a la zona de vida: Bosque seco premontano, subtropical. Vegetación: Hortícola bajo riego y selva estacional montaña. Suelo: Cambortid típico, franco fino, micaceo, isohiper térmico.

Se tomaron muestras compuestas de suelo (0-20 cm), una para cada sitio de siembra, cuyo análisis dio los valores siguientes:

| Año | Sitio | Clase textural | pH 1:2 | C.O. % | N Total % | C/N | P. Olsen ppm | K. aprov. me/100 g | Mg. aprov. me/100 g |
|------|-------|----------------|-----------|-----------|-----------------|-----|-----------------|-----------------------|------------------------|
| 1978 | 1 | FaA | 7.35 | 1.28 | 0.129 | 9.9 | 9 | 0.33 | 1.64 |
| 1979 | 2 | FaA | 7.35 | 1.20 | 0.123 | 9.8 | 10 | 0.26 | 1.56 |

En ambos ensayos se usaron las mismas variedades. Del frijol: criollo de San Juan, variedad de crecimiento determinado tipo arbolito, con una altura promedio a la floración de 42 cm. De maíz: Compuesto Santa Rosa, de porte alto, integrado por las siguientes fuentes de germoplasma: H-28E de México, H-6999 de Brasil, V. Eto Blanco y Eto Amarillo de Colombia y V-Chiquito de Venezuela. La preparación del suelo se hizo con tractor mediante dos pases de rastra de discos; las parcelas se emparejaron y se terminaron de acondicionar con escardilla. La siembra y la aplicación de fertilizantes se hicieron a mano. Las fuentes de fertilizantes fueron: nitrógeno de la urea con 46% de N, fósforo del supersulfato triple con 46% de P_2O_5 y potasio del cloruro de potasio con 60% de K_2O .

Ensayo 1. Producción de la asociación maíz-frijol, según población y fertilización nitrogenada usadas.

Se utilizó como diseño experimental el de bloques al azar, arreglado en parcelas divididas, con cuatro repeticiones y los tratamientos siguientes:

Para las parcelas:

- A 0 kg/ha de nitrógeno
- B. 40 kg/ha de nitrógeno
- C. 90 kg/ha de nitrógeno
- D. 140 kg/ha de nitrógeno

Para las subparcelas: (Fig. 1)

1. Frijol solo, 125 000 plantas/ha, 40 cm entre hileras x 20 cm entre plantas con 1 grano/golpe.
2. Frijol solo, 250 000 plantas/ha, 40 cm entre hileras x 20 cm entre plantas con 2 granos/golpe.
3. Frijol como el No. 1 + maíz, 25 000 plantas/ha, 40 cm x 100 cm.
4. Frijol como el No. 1 + maíz, 50 000 plantas/ha, 40 cm x 50 cm.

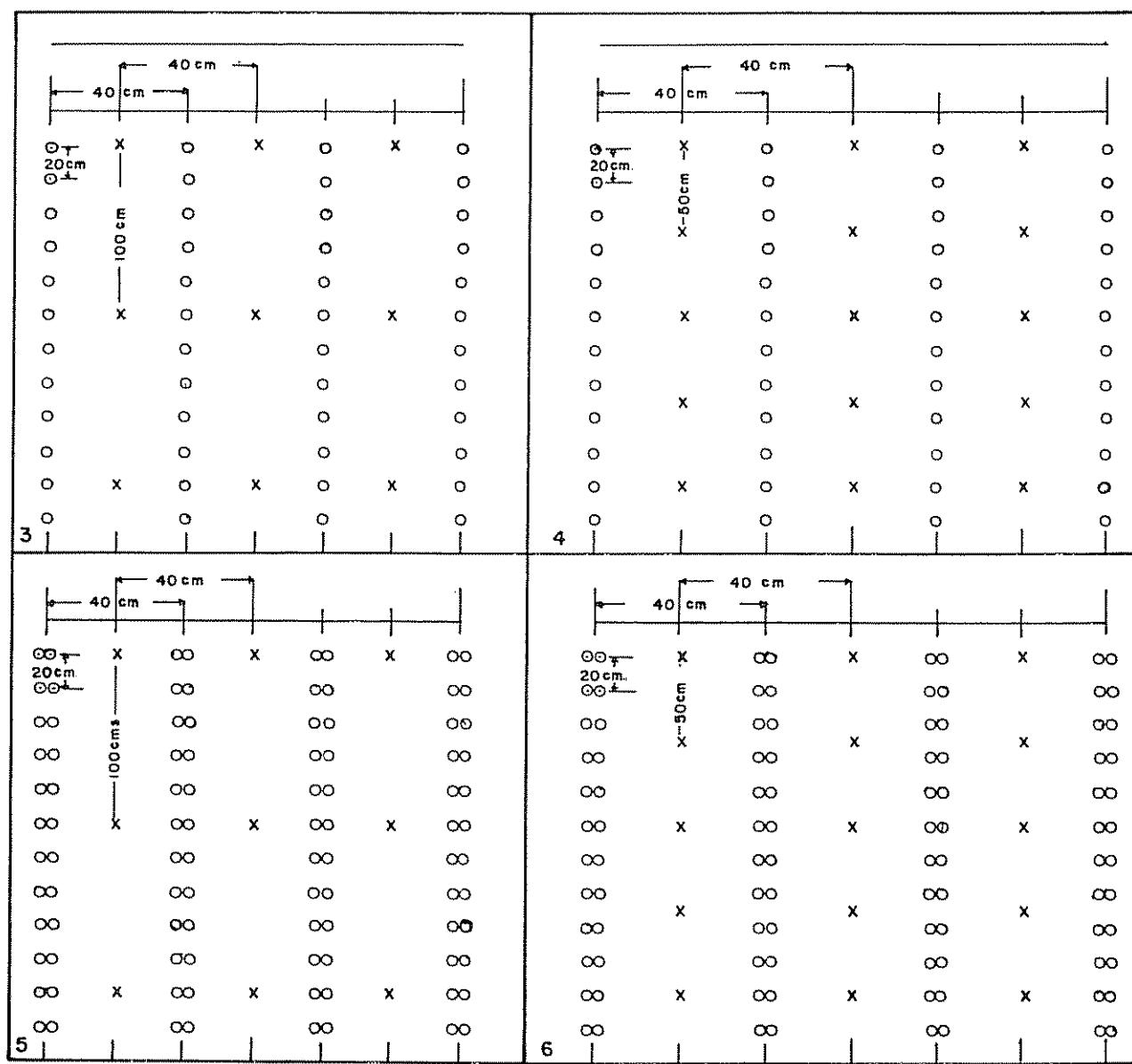


Fig. 1. Disposición en campo de los sistemas de siembra de la asociación maíz-frijol.
(m-c)

o – frijol x – maíz

- 3. e. 125 000 plantas/ha + m 25 000 plantas/ha
- 4. e 125 000 plantas/ha + m 50 000 plantas/ha
- 5. e 250 000 plantas/ha + m 25 000 plantas/ha
- 6. e 250 000 plantas/ha + m 50 000 plantas/ha

5. Frijol como el No. 2 + maíz, como el No. 3
6. Frijol como el No. 2 + maíz, como el No. 4
7. Maíz solo, 25 000 plantas/ha, 40 cm entre hileras y 100 cm entre plantas.
8. Maíz solo, 50 000 plantas/ha, 40 cm entre hileras y 50 cm entre plantas.

Todas las parcelas fueron fertilizadas con 40 kg de P_2O_5 + 90 kg de K_2O por hectárea.

Se sembraron tres granos del frijol y dos de maíz por golpe y se raleó posteriormente, de acuerdo con la población programada para cada subparcela

Fechas de siembra:

Frijol: 13-04-78

Maíz: 09-05-78

Largo de las hileras en las parcelas: 24 m

Largo de hileras en las subparcelas: 3 m

Número de hileras por parcela:

Frijol: 5

Maíz: 3

Fechas de cosecha:

Frijol: 27-06-78

Maíz: 28-09-78

Se tomaron los datos de rendimiento en grano para frijol y maíz al 12% y 14% de humedad, respectivamente

Para calcular los rendimientos de grano se fijó la parcela útil en 3.2 m^2 ; cuatro hileras de frijol con tres de maíz intercaladas y de dos metros de largo c/u ($1.6 \text{ m} \times 2.0 \text{ m}$).

Se hizo análisis de varianza de los rendimientos, de la producción total de alimentos (PTA) y del radio de tierra equivalente (RTE) $\times 100$.

La PTA fue calculada sumando los rendimientos de cada cultivo en cada una de las parcelas útiles del ensayo

$$\text{RTE} = \frac{\text{Rend. cult. 1 Asociación}}{\text{Rend. cult. 1 solo}} + \frac{\text{Rend. cult. 2 Asociación}}{\text{Rend. cult. 2 solo}}$$

Ensayo 2. Asociación maíz-frijol, su efecto en los cultivos de acuerdo con la época de siembra de cada uno

El diseño de experimentos usado fue: bloques al azar con cuatro repeticiones y los tratamientos siguientes:

1. Frijol solo
2. Siembra simultánea de frijol y maíz
3. Maíz siete días después del frijol
4. Maíz 14 días después del frijol
5. Maíz 21 días después del frijol
6. Maíz solo
7. Frijol siete días después del maíz
8. Frijol 14 días después del maíz
9. Frijol 21 días después del maíz

Todas las parcelas llevaron una población única de frijol y de maíz consistentes en 125 000 plantas/ha, de frijol y 50 000 plantas/ha, de maíz e igual fertilización; 140 kg de N + 40 kg de P_2O_5 + 90 kg de K_2O /ha. Las que dieron mejores resultados en el Ensayo 1

Las siembras se iniciaron el 07-05-79.

Largo de las hileras: tres metros

Número de hileras por parcela:

Frijol: 7

Maíz: 6

Fechas de cosecha:

Frijol: 23-07-79, en un área de 3.2 m^2 por tratamiento.

Maíz: 07-09-79, sobre un área de 3.2 m^2 por tratamiento.

Se tomaron los datos siguientes:

Frijol: Número de vainas/planta, número de granos/vaina, peso de 100 granos y rendimiento en grano al 14, 21% de humedad

Maíz: Rendimiento en grano al 19% de humedad. Se hizo un análisis de varianza de los datos recabados, de la producción total de alimentos y del radio de tierra equivalente. Para analizar el No de v/p y g/v; a sus valores originales se les extrae la raíz cuadrada \sqrt{y} ; para evitar que sigan la distribución de Poisson, para la cual la media y la varianza tienden a ser iguales (18).

En los dos ensayos se usó riego por aspersión para complementar los requerimientos hidráticos de los cultivos; además, se mantuvieron libres de malezas y se le hicieron fumigaciones periódicas de fungicidas y aplicaciones de insecticidas cuando se observó la presencia de algún insecto plaga.

Resultados y discusión

Ensayo 1. Frijol. El rendimiento en grano del frijol, como cultivo base sembrada a dos poblaciones de plantas sola y asociada con maíz, no fue influido significativamente por el aumento de su propia población, ni por la interferencia ejercida por la presión de las dos poblaciones de maíz usadas, ni por las dosis de nitrógeno aplicadas. La interacción (Dosis de N x poblaciones), tampoco mostró diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 1 y 2).

Maíz. El análisis de varianza de los rendimientos en grano de maíz cultivado solo y asociado con frijol, mostró diferencias significativas entre las dosis de nitrógeno usadas entre las diferentes poblaciones de

plantas utilizadas y con la interacción; dosis de N x poblaciones. Al resultar significativa la interacción lo más recomendable es mostrar las variaciones de rendimientos de maíz ocurridas en cada una de las dosis de fertilizante nitrogenado aplicadas (Cuadro 3).

Asociación. La cantidad total de alimentos produjo respuestas significativas a las dosis de nitrógeno aplicadas, a las poblaciones de plantas usadas y a la interacción de ellas. El Cuadro 4, muestra las variaciones producidas por la interacción dosis de N x poblaciones usadas.

El análisis de varianza del radio de tierra equivalente (RTE x 100), no mostró diferencias significativas a las diferentes dosis de nitrógeno aplicadas; pero sí,

Cuadro 1. Rendimientos medios del frijol (F), a diferentes presiones poblacionales en su asociación con maíz (M).

| Tratamientos miles planta/ha | F. 125 | F. 250 | F. 125 + M. 25 | F. 125 + M. 50 | F. 250 + M. 25 | F. 250 + M. 50 |
|---------------------------------|--------------------------------|---------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Rend. | kg/3 2 m ² kg/ha | 0.74 2.372 | 0.74 2.372 | 0.73 2.340 | 0.64 2.051 | 0.80 2.564 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Cuadro 2. Rendimientos medios del frijol asociado con maíz, con la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno.

| Tratamientos kg de N/ha | 0 | 40 | 90 | 140 | |
|-------------------------|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Rend. | kg/3 20 m ² kg/ha | 0.81 2.596 | 0.79 2.532 | 0.65 2.083 | 0.67 2.147 |

Cuadro 3. Rendimientos medios de maíz en kg/ha, solo y asociado con frijol.

| Dosis de N kg/ha | Poblaciones en miles de plantas/ha | | | | | |
|---------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|------------|
| | M. 25 + F. 125 | M. 50 + F. 125 | M. 25 + F. 250 | M. 50 + F. 250 | M. 25 | M. 50 |
| 0 | 1.111 de | 2.526 b | 1.042 e | 1.693 cd | 2.174 bc | 4.201 a |
| 40 | 642 c | 1.641 b | 1.341 b | 1.771 b | 1.406 b | 2.682 a |
| 90 | 1.081 c | 2.556 a | 764 c | 1.797 b | 1.120 c | 2.839 a |
| 140 | 1.997 cd | 4.792 a | 1.146 e | 2.326 bc | 1.497 de | 2.630 b |

Las medias en las filas seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al 5% de acuerdo con la prueba de Rangos Múltiples de Duncan

ante las poblaciones de plantas usadas y la interacción; dosis de N x poblaciones. Esta última se muestra en el Cuadro 5.

En el Cuadro 5, todas las comparaciones de RTE x 100, provienen de tratamientos sometidos a iguales condiciones de población y fertilidad. Se nota que los valores RTE x 100; son muy altos, esto se debió a que los rendimientos del frijol no fueron reducidos significativamente por la interferencia de las plantas de maíz a las poblaciones usadas y también, a que los rendimientos del maíz cultivado solo, fueron generalmente bajos especialmente en las poblaciones de 25 000 plantas/ha, concordando con lo señalado por Fisher (10). Por otra parte, no debemos olvidar, que nuestra hipótesis de trabajo fue que el frijol, como cultivo base a sus poblaciones normales en la zona, podía soportar en su área de siembra la

presión poblacional de un regular número de plantas de maíz, sin bajar significativamente sus rendimientos al compararlos con aquellos alcanzados como cultivo solo bajo las mismas condiciones; por tal razón, las poblaciones de maíz usadas fueron relativamente bajas.

Este ensayo permitió evaluar el comportamiento de los cultivos estudiados, tanto solos como asociados, a dos poblaciones de plantas cada uno y a cuatro diferentes dosis de fertilización nitrogenada aplicadas.

El frijol solo no mostró variaciones significativas en sus rendimientos en grano cuando su propia población aumentó de 125 000 a 250 000 plantas/ha. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Añez y Tavira (3), en trabajos previos en la misma zona del estudio. La fertilización nitrogenada hasta 140 kg del

Cuadro 4. Promedios de las producciones totales de alimentos en t/ha de el maíz y del frijol solos y asociados bajo diferentes poblaciones y dosis de nitrógeno usadas.

| Dosis de N kg/ha | Poblaciones en miles de plantas/ha | | | | | | | |
|---------------------|------------------------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------|-------------|
| | F. 125 | F. 250 | C. 125+ M. 25 | F. 125+ M. 50 | F. 250+ M. 25 | F. 250+ M. 50 | M. 25 | M. 50 |
| 0 | 2.29 c | 2.55 bc | 4.11 ab | 5.06 a | 3.94 ab | 4.01 ab | 2.17 c | 4.20 a |
| 40 | 2.52 cd | 2.70 bcd | 2.94 bed | 3.73 abc | 4.22 ab | 4.58 a | 1.41 d | 2.68 bcd |
| 90 | 2.29 bc | 2.40 bc | 3.15 ab | 4.38 a | 3.15 ab | 3.21 ab | 1.12 c | 2.84 ab |
| 140 | 2.44 cd | 1.87 de | 3.95 bc | 6.57 a | 3.29 bcd | 4.62 b | 1.50 e | 2.63 cd |

Las medias en la misma hilera seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al 5% de acuerdo con la prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

Cuadro 5. Valores medios de RTE x 100, de la asociación frijol-maíz, bajo diferentes poblaciones y dosis de nitrógeno usadas.

| Dosis de N kg/ha | Poblaciones en miles de plantas/ha | | | | | Cultivos solos (T) |
|---------------------|------------------------------------|------------------|------------------|------------------|--|-----------------------|
| | F. 125+ M. 50 | F. 125+ M. 25 | F. 250+ M. 25 | F. 250+ M. 50 | | |
| 0 | 188.50 ab | 204.75 a | 173.00 ab | 147.00 ab | | 100 b |
| 40 | 147.75 ab | 138.00 ab | 209.00 a | 181.25 ab | | 100 b |
| 90 | 173.25 a | 197.00 a | 171.00 a | 123.00 a | | 100 b |
| 140 | 256.75 a | 214.00 a | 194.00 a | 232.00 a | | 100 b |

Las medias en la misma hilera seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5% de acuerdo con la prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

elemento por hectárea, tampoco afectó los rendimientos del cultivo; esto contradice los resultados logrados por Añez (2), en la misma zona, donde se obtuvieron respuestas significativas con aplicaciones desde 40 kg de N/ha.

El maíz aumentó significativamente su rendimiento en grano al aumentar su propia población desde 25 000 hasta 50 000 plantas/ha, con todos los niveles de fertilización nitrogenada empleados. Esto concuerda con Fisher (9).

La asociación perseguía conocer que presión de plantas/ha, de maíz, podría soportar el frijol, considerado como cultivo base, sin bajar significativamente sus rendimientos, tal objetivo se logró según se aprecia en el Cuadro 1.

La producción total de alimentos (PTA), en t/ha, fue superior en las asociaciones, destacándose el sistema de siembra que combinó 125 000 plantas/ha, de frijol con 50 000 plantas/ha de maíz (Cuadro 4).

El radio de tierra equivalente (RTE), el cual sirve para medir la eficiencia de los sistemas de producción, cuando los cultivos solos y en la asociación son sometidos a condiciones ambientales semejantes, mostró que la producción de frijol y maíz, fue significativamente más eficiente en los cuatro sistemas de asociación empleados, en comparación con los cultivos solos tomando como testigos y que no hubo diferencias entre las asociaciones probadas (Cuadro 5).

Ensayo 2. Frijol. Comprobada la compatibilidad y la eficiencia de la asociación maíz-frijol, se dispuso a averiguar la influencia que la época de siembra de cada cultivo ejerce sobre el rendimiento

de su asociado y sobre sus componentes, demostrándose que tanto el número de vainas por planta, el número de granos por vaina, el peso de 100 granos como el rendimiento en grano de frijol fueron influidos significativamente por los tratamientos (Cuadro 6).

Maíz. El rendimiento en grano del maíz mostró diferencias significativas entre las diferentes épocas de siembra empleadas con los cultivos en la asociación (Cuadro 7).

Asociación. La época de siembra de los cultivos en la asociación produjo respuestas significativas, tanto en la cantidad total de alimento producido por hectárea como en la eficiencia de los sistemas de siembra medidos por el radio de tierra equivalente por 100 (RTE x 100) (Cuadro 8).

A la luz de los resultados obtenidos, la época de siembra de un cultivo con respecto al otro fue de importancia capital para el logro de buenos rendimientos en la asociación maíz-frijol.

La cuantía de la interferencia de un cultivo con su asociado sembrado después, dependió de la ventaja inicial de crecimiento alcanzada por el cultivo precedente.

Con relación al comportamiento del frijol en la asociación, tanto el rendimiento en grano como sus componentes fueron mejores con la siembra simultánea con maíz, sin disminuir significativamente cuando la siembra se efectuó siete días después. Las siembras 14 y 21 días después del maíz fueron significativamente detratamentales para el rendimiento del frijol y sus componentes (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valores medios de rendimiento en grano y otras características agronómicas del frijol (F) asociado con maíz (M) a diferentes épocas de siembra de cada cultivo.

| Tratamientos | Rendimiento kg/ha | No. de vainas por planta | | Peso de 100 granos g |
|-------------------------|----------------------|-----------------------------|------------------|-------------------------|
| | | \sqrt{y} | $\sqrt{\bar{y}}$ | |
| F solo | 2.769 a | 3.57 ab | 2.52 ab | 21.7 a |
| F. y M. simultáneamente | 2.558 a | 3.55 ab | 2.65 a | 19.4 ab |
| M 7 días después de F. | 2.442 a | 3.54 ab | 2.495 b | 16.3 b |
| M 14 días después de F. | 2.635 a | 3.84 a | 2.51 ab | 17.9 ab |
| M 21 días después de F. | 2.615 a | 4.01 a | 2.50 ab | 17.0 b |
| F 7 días después de M | 2.308 a | 3.19 ab | 2.52 ab | 18.6 ab |
| F 14 días después de M | 1.058 b | 2.58 b | 2.37 b | 16.5 b |
| F 21 días después de M | 961 b | 2.51 b | 2.50 b | 15.9 b |

Las medias en la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5% de acuerdo con la prueba de Tukey.

Cuadro 7. Rendimiento medios de maíz (M) asociado con frijol (F) a diferentes épocas de siembra de cada cultivo.

| Tratamientos épocas de siembra | Rendimiento en granos kg/ha |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| F. solo | 5 096 a |
| F y M. simultáneamente | 4.744 a |
| M. 7 días después de F. | 4.263 a |
| M. 14 días después de F. | 3.974 ab |
| M. 21 días después de F. | 3.622 ab |
| F. 7 días después de M. | 3.526 ab |
| F. 14 días después de M. | 3.013 ab |
| F. 21 días después de M | 2.197 b |

Las medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5% de acuerdo con la prueba de Tukey

El rendimiento en grano del maíz en la asociación fue mejor cuando su siembra se hizo simultáneamente con la caraota y comenzó a bajar aunque no significativamente al efectuarse las siembras siete y 14 días después del frijol. La siembra realizada 21 días después del frijol, produjo rendimientos significativamente inferiores a aquellos alcanzados con la siembra simultánea (Cuadro 7).

Tanto la mayor cantidad total de alimentos producida (6.7 t/ha), como la mayor eficiencia de la asociación (RTE x 100 de 195) se lograron con la siembra simultánea de maíz y frijol (Cuadro 8).

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos bajo las condiciones prevalecientes en los sitios del estudio,

es posible obtener las conclusiones y recomendaciones siguientes:

1. Las asociaciones (*Zea mays L.*) y (*Phaseolus vulgaris L.*), fueron altamente compatibles
2. Se demostró que el frijol como cultivo base en la asociación, pudo soportar la presión poblacional de 50 000 plantas/ha de maíz, sin bajar significativamente sus rendimientos
3. La producción total de alimentos y la eficiencia de los sistemas de siembra, en términos generales, resultaron mejores en las asociaciones que en los cultivos solos.
4. Los mejores resultados en la asociación maíz-frijol, se lograron con la siembra simultánea de los dos cultivos.
5. Los rendimientos en grano del frijol no variaron significativamente cuando su propia población pasó de 125 000 plantas/ha.
6. El frijol no respondió a la fertilización nitrogenada.
7. El maíz solo y asociado con el frijol aumentó los rendimientos al aumentar su propia población de 25 000 a 50 000 plantas/ha
8. El maíz respondió a la fertilización nitrogenada; sus mejores rendimientos se obtuvieron con 140 kg de N/ha.

Recomendación

Para San Juan de Lagunillas y zonas con condiciones similares, sembrar simultáneamente, 125 000 plan-

Cuadro 8. Valores medios de la producción total de alimentos de la asociación frijol-maíz, arreglada en ocho sistemas de siembra.

| Tratamientos cultivos y épocas de siembra | Producción total de alimentos t/ha | Eficiencia del sistema RTE x 100 |
|---|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. F. solo | 2.8 b | 100 c |
| 2. F. y M. simultáneamente | 6.7 a | 195 a |
| 3. M. 7 días después de F. | 6.3 a | 184 ab |
| 4. M. 14 días después de F. | 5.6 a | 167 abc |
| 5. M. 21 días después de F | 4.7 ab | 148 abc |
| 6. M. solo | 5.0 ab | 100 c |
| 7. F. 7 días después de M. | 5.7 a | 160 abc |
| 8. M. 14 días después de F. | 4.6 ab | 117 bc |
| 9. M. 21 días después de F | 5.6 a | 148 abc |

Las medias en la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5% de acuerdo con la prueba de Tukey.

tas/ha de frijol, asociadas con 50 000 plantas/ha de maíz, con la siguiente disposición: Hileras de frijol y de maíz intercaladas a 40 cm de separación entre el mismo cultivo, con distancias entre plantas de 20 cm para frijol y 50 cm para maíz y fertilizar con 140 kg/ha de N + 40 kg de P₂O₅ + 90 kg de K₂O por ha frijol.

Literatura citada

1. ANDREWS, D.J.; KASSAN, A.H. 1977. The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. In Multiple cropping. Ed by M. Stelly. Special publication No. 27 American Society Agronomy Madison, Wisconsin p. 1-10
2. AÑEZ, R.B. 1976. Fertilización completa (N, P, K) en caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en San Juan de Lagunillas (Estado Mérida). Trabajo de ascenso. IAP, FCF, ULA, Mérida, Venezuela. 34 p.
3. AÑEZ, R.B.; TAVIRA, D.E. 1983. Efectos de las distancias de siembra sobre los rendimientos en granos y sus componentes en caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela 6(2):682-689
4. BALDEV, B., RAMANUJAN, S. 1980. Pulses in scientific intercropping. A critical appraisal. Indian Journal Genetic 40 A:1-10.
5. CHAN, L.M., JOHNSON, R.R., BROWN, C.M. 1980. Relay intercropping soybeans into winter wheat and spring oats. Agronomy Journal 71:35-39.
6. CROOKSTON, R. KENT; HILL, DAVID S. 1979. Grain yields and land equivalent ratios from intercropping corn and soybeans in Minnesota. Agronomy Journal 71:41-44
7. DESIR, S.; PINCHINAT, A.M. 1976. Producción agronómica y económica de maíz y frijol común asociados, según tipo y población de plantas. Turrialba 26:237-240.
8. FISHER, N.M. 1977a. Studies in mixed cropping. I. Seasonal differences in relative productivity of crop mixtures and pure stands in the Kenya highlands. Experimental Agriculture 13:177-184.
9. FISHER, N.M. 1977b. Studies in mixed cropping. II. Populations pressures in maize bean mixtures. Experimental Agriculture 13:185-191.
10. FISHER, N.M. 1979. Studies in mixed cropping. III Further results with maize bean mixtures. Experimental Agriculture 15:49-58.
11. FRANCIS, C.A. 1978. Multiple cropping potentials of beans and maize. Hort. Science 13:12-17.
12. FRANCIS, C.A.; FLOR, C.A.; PRUGER M. 1978. Effects of bean association on yields and yield components of maize. Crop Science 18:760-764.
13. FRANCIS, C.A.; FLOR, C.A.; PRUGER M.; TEMPLE, S.R. 1977. Adapting varieties for intercropping systems in the tropics. In Multiple cropping. Ed by M. Stelly. Special publication No. 27. American Society Agronomy. Madison, Wisconsin p. 235-253
14. JEFFERS, D.L.; TRIPLETI Jr., G.B. 1979. Management needed for relay intercropping soybeans and wheat. Ohio Report 64:67-70.
15. LUGO, R.; RAMON; MARCANO L., F. 1978. Cultivos asociados maíz-frijol, bajo riego. Revista Latinoamericana de Ciencias Agrícolas (ALCA) 14:39-44.
16. OCHOA, G.; MALAGON, D. 1979. Atlas de microscopía electrónica en suelos de Venezuela — Región de la Cordillera de Mérida (1 000 —3 500 msnm) p. 34, ULA — CIDIAT, Mérida, Venezuela. 40 p.
17. PAPENDICK, R.T.; SANCHEZ, P.A.; TRIPLETT, G.B. 1977. Preface. In Multiple cropping. Ed. by M. Stelly. Special publication No. 27. American Society Agronomy Madison, Wisconsin.
18. STEEL, R.G.D.; TORRIE, JAMES H. 1960. Transformations. In Principles and procedures of statistics. Mc Graw-Hill Book Company, Inc. New York. p. 156-160.
19. VENEZUELA. 1984. Ministerio de Agricultura y Cría. Anuarios estadísticos Agropecuario. 1980. p. 17, 18, 33, 34. División de Estadística, Caracas.
20. WILLEY, R.W.; NATAJARAN, M. 1978. Some aspects of resource use in sorghum-pigeon pea intercropping. Indian Agriculture Research Institute. New Delhi, 17-19th. 11 p.

Notas y comentarios

Relaciones entre la botánica y la geología

Dos disciplinas científicas, la botánica y la geología, se han adentrado una a la otra en los últimos tiempos, llegando a un estado de simbiosis o de cautelosa fusión. Esta coevolución o quizás hibridación ha conducido a una interesante diversidad de resultados. Por un lado, las rocas suministran un registro de la información básica necesaria para reconstruir la vegetación del pasado. Por otro lado, el modelo espacial de la vegetación moderna sirve mucho para apreciar la distribución y aún la historia de las informaciones rocosas.

Lo que se puede llamar fitogeomorfología va más allá de lo que antes se incluía como paleobotánica, cuya enseñanza consistía mayormente de la estructura morfológica de las polisilálicas pteridofitas. Pero las cosas han cambiado. Bruce Tiffney ha reunido una serie de ensayos de varios autores (1) en los que se tratan las cuestiones sobre la evolución de las plantas que los textos antiguos ignoraban hasta la mitad del presente siglo. Los ensayos, al mismo tiempo que presentan las ideas de una teoría uniformitaria, advierten que no siempre se puede interpretar el pasado en términos del presente. Algunos eventos pasados fueron biológica, química y geológicamente únicos, eventos tales como el origen de la célula eucariótica (la unidad de la estructura básica de todos los organismos vivientes excepto las bacterias y las algas azul-verdes), la conquista de la tierra y la emergencia de las plantas con flores.

Ninguna analogía moderna puede reflejar plenamente las condiciones bajo las cuales tuvieron lugar estos eventos primordiales. Así, quedamos en el excitante vacío de la especulación teórica, guiados por una gama de hechos aparentemente no relacionados entre sí. En este vacío los autores reunidos en este libro exponen sus ideas y especulaciones.

Por ejemplo, la mayoría de los organismos eucariotes son aeróbicos; sus membranas contienen esteroides que pueden ser sintetizados en la presencia de oxígeno. ¿Había oxígeno libre disponible, entonces, cuando se desarrollaron por primera vez? Si esto es así, ¿por qué hay una brecha de unos 600 millones de años entre la aparición del oxígeno y de los eucariotes fitoplanctónicos? ¿Cuál es la relación entre la ulterior acumulación de oxígeno en la atmósfera, la protección contra la radiación ultravioleta, la biosíntesis de capas de cutina protectora, repelentes del agua en las plantas y la invasión de la tierra por las plantas? Tales preguntas añaden una nueva dimensión a los argumentos concernientes a los antepasados de las plantas terrestres.

El problema consiste en formarse figuras mentales del primitivo ecosistema terrestre. Tenemos información sobre agrupaciones de plantas y de animales, procesos hidrológicos, descomposición de rocas y formación de suelos. Partículas finas de carbón de palo pueden proveer evidencia adicional sobre el papel del fuego en la ecología y la evolución de la vegetación. De modo que el momento está maduro para la reconstrucción de las condiciones físicas y biológicas en los ecosistemas terrestres primitivos. En una escala más grande, hay suficiente información disponible sobre los esquemas globales de agrupaciones de plantas fósiles, para permitir un enfoque numérico a la paleobiogeografía. Se indica, por consiguiente, que matrices de índices de similaridad podrían ser sometidas a computación multivariable y usarse para generar modelos de sus relaciones florísticas y, por consiguiente, sus relaciones geográficas. En conclusión, una materia que se consideraba de una imagen empolvada y oscura, como la relación entre la botánica y la geología, está recibiendo nuevas aportaciones e ideas que representan un aire fresco en una materia que puede ser fascinante. A.G.

Literatura citada

1. TIFFNEY, B. ed. 1986. *Geological factors and the evolution of plants*. Yale University Press. 294 p.

GROWTH, SURVIVAL AND SHOOT BORER DAMAGE IN MAHOGANY PLANTINGS IN THE LUQUILLO FOREST IN PUERTO RICO¹ /

P.L. WEAVER*
G.P. BAUER**

Resumen

Entre 1963 y 1981, se sembraron 1 275 ha en el bosque muy húmedo subtropical de las montañas de Luquillo usando un híbrido de *Swietenia macrophylla* y *S. mahogani*. La medida de la sección sembrada en 1963 después de 20 años rindió los siguientes resultados: densidad de tallos, 373/ha; área basal, 28.2 m²/ha; biomasa maderable total por peso seco sobre el terreno 160.7 t/ha; biomasa total de hojas, peso seco, 9.0 t/ha; biomasa total sobre el terreno, 292.2 m³/ha. Estas cifras corresponden a tasas de incremento de 1.4 m²/ha/año en área basal, 8.0 t/ha/año en biomasa maderable total sobre el terreno, 8.5 t/ha/año en biomasa total sobre el terreno y 14.6 m³/ha/año en volumen maderable total sobre el terreno. Medidas previas hechas, según condiciones topográficas después de 18 años en la misma sección, demostraron un incremento promedial de 1.4 cm/año en diámetro y un incremento promedial de 1.0 m/año en altura con diferencias significativas en crecimiento por topografía y clase de copa. Las medidas hechas en las secciones sembradas en 1967 y 1974 también mostraron diferencias significativas en crecimiento por clase de copa y topografía pero con tendencia menos pronunciadas. Daños hechos por *Hypsipyla* se encontraron en 58, 11 y 18% de los árboles en las secciones sembradas en 1974, 1979 y 1980, respectivamente. Diferencias significativas por topografía se observaron solamente en la sección sembrada en 1974. Diferencias significativas en daños por *Hypsipyla* no fueron evidentes por clase de copa ni por clase de área basal en las secciones sembradas en 1974, 1979 y 1980. El porcentaje de supervivencia de árboles y arbólitos fue más bajo en la clase de copa suprimida que en las que recibieron luz en las secciones sembradas en 1974, 1979 y 1980. El porcentaje de supervivencia también fue más bajo en las secciones sembradas en 1974 y 1979 cuando el área basal se aumentó. El porcentaje de supervivencia fue más bajo en las posiciones topográficas que correspondieron a cimas y terrenos bajos en la sección sembrada en 1974, aunque esta tendencia no era evidente en las secciones de menos edad. Se sugieren prácticas para mejorar la siembra.

¹ Received for publication on February 4, 1986.

The authors wish to acknowledge the following persons for their helpful comments: Dr. Carl Jordan, University of Georgia, Athens; Dr. David M. Smith, Yale Forestry School, New Haven, CT; and Luis A. Rivera and José A. Zambrana, Caribbean National Forest, Rio Piedras, P.R.

* Research Forester, Institute of Tropical Forestry, Southern Forest Experiment Station, USDA Forest Service, P.O. Box 21390, Rio Piedras, Puerto Rico 00928

** Supervisory Forester, P.O. Box 21390, Caribbean National Forest, Rio Piedras, Puerto Rico 00928.

Introduction

Reforestation began in the Luquillo Mountains of Puerto Rico in 1933 (Fig. 1). Previously cutover land used for subsistence agriculture was planted with about 30 timber species. After an assessment of the reforestation effort, the U.S. Forest Service initiated a program of plantation establishment and line planting using a hybrid of *Swietenia macrophylla* and *S. mahagoni* (Fig. 2). The total area planted in mahogany through 1981 was about

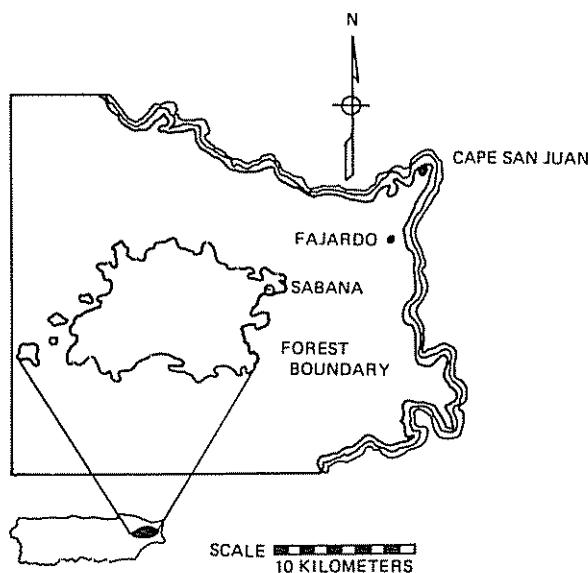


Fig. 1. Location of mahogany plantings in the Luquillo Mountains of northeastern Puerto Rico.

1 275 ha. Trees planted in 1967 and later, about half the total, were line-planted in degraded secondary forest.

Enrichment planting is one method of improving the productivity of tropical forests. Several techniques exist as evidenced by the variety of terms used in the literature: conversion line-planting; strip planting; improvement planting; gap-, group, and interior under-planting. Some of these terms may be used interchangeably.

Conversion line-planting, the principal technique used on an areal basis in this study, involves the clearing of regularly spaced parallel lines through a degraded stand. These lines are usually about 2 m wide and spaced about 10 m apart, although closer spacings have been used on occasion. At maturity, the planted trees constitute a closed canopy. Conversion line-planting has been used most frequently in savanna woodlands, secondary forest with poor species composition, and degraded high forest (14).

Conversion line-planting has reforestation potential in tropical regions (24). In the Caribbean Islands, particularly the smaller islands where water resources are critical to growing populations, the technique maintains ground cover and protects the soil while seedlings take hold. Moreover, establishment cost is about a third of that for plantations, provided that spacing is not too close.

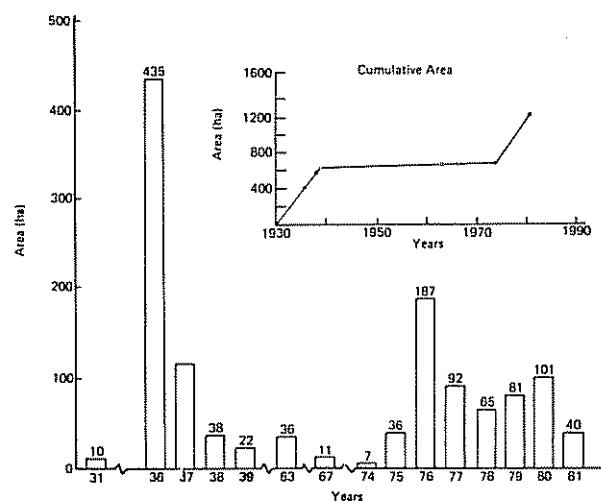


Fig. 2. Chronology of mahogany plantings in the subtropical wet forest of the Luquillo Mountains

Although a considerable area of mahogany has been line-planted in Puerto Rico, the technique has never been evaluated. The objectives of this study were:

- 1) to evaluate diameter, height, basal area, biomass, and volume growth of the 1963 and 1974 plantings;
- 2) to evaluate survival and shoot borer attack on the 1974, 1979, and 1980 plantings;
- 3) to determine the influence of environmental variables (light, topography, and surrounding basal area) on growth, survival, and shoot borer damage; and
- 4) to assess the conversion line-planting technique for future use in Puerto Rico.

Study area

The study area is located between 130 and 300 m elevation in the subtropical wet forest life zone (4) of the Luquillo Mountains. In this area, rainfall averages 2 300 mm/yr, mean annual temperature is 23°C, and mean relative humidity is about 75% (2). The soils are deep acid clays (Table 1).

Historically, almost all of the study area had been farmed. When purchased for inclusion in the Luquillo Forest between 1935 and 1948, much of the property was covered with heavy brush and contained many

Table I. Summary of site information and silvicultural practices for mahogany plantings.

| Compartment number | Age (yrs) | Elevation (m) | Soil type | Area (ha) | Silviculture practices |
|--------------------|-------------------|---------------|-----------|-----------|--|
| 1963 | 18 | 180-200 | Catalina | 36 | Planting - direct seed; spacing - 3 x 3 m; existing overstory poisoned gradually before seeding; three seeds planted in each spot; 2-4 D and 2-4-5 T applied first two years to control weed and climber growth; repeated early thinnings; 30% removal of trees in 1975. |
| 1967 | 15 ¹ | 130-220 | Catalina | 10 | Planting - bareroot; seedlings < 1 m tall; spacing - 2.5 x 11 m; planted in cleared lines below secondary forest canopy; weeded about 3 times per year for 5 years; overstory gradually poisoned with herbicide; no release thinning. |
| 1974 | 8.2 ¹ | 150-220 | Catalina | 7 | Planting - bareroot; spacing - 2.5 x 11 m; planted in cleared lines below secondary forest canopy; weeded 2-3 times per year; overstory gradually poisoned with herbicide, probably Tordon; no release thinning. |
| 1979 | 3.25 ¹ | 150-300 | Yunque | 16 | Planting - bareroot; spacing - 2.5 x 11 m; planted in cleared lines below secondary forest canopy; weeded 2-3 times per year; overstory gradually poisoned with herbicide Tordon. |
| 1980 | 2.25 ¹ | 130-200 | Coloso | 8 | Planting - bareroot; seedlings averaged 0.3-1.0 m tall at time of planting; spacing - 2.5 x 11 m; planted in cleared lines below secondary forest canopy; weeded 2-3 times per year; overstory gradually poisoned with herbicide Tordon. |

¹ Includes one year duration of seedling in nursery

trees classified as small and large poles. When line-planting was initiated in 1967, the area still did not have species composition adequate for long-term management.

Methods

Establishment and tending methods varied between the first and later planting (Table 1). In the 1963 planting, the overstory was poisoned gradually, seeds were planted at 3 x 3 m spacing, and herbicides were applied to control weeds. Repeated early thinnings based on tree form and spacing were used to liberate the planted stock. In later plantings, bareroot seedlings were used at 2.5 x 11 m spacings and lines were maintained by weeding or cutting with a machete.

Most measurements were made in 1981 (Table 2). In each compartment dated 1967 through 1980, a

beginning line was randomly designated, and every other row was measured. In the 1963 compartment, the first measurements were made along topographic features (ridge, midslopes, lower concave slopes, and bottomlands).

Height was measured to the nearest 0.1 m by an optical rangefinder in the 1963 and 1967 compartments and by extension pole in the 1974 compartment. A cloth diameter tape was used to measure tree diameter (d.b.h.) to the nearest 0.1 cm at 1.4 m above the ground for the 1963, 1967, and 1974 compartments. Crown classes were identified as: emergent (E), trees that extended well above the average height of the canopy; dominant (D), trees in the canopy with overhead and side light; codominant (C), trees in the canopy with overhead light; intermediate (I), trees below the general level of the canopy that received direct light at midday; lateral (L), trees below the general level of the canopy that received

Table 2. Tree and site measurements conducted on each of the plots.

| Measurement | Compartment number | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|------|------|-------|------|
| | 1963 | 1967 | 1974 | 1979 | 1980 |
| Height | x | x | x | - | - |
| Diameter | x | x | x | - | - |
| Crown class | x | x | x | x | x |
| Topographic position | x | x | x | x | x |
| Basal area at stem | - | x | x | x | x |
| Shoot borer attack | - | - | x | x | x |
| Mortality | - | - | x | x | x |
| Number of live trees | 85 | 232 | 214 | 672 | 643 |
| Number of observations ¹ | 85 | 318 | 367 | 1 198 | 957 |
| Percent survival | - | 73 | 58 | 56 | 67 |

1 Topographic positions and basal areas were taken at each planting site including those where trees or seedlings had died

light in the early morning or late afternoon, but not at midday; and suppressed (S), understory trees overtopped at all times by surrounding vegetation. Not all crown classes were represented in all compartments. Growth differences by topographic position, surrounding basal area classes, and crown class were determined by repeated t-tests (22).

Basal area was measured with a BAF-10 prism at each tree, and frequently included other planted mahoganies on older plots. Shoot borer attack was recorded as positive or negative, but no tally of number of attacks per tree was made. In cases of mortality, basal area and crown class were recorded at the point of the dead or missing stem.

In addition, 24 *Swietenia* trees ranging from 1.9 to 49.2 cm d.b.h. were felled to determine biomass by compartments. Trees were randomly selected within diameter class limits to provide a range of sizes. Total tree height and d.b.h. were measured on each tree. Biomass was partitioned into trunks, leaves, and branches, with trunks defined as the main stem of the tree from ground level to the point of major bifurcation, or branching. The remaining woody portions were classified as branches that varied considerably in size. Wet weights were determined in the field. Four sample discs of the trunk and six of branches > 2.5 cm were taken at different points along the tree. Branches < 2.5 cm and leaves were sampled separately. All samples were oven-dried at 70°C for about six weeks, at which time no decrease in the dry weight was observed. Sample dry weight/wet weight proportions were then used to determine the biomass for each of three groupings of woody material and leaves. In the development of regression equations, dry weight was expressed as a function of the d.b.h.²

tree height. In transformation of the estimates of the logarithmic equation back to arithmetic units, bias was corrected by adding half the sample variance to the intercept term (1).

Finally, an 0.4 ha plot in the 1963 plantation was measured in 1983. All topographic positions were included as the plot ranged from bottomland to ridge. Diameter and height of 151 mahogany trees were recorded to determine standing biomass via regression. Total standing volume was estimated by dividing biomass by 0.55 g/cm³, which is the specific gravity for the hybrid mahogany (16). The same regression equations and specific gravity were used to determine biomass and volume for the 1967 and 1974 plantings.

Results

Diameter and Height Growth

The mean diameter and mean height growth over the 18-year measurement period in the 1963 mahogany planting were 1.40 cm/yr and 1.0 m/yr, respectively (Figs. 3 and 4). Comparable mean diameter and mean height growth data in the 1967 plantation were 0.77 cm/yr and 0.7 m/yr, and in the 1974 plantings, 0.61 cm/yr and 0.7 m/yr, respectively (Figs. 3 and 4).

Diameter growth was influenced by topography (Fig. 3). In the 1963 plantings, diameters were significantly larger on bottomlands and lower concave slopes, and significantly smaller on ridges. Differences were not as pronounced in the 1967 plantings, where diameter on the ridges was significantly smaller than on at least one other topographic position.

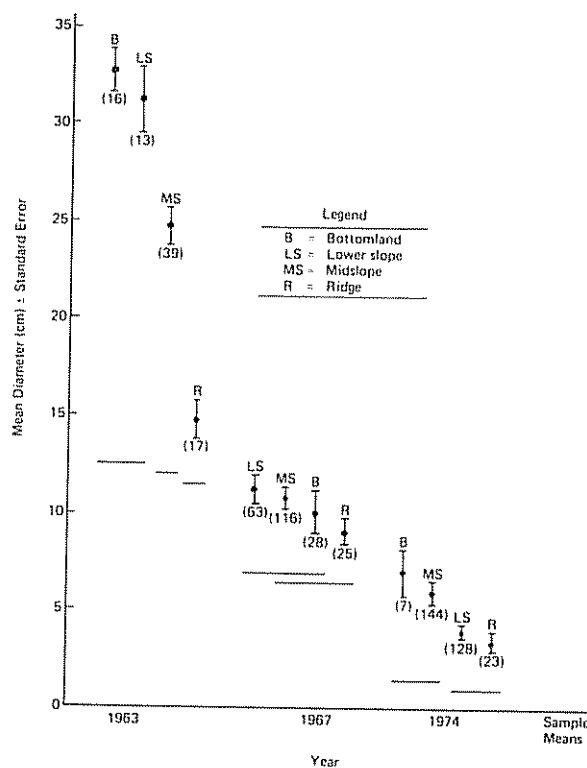


Fig. 3. Differences in mean diameter of surviving mahogany by topography for plantings established in 1963, 1967, and 1974. Topography is indicated above the standard error bars and the number of trees sampled is indicated below. Horizontal lines connect means that are not significantly different at the 95% level. Means without reference to topography are given on the right margin.

Height growth was also influenced by topography (Fig. 4). In the 1963 plantings, trees were significantly shorter on ridges than on other topographic positions. In the 1967 and 1974 plantings, trees were shortest on ridges, although the differences were not as pronounced.

The basal area around individual trees also influenced diameter and height growth in the 1974 planting (Figs. 5 and 6). Mean diameter growth and height growth were significantly more rapid in the 0-9.9 m²/ha basal area class, intermediate in the range of 10-19.9 m²/ha, and significantly slower in basal area classes > 20 m²/ha. In the 1967 planting, the same general trends were apparent, but the differences in most instances were not statistically significant.

Crown class was also significantly correlated with diameter growth (Fig. 7). In the 1963 plantings, dominants grew significantly faster than codominants, which, in turn, grew significantly faster than intermediate trees. In the 1967 planting, significantly different growth rates were found among all crown

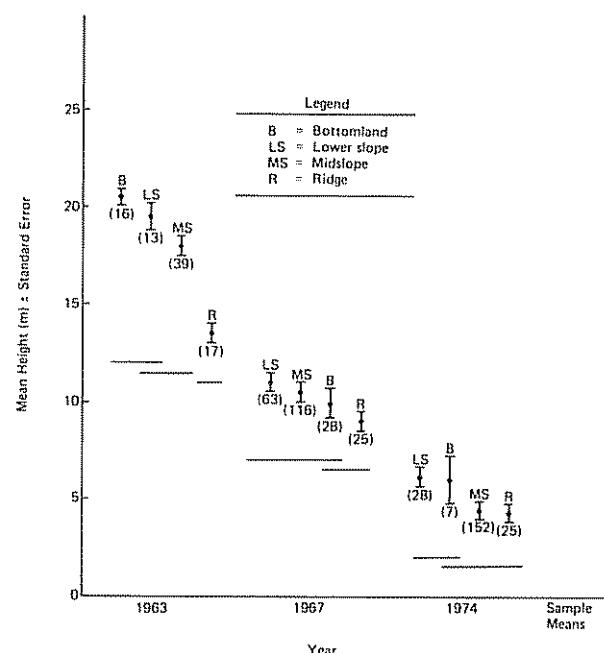


Fig. 4. Differences in mean height of surviving mahogany by topography for plantings established in 1963, 1967, and 1974. The topography is indicated above the standard error bars and the number of trees sampled is indicated below. Horizontal lines connect means that are not significantly different at the 95% level. Means without reference to topography are given on the right margin.

classes ranging from emergents through suppressed trees. In the 1974 planting, trees in the intermediate crown class grew significantly faster than those receiving lateral light, and these trees in turn grew significantly faster than suppressed ones.

Stand Development

Regressions of total aboveground woody biomass, leaf biomass, and total aboveground biomass yielded coefficient of determination (r^2) values of 0.95 or greater (Figs. 8, 9, and 10). Numbers of trees, basal area, biomass, and volume estimates for each compartment are given in Table 3.

Shoot Borer Damage

Shoot borer damage was greatest in the 1974 plantings, with an infestation rate of nearly 58% on the surviving trees (Table 4). The 1980 plantings showed nearly 18% of the trees affected by shoot borer, exceeding the 11% infestation rate suffered by the seedlings in the 1979 planting.

The percentage of trees affected by the shoot borer was not significantly correlated with crown class in the 1974, 1979, or 1980 plantings (see Table

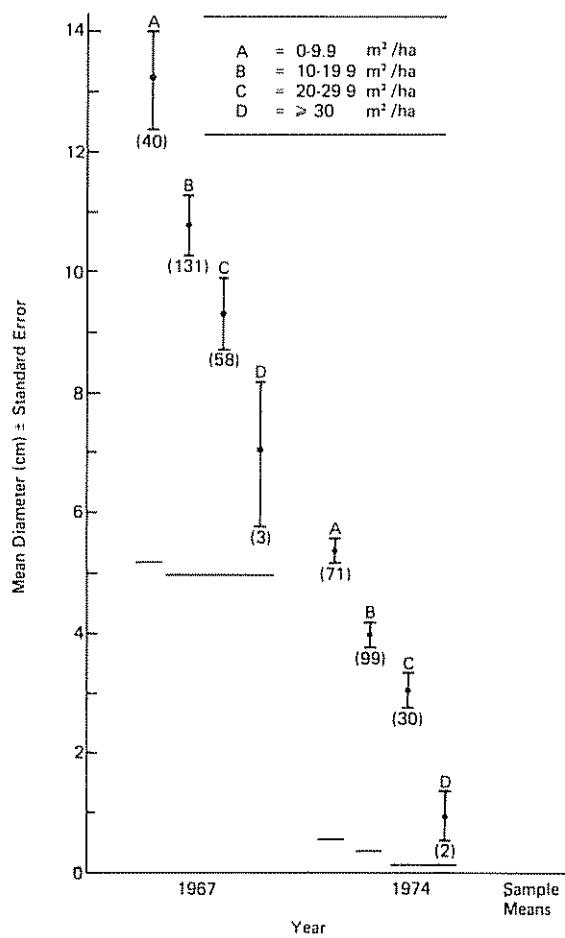


Fig. 5. Differences in mean diameter of surviving mahogany by basal area class of surrounding secondary forest for plantings established in 1967 and 1974. Letters above the standard error bars indicate the basal area classes and the number of trees in indicated below. Horizontal lines connect means that are not significantly different at the 95% level. Means without reference to basal area class are given on the right margin.

4. Footnote 1). A similar lack of significant differences was observed when the plantings were categorized in classes according to the basal area. When the shoot borer damage was categorized according to topographic position, no significant trends were observed in the 1979 or 1980 plantings. The 1974 planting, however, showed significantly less damage on ridges than on other types of topography.

Survival

Survival of trees and saplings ranged from 56% in the 1979 plantings to about 67% in the 1980 plantings (Table 5). Significant differences in survival were observed by crown class, with those crown classes receiving direct light, either overhead or lateral, surviving at a higher rate. Basal area of the surround-

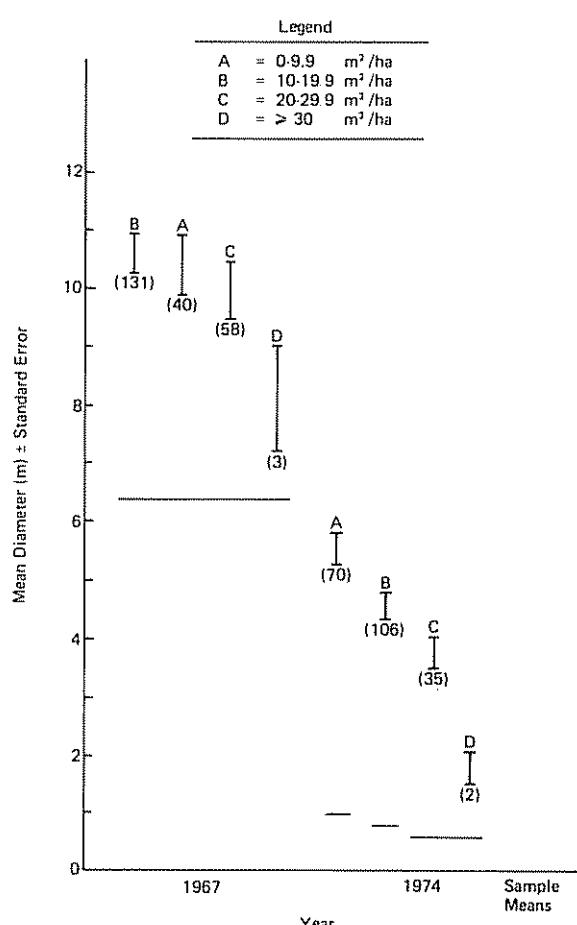


Fig. 6. Differences in mean height of surviving mahogany by basal area class of surrounding secondary forest for plantings established in 1967 and 1974. Letters above the standard error bars indicate the basal area classes and the number of trees in indicated below. Horizontal lines connect means that are not significantly different at the 95% level. Means without regard to basal area given on the right margin.

ing secondary forest also influenced survival in the 1974 and 1979 plantings, although the differences were not significant (Table 6). Survival was greatest for trees with the lowest surrounding basal areas.

Survival percentage of trees and saplings differed significantly according to topography in the 1974 plantings, with the lowest survival rates on ridge and bottomland sites (Table 7).

Discussion

Growth and Development

The occurrence of mahogany progeny intermediate in form between *S. macrophylla* and *S. maha-*

Table 3. Stem density, basal area, biomass, and volume estimates for hybrid mahogany established in 1963, 1967, and 1974 determined by regression equation.

| Estimate (units) | Compartment number | | | | | |
|---|--------------------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|--------------------|
| | 1963 ¹ | | 1967 | | 1974 | |
| | Standing trees | Mean annual growth | Standing trees | Mean annual growth | Standing trees | Mean annual growth |
| Density (trees/ha) | 373 | — | 265 | — | 204 | — |
| Basal area (m^2/ha ; $m^2/ha/yr$) | 28.2 | 1.41 | 2.9 | 0.21 | 0.4 | 0.06 |
| Total aboveground woody biomass (t/ha; t/ha/yr) ² | 160.7 | 8.0 | 12.6 | 0.90 | 1.2 | 0.16 |
| Leaf biomass (t/ha) ² | 9.0 | — | 1.0 | — | 0.1 | — |
| Total aboveground biomass (t/ha; t/ha/yr) ² | 170.7 | 8.5 | 13.7 | 0.98 | 1.2 | 0.17 |
| Total aboveground woody volume (m^3/ha ; $m^3/ha/yr$) | 292.2 | 14.6 | 22.9 | 1.64 | 2.2 | 0.31 |

1 Does not include trees thinned in 1975 or previous years.

2 Dry weight biomass.

Table 4. Percent of shoot borer damage to surviving trees in line plantings established in 1974 and 1980¹.

| Compartment number | Percent damaged | Number measured |
|--------------------|-------------------|-----------------|
| 1974 | 57.5 ² | 214 |
| 1979 | 11.2 | 672 |
| 1980 | 17.7 | 643 |

1 For each year, Chi-square was used to compare shoot borer attack by crown class (intermediate vs. lateral light vs. suppressed), basal area class (0-9.9 vs. 10-19.9 vs. 20-29.9 vs. $> 30 m^2/ha$) and topographic position (ridge vs. straight slope vs. concave slope vs. bottomland). Except for topographic comparisons in 1974, none of the differences was significant.

2 Comparison of shoot borer attack by topographic positions showed significant differences at the 95% level; ridge 52.0% (25 trees), straight slope 56.5% (154 trees), concave slope 64.3% (28 trees) and bottomland 71.4% (7 trees).

goni is common when parent trees are in close proximity. Preliminary observations of the intermediate variety indicate that it has both the vigorous growth of *S. macrophylla* and the desirable wood characteristics of *S. mahagoni* (13, 15). These features, together with ready availability of seed locally, have resulted in its use for line-planting in Puerto Rico since the program's inception.

The mean diameter growth of 1.4 cm/yr and mean height growth of 1.0 m/yr for the hybrid (Figs. 3 and 4) are rapid and confirm earlier growth observations for *S. macrophylla* in the Luquillo Forest. Plantings of the latter made in 1932 averaged 1.3 cm/yr in diameter growth during the first 27 years (26).

More rapid diameter growth on lower slopes and bottomlands compared with other topographic positions also substantiates earlier studies for *S. macrophylla* in Luquillo (18). Deeper soils probably account of these differences (3). Elsewhere on the island, *S. macrophylla* grew well in the sink-holes of the limestone hills and in the narrow river valleys and concave slopes on serpentine soils in Maricao Forest, but was not adapted to areas with degraded

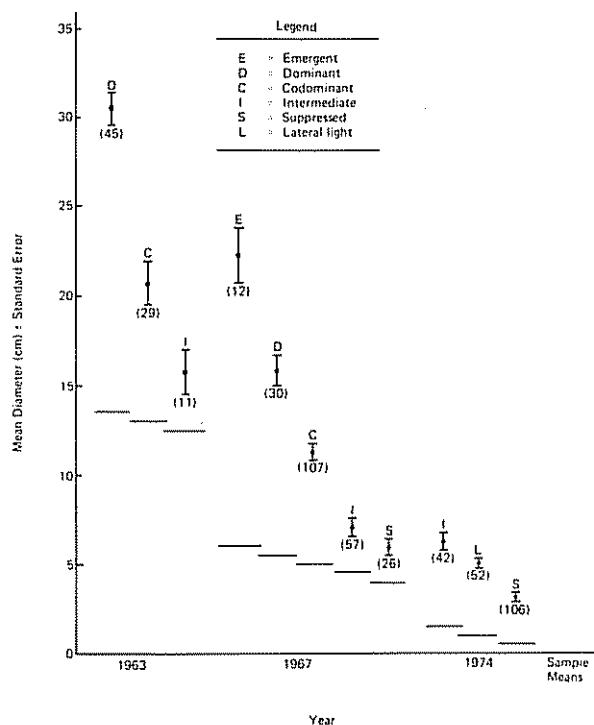


Fig. 7. Differences in mean diameter of surviving mahogany by crown class for plantings established in 1963, 1967, and 1974. Letters above the standard error bars indicate the crown classes and the number of trees in indicated below. Horizontal lines connect means that are not significantly different at the 95% level. Means without regard to crown class are given on the right margin.

soils (19). The entire complex of edaphic factors associated with topography appears to be a good indicator of growth potential for mahogany.

In contrast, *S. mahagoni* was found unsatisfactory for high rainfall areas of the Luquillo Forest or the Cordillera Central (18). In Luquillo, only a few good trees were found on ridges where growth was better than on other topographic positions. Elsewhere on the island, *S. mahagoni* grew satisfactorily on slopes in karst topography, narrow river valleys and concave slopes on serpentine soils in Susua and Maricao Forests, and on the sandy coastal soils in Guanica and Mona Island (19). In subtropical moist forest at Guajataca, a plantation of *S. mahagoni* had a basal area of $18.6 \text{ m}^2/\text{ha}$ and average diameter increment of $0.9 \text{ cm}/\text{yr}$ after 15 years (25).

Greater mean diameter and mean height associated with lower surrounding basal areas (Figs. 5 and 6) and greater exposure to light (Fig. 7) demonstrate the effect of competing vegetation on mahogany growth. Mortality and stunted growth beneath *Syzygium jambos*, a non-native tree, was particularly noticeable in the field. This species has a dense crown and completely shades the understory. One of the necessary conditions and technical guidelines regarding the establishment and tending of line-plantings (14) is that, for most rapid growth, there must be no upper canopy, but instead only poisoned large trees or low secondary forest in the line-planted areas. The

Table 5. Percent survival of mahogany trees and saplings by crown class for line plantings established in 1974, 1979, and 1980.

| Compartment number | Crown classes | | | | | | | |
|--------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|-------------------|
| | Intermediate | | Lateral light | | Suppressed | | Totals | |
| | No. of sites ¹ | Percent survival |
| 1974 | 68 | 60.3 | 72 | 73.6 | 227 | 52.4 | 367 | 58.3 ³ |
| 1979 | 145 | 75.2 | 156 | 69.9 | 897 | 50.5 | 1198 | 56.1 ³ |
| 1980 | 320 | 75.0 | — | 2 | 637 | 63.4 | 957 | 67.4 ³ |

1 Number refers to total planting sites where observations were made. Percent survival refers to number of sites where living trees were found.

2 For the 1980 measurements, only intermediate and suppressed crown classes were used to classify the seedlings.

3 Chi-square values are significant at the 95% level: for 1974, 7.0; for 1979, 16.8; and for 1980, 4.1.

Table 6. Percent survival of mahogany trees and saplings according to surrounding basal area classes for line plantings established in 1974, 1979, and 1980.

| Compartment number | Basal area classes (m^2/ha) | | | | | | | | | Totals |
|--------------------|---------------------------------|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|------------------|
| | 0-9.9 | | 10-19.9 | | 20-29.9 | | ≥ 30 | | | |
| | No. of sites ¹ | Percent survival | No. of sites ¹ | Percent survival | No. of sites ¹ | Percent survival | No. of sites ¹ | Percent survival | No. of sites ¹ | Percent survival |
| 1974 | 105 | 66.7 | 171 | 61.4 | 85 | 41.2 | 6 | 33.3 | 367 | 57.8 |
| 1979 | 34 | 67.6 | 421 | 59.1 | 624 | 55.1 | 119 | 46.2 | 1198 | 56.0 |
| 1980 | 46 ² | 58.7 | 321 | 69.5 | 496 | 66.9 | 94 | 67.0 | 957 | 67.4 |

1 Number refers to total planting sites where observations were made. Percent survival refers to number of sites where living trees were found.

2 Nine of these trees were located on a landslide overgrown by ferns. If these nine observations are eliminated, survival in this basal area class increases to about 73%.

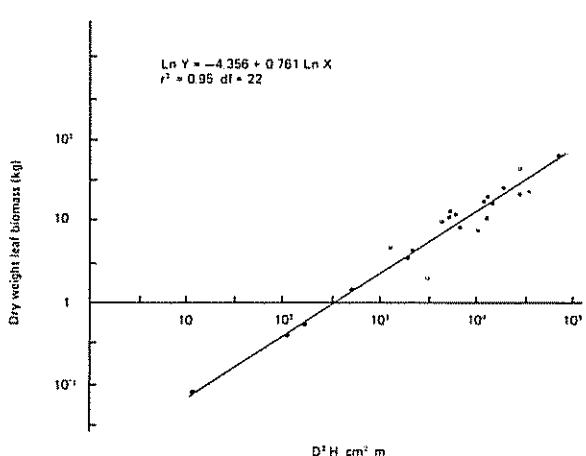


Fig. 8. Regression equation for leaf biomass. The ovendry weight is expressed as an allometric function of tree diameter and height.

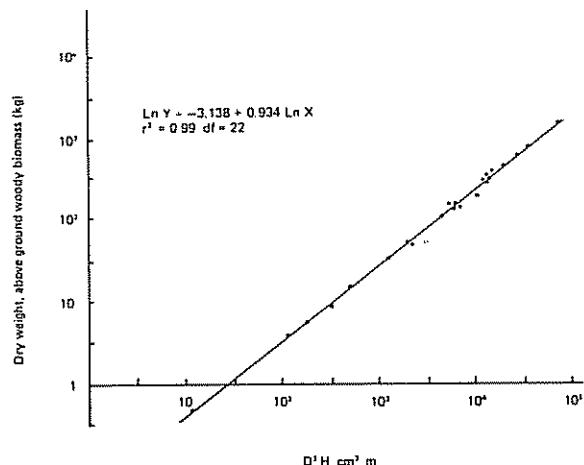


Fig. 9. Regression equation for aboveground woody biomass. The ovendry weight is expressed as an allometric function of tree diameter and height.

favorable survival and growth of the 1963 plantings were due to adequate weed control and early, repeated thinnings.

Twenty-five percent of the trees in the 1974 planting and 62% in both the 1979 and 1980 plantings are surrounded by basal areas $> 20 m^2/ha$ (Table 6 — add trees below respective basal area classes and divide by total trees). Moreover, from 62% to 75% of the trees in the same plantings are in the suppressed crown class (Table 5 — add trees below suppressed crown class and divide by total trees). For best growth,

release from competing vegetation is required in these plantations.

Total aboveground standing volumes and volume increments for the different compartments in the Luquillo Forest showed considerable variation (Table 3). The 1963 data compare favorably with those for *S. macrophylla* on 16 sites in 5 countries of Central America and the Caribbean (6). Standing volumes on four 8 to 10 year-old sites averaged $70 m^3/ha$ with a mean annual increment (MAI) of $7.7 m^3/ha/yr$. On 10 sites 11 to 20 years old, average

Table 7. Percent survival of mahogany trees and saplings by topographic position in line plantings established in 1974, 1979, and 1980.

| Compartment number | Topographic position | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|-------------------|
| | Ridge | | Midslope | | Concave Slope | | Bottomland | | Totals | |
| | No. of sites ¹ | Percent survival |
| 1974 | 73 | 34.2 | 231 | 65.3 | 46 | 60.9 | 17 | 41.2 | 367 | 57.7 ² |
| 1979 | 272 | 54.4 | 738 | 55.5 | 161 | 62.1 | 27 | 55.6 | 1198 | 56.2 |
| 1980 | 104 | 72.1 | 800 | 66.9 | 49 | 65.3 | 4 | 75.0 | 957 | 67.4 |

1 Number refers to total planting sites where observations were made. Percent survival refers to number of sites where living trees were found

2 The Chi-square value, 10.1, was significant at the 95% level.

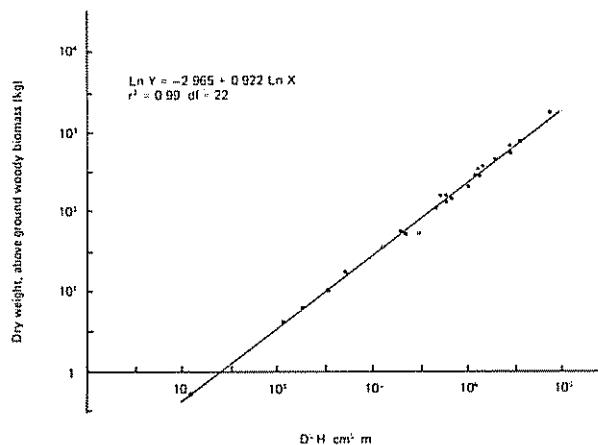


Fig. 10 Regression equation for total aboveground biomass. The oven-dry weight is expressed as an allometric function of tree diameter and height.

standing volume was 125 m³/ha with an MAI of 88.6 m³/ha/yr. On three sites ranging in age from 21 to 32 years, average standing volume was 234 m³/ha with an MAI of 8.4 m³/ha/yr. Considerable variation among the sites was apparent, with growth rates ranging from 3.1 m³/ha/yr during 17 years to 21.0 m³/ha/yr during 16 years.

The 1967 and 1974 compartments, however, were noticeably lower in standing volumes and growth rates, differences that may be attributable, in part, to varying initial planting densities, silvicultural techniques, and planting sites (Table 1). The portions of

the 1963 compartment measured in this study were located on variable topography and had been properly tended during the early years, assuring a high survival rate. In contrast, survival rates in the 1967 planting were a little over 70%, and those in the 1974 planting only about 60%. Many of the 1974 trees were surrounded by high basal areas (Table 6) and were in the suppressed crown class (Table 5). All of these factors contribute to slower growth.

Shoot Borer Damage

The mahogany shoot borer, *Hypsipyla grandella*, generally lays its eggs on young shoots at the base of leaf petioles whence the larvae bore immediately into stem tissues and hollow out the shoots. The cycle lasts from 1 to 2 1/2 months, beginning the rainy season, with a minimum of two generations per year (5). The net effect is considerable retardation of stem growth and possible shoot deformities. From 1935 to 1943, an estimated one million *Cedrela* and *Swietenia* were damaged in Puerto Rico (5).

More extensive shoot borer damage in the 1980 plantings in comparison with the 1979 plantings was contrary to expectations. Normally, greater damage would be found in those seedlings exposed to attack for a longer period. Other factors being equal, cyclic variations of borer outbreak could account for this difference. Such variations might be contingent upon available food supply or density-dependent factors like shoot borer parasites (20). It is also possible that some of the 1980 seedlings were infested when planted.

The lack of correlation between shoot borer damage and environmental factors such as seedling crown class, basal area surrounding the seedling, and topographic position is not surprising (Table 4). Other authors have stated explicitly that shoot borer damage "is complete and widespread regardless of whether mahogany trees are located in the open or in heavy shade" (7) and that shade trees "were not very successful (in reducing shoot borer attack) if the mahogany was planted in pure lines" (21).

The apparent decrease in shoot borer attack on ridge sites in comparison with other topographic positions in the 1974 plantings (Table 4) may be explained by higher winds or possibly higher local "relief" of ridge trees within the forest. Wind speed is important in determining where moths fly after release (12). Slightly higher winds on ridges may help in dispersing the moths to better protected slopes and bottomlands. Several observations of infestation related to height above ground have shown that the moths are less likely to deposit eggs on trees taller than 6 to 10 m (8, 20). With pronounced topographic variation, moths might low a preference for lower sites. Another possible explanation is that the infestation rate is the same regardless of topography, but that tree survival on ridge sites is lower after infestation (Table 7).

Probably the best control method for the shoot borer is distant spacing within the secondary forest. As observed by Holdridge (11), mahogany and other Meliaceae seedlings like *Carapa* and *Cedrela* often grow up in thickets, providing a niche for the borer. Mahogany in plantations or dense line-plantings, then, presents ideal conditions for maintaining large borer populations. Over time, infestation rates may approach 60% or more as observed in the 1974 plantings (Table 4). Mixed plantations or imitated natural conditions for mahogany have been suggested as alternatives (10, 11, 17). Indeed, planting of Meliaceae alternately with other species in line plantings in Africa has provided some degree of shoot borer control (21). Open-grown *S. macrophylla*, near Santarem, Brazil, were heavily infested with shoot borer, whereas nearby mixed line-plantings had not a single incidence of infestation. Naturally occurring *S. macrophylla* may be as sparse as one tree/ha. These trees are economical to harvest because of their high value. Spacing mahogany at 11 x 15 m and interplanting with other commercial species in lines could yield about 60 trees/ha along with other commercial wood and might alleviate the shoot borer problem considerably.

Survival

Seedling survival is best when direct overhead or lateral light is available, and the surrounding basal

area is less than 20 m²/ha (Tables 5 and 6). The effects of basal area are particularly noticeable in the 1974 planting (Table 6). It appears that mortality in heavy shade occurs within a couple of years after outplanting.

S. macrophylla seedlings are extremely intolerant of strong light in the first few months (23), and young trees are intolerant of shade (15). Experience has shown that planting *S. macrophylla* under a shelterwood gives good results, but that the stand has to be opened rapidly for best growth (9).

In earlier mahogany plantings in Puerto Rico, seedlings between 0.3 and 2 m in height showed little difference in survival rate. However, it was felt that larger stock should be favored because it was less costly to weed and tend (9). Early growth of the transplants was not dependent upon seedling size, but rather on site and the amount of tending. Eroded soils and those continuously farmed in annual crops were less suitable than those maintained with ground cover, probably due to greater amounts of organic matter, better soil moisture retention, and favorable soil texture, all of which are associated with ground cover (9).

Silvicultural and Management Recommendations

Silvicultural Techniques

All of the autoecological information related to mahogany points to line-planting as the ideal method for its establishment. The problem of poor growth on eroded soils is averted because organic matter and soil texture are improved by the surrounding secondary forest. The presence of surrounding shade helps to control weeds around the planted seedlings and probably assists the tree in the development of a single main shoot, even if infested by shoot borers. Widely spaced line-plantings simulate the conditions in which mahogany successfully regenerates in the natural forest. Small gaps created by the death of larger stems, simulated by poisoning of overhead shade, provide the light and soil conditions required for successful growth and development.

Shoot borer problems are enhanced in plantations of mahogany. Two main silvicultural strategies are available to reduce problems of low branching and retarded growth associated with infestations: densely plant an area with mahogany and select the best stems, or intersperse the mahogany with other fast-growing commercial species, making it more difficult for the shoot borer to locate the mahogany. The first alternative probably leads to an increase in the insect's population. Because infested trees may be

adjacent to each other in the lines, selection involves not only release of stems with good form but also some poorly-formed trees. The second alternative reduces shoot borer infestation, but is not without problems. Growth rates and spacing requirements vary among timber species and may result in competition that favors one species over another. Differential growth rates and mixed species composition may also present problems at harvest time.

Chemical control of the shoot borer is most easily accomplished in the nursery phase, and keeping the seedlings there until they have reached one meter in height would not only reduce weeding costs after outplanting, but also could reduce the time available for shoot borer infestation since the insect is most active on stems less than 6-10 m tall.

Management Strategies

In Puerto Rico, line-planting methods could be improved. In the nursery phase, the shoot borer has not been adequately controlled. Often, seedlings are grown without proper shade and are outplanted when about 0.3 m tall. Tending after planting has not followed established guidelines (14). Many of the seedlings and saplings are shaded by the surrounding overstory, precluding rapid growth. Many stands appear to need thinning for most rapid development. Based on personal observations and the literature, the following management strategies for mahogany are recommended for Puerto Rico:

Nursery

- 1) control shoot borer infestation chemically;
- 2) provide seedlings with appropriate shade.

Outplanting and tending

- 1) orient planting lines from east to west within the forest to maximize sunlight; at the time of line-clearing, poison all large overstory trees shading the lines;
- 2) fit the seedlings when about one meter tall, using the larger size classes on lower slopes and bottomlands;
- 3) cut all *Syzygium jambos* trees, poison the stumps and cut back all sprouts, or do not plant beneath this species;
- 4) space lines 11 m apart, and space trees within the lines about 2.5 m apart;

- 5) follow established line-planting guidelines with modifications based on results (14);
- 6) within one year of outplanting, reduce all surrounding basal area to under 15 m²/ha;
- 7) experiment with mixed line-planting of mahogany with other timber species that have similar growth rates; subsequent thinnings within the lines should favor mahogany;
- 8) continue studies of the nursery phase, outplanting and tending, to better formulate rules for mahogany management in the Luquillo Mountains and elsewhere on the island.

Conclusions

The fast initial growth rates, utility, and market value of mahogany make it a desirable tree for many areas of Puerto Rico. Line-planted mahogany may be used to enrich secondary forests with poor species composition. An active reforestation and timber management program could provide local employment and improve the island's future balance of payments through import substitution (27).

Summary

Plantings initiated in 1963 on 1 275 ha of subtropical wet forest in the Luquillo Mountains using a hybrid of *Swietenia macrophylla* and *S. mahagoni* yielded the following data after 20 years: stem density, 373 trees/ha; basal area, 28.2 m²/ha; total aboveground dry-weight woody biomass, 160.7 t/ha; total dry-weight leaf biomass, 9.0 t/ha; total aboveground dry-weight biomass, 170.7 t/ha; and total aboveground woody volume, 292.2 m³/ha. These data correspond to growth rates of 1.4 m²/ha/yr in basal area, 8.0 t/ha/yr in total aboveground woody biomass, 8.5 t/ha/yr in total aboveground biomass, and 14.6 m³/ha/yr in total aboveground woody volume. Previous measurements made along topographic features after 18 years in the same compartment disclosed a mean diameter growth of 1.4 cm/yr and a mean height growth of 1 m/yr with significant differences by topography and crown class. Measurements taken in compartments that were planted in 1967 and 1974 also showed significant growth differences by crown class and topography, but with less pronounced trends. Moreover, growth declined as basal area around individual stems increased in these compartments. Shoot borer damage was found on 58, 11, and 18% of the trees in the compartments planted in 1974, 1979, and 1980, respectively. Differences by topography were significant only in the 1974 plant-

ings. No significant differences in shoot borer damage by crown class or basal area class were evident in the compartments planted in 1974, 1979, and 1980. Percent survival of trees and saplings was lower in the suppressed crown class than for trees receiving light in all three compartments. Percent survival was also lower in the compartments planted in 1974 and 1979 when basal area increased, and on ridge and bottomland sites in the 1974 plantings, although this trend was not apparent in the younger plantings. Improved planting practices for mahogany are suggested.

Literature cited

1. BASKERVILLE, G.L. 1970. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. *Forestry Chronicle* 46:49-53.
2. CROW, T.R.; WEAVER, P.L. 1977. Tree growth in a moist tropical forest of Puerto Rico. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Research Paper ITF-22. Institute of Tropical Forestry, Rio Piedras, Puerto Rico. 17 p.
3. EWEL, J.J. 1963. Height growth of bigleaf mahogany. *Caribbean Forester* 24(1):34-35.
4. EWEL, J.J.; WHITMORE, J.L. 1973. The ecological life zones of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Research Paper ITF-18. Institute of Tropical Forestry, Rio Piedras, Puerto Rico. 72 p.
5. FAO STAFF. 1958. Shootborers of the Meliaceae. *Unasylva* 12(1):30-31.
6. GONZALEZ, R.M. 1970. The yield of forest plantations in the tropics. *Anales Científicos, Departamento de Publicaciones de la Universidad Nacional Agraria, La Molina* 8(1-2):109-121.
7. GRIJPMA, P. 1974. Introduction. In Contributions to an integrated control programme of *Hypsipyla grandella* (Zeller) in Costa Rica. Ed. by P. Grijpma. Landbouwhogeschool te Wageningen, Netherlands. p. 1-24.
8. GRIJPMA, P.; GARA, R.I. 1970. Studies on the shoot borer *Hypsipyla grandella* (Zeller). I. Host selection behavior. In Studies on the shoot borer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Ed. by P. Grijpma. Volume I, IICA Miscellaneous Publication No. 101, CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 26-33.
9. HOLDRIDGE, L.R.; MARRERO, J. 1940. Preliminary notes on the silviculture of the bigleaf mahogany. *Caribbean Forester* 2(1):20-23.
10. HOLDRIDGE, L.R. 1943. Comments on the silviculture of *Cedrela*. *Caribbean Forester* 4(2):77-80.
11. HOLDRIDGE, L.R. 1976. Ecología de las Meliaceas Latinoamericanas. In Studies on the shoot borer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Ed. by J.L. Whitmore. Volume III, IICA Miscellaneous Publication No. 101. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 7 p.
12. HOLSTEN, E.H.; GARA, R.I. 1976. Flight of the mahogany shoot borer, *Hypsipyla grandella*. In Studies on the shoot borer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Ed. by J.L. Whitmore. Volume II, IICA Miscellaneous Publication No. 101. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 128-129.
13. LAMB, A.F.A. 1960. An approach to mahogany tree improvement. *Caribbean Forester* 21(1-2):12-20.
14. LAMB, A.F.A. 1968. Artificial regeneration within the humid lowland tropical forest. *Unasylva* 22(4):7-15.
15. LAMB, F.B. 1966. Mahogany of tropical America: its ecology and management. The University of Michigan Press, Ann Arbor, MI. 220 p.
16. MALDONADO, E.D.; BOONE, R.S. 1968. Shaping and planning characteristics of plantation-grown mahogany and teak. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Research Paper ITF-7. Institute of Tropical Forestry, Rio Piedras, P.R. 22 p.
17. MARRERO, J. 1941. Study of grades of broadleaf mahogany stock. *Caribbean Forester* 3(2):79-88.
18. MARRERO, J. 1948. Repoblación forestal en el Bosque Nacional del Caribe de Puerto Rico — experiencias en el pasado como guía para el futuro. *Caribbean Forester* 9:148-213.
19. MARRERO, J. 1950. Results of forest planting in the insular forests of Puerto Rico. *Caribbean Forester* 11(1):107-147.

20. RAMIREZ-SANCHEZ, J. 1976. Comments on the population dynamics of *Hypsipyla grandella* (Zeller). In Studies on the shoot borer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep Pyralidae Ed. by J.L. Whitmore. Volume III, IICA Miscellaneous Publication No. 101. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 57-59.
21. ROBERTS, H. 1968. An outline of the biology of *Hypsipyla robusta* Moore, the shoot borer of the Meliaceae (mahoganies) of Nigeria, together with brief comments on two stem borers and one other Lepidopteran fruit borer also found in Nigerian Meliaceae. The Commonwealth Forestry Review 47(3):225-232.
22. STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. 1960. Principles and procedures of statistics with special references to the biological sciences McGraw-Hill Inc New York. 481 p.
23. STEVENSON, N.S. 1927. Silvicultural treatment of mahogany forests in British Honduras. Empire Forestry Journal 6(2):219-227.
24. SYNNOTT, T.J.; KEMP, R.H. 1976. The relative merits of natural regeneration, enrichment planting, and conversion planting in tropical moist forests, including agrosilvicultural techniques. Committee on Forest Development in the Tropics. FAO/FDT/76/7(a). Rome, Italy. 12 p.
25. TROPICAL FOREST EXPERIMENT STATION. 1952. Twelfth Annual Report. Caribbean Forester 13(1):1-21.
26. TROPICAL FOREST RESEARCH CENTER. 1959. 1958 Annual Report. Caribbean Forester 20(1-2):1-10.
27. WADSWORTH, F.H. 1971. Import substitution: forestry. Industrial Puerto Rico 8(4):22-25, 54-55.

Notas y comentarios

Incendios forestales prehistóricos

Una caída promedio de lluvia de 3 530 milímetros por año no es suficiente para prevenir incendios en una selva tropical húmeda. Esta es la conclusión de un trabajo hecho por un equipo de científicos de cinco organizaciones de investigación de los Estados Unidos y Venezuela (Science, vol. 227, p. 53).

El equipo se internó en la selva lluviosa de Venezuela, en la cuenca amazónica. Allí, los investigadores colectaron 96 muestras de suelos en 11 lugares espaciados en una área grande. Hicieron sondajes de suelos hasta una profundidad de un metro. Encontraron

carbón de palo en 63 de las muestras. El siguiente paso fue determinar la edad del carbón de palo. El datado por radiocarbón mostró que el carbono contenido fue producido entre 250 ± 50 y $6\ 260 \pm 110$ años antes del momento del análisis.

Los incendios forestales podrían haberse producido por personas; había ciertamente signos de habitación humana en la región. Sin embargo, los pedazos de cerámica encontrados probaron tener una edad hasta de 3 750 años. Así, los incendios más antiguos pueden haber ocurrido antes de la presencia humana en la región. Como señalan los investigadores, "No se puede ahora suponer que las selvas lluviosas bajas de los trópicos han estado libres de perturbación por el fuego... La ecología de las selvas lluviosas tropicales debe ahora ser considerada tanto en contexto antiguo como contemporáneo". A.G.

DEFICIENCIAS NUTRICIONALES DEL PAPAYO (*Carica papaya* L.) EN LA SELVA CENTRAL DEL PERU¹/

H. VILLACHICA*
K. RAVEN**

Summary

Between 1980 and 1983, a study was carried out at the experimental farms of La Genova (San Ramon) and Santa Teresa (Satipo), both of the Selva Institute of the Universidad Nacional Agraria La Molina, to evaluate the effect of several rates of lime and fertilizers in six papaya crops. The Entisol at La Genova had a pH of 6.0 and high base saturation, while the Ultisol at Santa Teresa had a pH of 4.7 and low base saturation. K, Ca and B deficiency, as well as Al toxicity symptoms, were encountered. Nutrient content in normal and deficient leaves is also presented.

Liming requirements of papaya should consider both exchangeable Al and Ca. Liming rates based on exchangeable Al should be multiplied by a factor of three or four. Highest papaya yields were obtained in soils with a pH of 6.4 or higher, and more than 8.0 meq of exchangeable Ca/100 g of soil. Calcium and B deficiencies alter plant growth, producing distinctive symptoms. Boron deficiencies produce frog leg-shaped leaves and lumpy fruits. Critical levels for Ca and B in the leaf blades are proposed as 1.5% and 17 ppm, respectively.

Introducción

El cultivo del papayo en el Perú está concentrado en la región de la Selva Central, especialmente en los valles de Chanchamayo, Perene y Satipo. La producción de papaya de estos valles está dirigida principalmente al mercado de Lima y en menor escala al de la Sierra.

1 Recibido para publicación el 5 de diciembre de 1985.

Los autores desean expresar su agradecimiento a los Ings. Héctor Quillatupac, Pablo García y Pedro Carrasco, por su valiosa ayuda en la conducción de los cultivos. Al Ing. Eduardo Pando de la calera Bunyac, por su colaboración en suministrar la roca caliza molida empleada en el estudio. Al Sr. Víctor Villachica G., por haber enseñado al primer autor la técnica del cultivo del papayo.

* Profesor Principal del Departamento de Suelos y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Actualmente Visiting Associate Professor of Soil Science, North Carolina State University, Raleigh, N.C.

** Profesor Principal del Departamento de Entomología de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

En el valle de Chanchamayo, el papayo se sembró tradicionalmente en áreas menores de una hectárea hasta 1957-58. A partir de esa fecha, se empezaron las plantaciones de dos o tres hectáreas, para que en la década de 1960 hubiera agricultores que sembraban hasta 10 ha, alcanzando el cultivo su apogeo entre 1965 y 1974. Durante estos años existieron problemas agronómicos que limitaron el rendimiento del cultivo, pero se presentaron en casos aislados y en situaciones específicas. A partir de 1977-78, los problemas agronómicos se volvieron más graves, limitando fuertemente los rendimientos y en muchos casos destruyendo las plantaciones antes de poder cosechar los frutos. Esto causó fuertes pérdidas a los agricultores y los desanimó de seguir sembrando esta especie. Consecuencia de ello es que en 1984 se sembraron sólo 3 063 ha en la Selva, en comparación a las 3 005 que se sembraron durante 1979.

Es reconocida la importancia del aluminio como elemento limitante en los suelos ácidos de la selva peruana, recomendándose su neutralización con aplicaciones de cal en cantidades equivalentes a 1.0 – 1.5 veces el contenido de Al cambiante en el suelo (12,

14) Sin embargo, observaciones de campo indican que este criterio no funciona adecuadamente en la papaya.

Este trabajo analiza el problema desde el punto de vista de la nutrición mineral de la planta, identificando algunas deficiencias nutricionales y proponiendo medidas para su prevención y corrección en plantaciones comerciales.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en las plantaciones de papayo sembradas en fundos del Instituto Regional de Desarrollo de la Selva, de la Universidad Nacional Agraria La Molina, los cuales están en San Ramón (Fundación La Génova) y Satipo (Fundación Santa Teresa).

De acuerdo con los datos del Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología, el clima para los años 1979 a 1982 presentó las siguientes características promedio: precipitación pluvial anual de 1 970 mm en San Ramón y 1 640 mm en Satipo, con 85% de las lluvias entre los meses de setiembre a mayo, todos ellos con más de 100 mm/mes. Las temperaturas mensuales estuvieron en el rango de 33 a 34°C para la máxima, 14 a 16°C para la mínima y 24 a 25°C para la media. Las temperaturas más bajas se registran en julio y agosto.

Los suelos de Chanchamayo y Satipo presentan características muy variables, en el rango entre fuerte-

mente ácidos (pH 4.6), con baja fertilidad a alcalinos (pH 7.5), con alta fertilidad. En el Cuadro 1 se presentan las características representativas de los suelos usados en el estudio, tanto en el fundo La Génova como en el fundo Santa Teresa. En este cuadro se observa que el suelo de La Génova (*Troporthent*) es de textura franco arenosa, pH ligeramente ácido con contenidos medios de materia orgánica, fósforo y potasio disponible, altos en calcio, magnesio y potasio cambiable, con alta saturación de bases y sin problema de saturación con aluminio. El suelo de Santa Teresa (*Hapludul*) tiene textura franco arcillo arenosa, pH fuertemente ácido, bajo contenido en materia orgánica, P disponible y Ca y Mg cambiable y 37% de saturación con Al. El K cambiable es mayor que 0.3 meq por 100 g, considerado como adecuado para estos suelos (11).

Para el cultivo de papayo se sembraron cinco semillas del cultivar Pauna, en bolsas plásticas, para luego de 30 días transplantarlas a campo definitivo. Una vez observado el prendimiento de las plantas en el campo definitivo, generalmente 45 días después del transplante, se seleccionaron dos de las mejores de cada grupo, eliminando el resto. Tres meses después, al momento de la diferenciación floral, se volvía a seleccionar para dejar una planta por mata, preferentemente las hermafroditas. El distanciamiento usado fue de 2.0 m x 2.5 m, intercalado entre la plantación paralela de naranjos de un año a 6 m x 7 m, dando una densidad de alrededor de 1 900 plantas/ha. Las siembras en almácigo se realizaron mensualmente a

Cuadro 1. Principales características de los suelos (0-30 cm) en los fundos La Génova y Santa Teresa del IRD Selva.

| Características | La Génova (<i>Troporthent</i>) | Santa Teresa (<i>Hapludult</i>) |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|
| Textura (Bouyoucos) | | |
| Arena: % | 65 | 58 |
| Limo: % | 24 | 22 |
| Arcilla: % | 11 | 20 |
| Conduct Elect (Extre Sat) mmhos/cm | 0.4 | 0.6 |
| CaCO ₃ : % | 0.0 | 0.0 |
| pH (1:1 en agua) | 6.0 | 4.7 |
| Mat Org. (Walkley y Black): % | 3.6 | 2.3 |
| N total (Kjeldahl): % | 0.16 | 0.10 |
| P disp. (Olsen): ppm | 8 | 4 |
| K ₂ O disp (Na OAc 1N pH 4.8): kg/ha | 330 | 272 |
| CIC (NH ₄ OA _c 1N pH 7.0): meq/100 g | 16.60 | 7.00 |
| Ca ²⁺ (EDTA): meq/100 g | 11.04 | 0.80 |
| Mg ²⁺ (amarillo tiazol): meq/100 g | 0.82 | 0.19 |
| K ⁺ (Fotometro de llama): meq/100 g | 0.30 | 0.38 |
| Na ⁺ (Fotometro de llama): meq/100 g | 0.10 | 0.06 |
| Al ³⁺ (KCl 1N): meq/100 g | 0.00 | 0.84 |
| Saturación con Al: % | 0.00 | 37.0 |

principios de octubre, noviembre y diciembre en 1979, 1980, 1981 y 1982 en La Génova y en 1981 y 1982 en Santa Teresa. La cosecha empezó aproximadamente a los 11 meses después del transplante.

El almacigado se realizó utilizando suelos con pH 6.0, el cual fue mezclado previamente con 2 kg de cal y 500 g de c/u: urea, superfosfato triple y sulfato de K y Mg, por cada m³ de tierra. Los suelos de los campos sembrados fueron encalados con 2 a 3 t de roca caliza (36% Ca) por ha en La Génova y con 4 a 8 t/ha en Santa Teresa. La cantidad de cal varió en función al pH y al Ca cambiable del suelo en La Génova y al Al cambiable en Santa Teresa. Adicionalmente en las plantaciones de Santa Teresa se aplicó 250 g de hidróxido de calcio (40% Ca) por planta a los 6, 12 y 16 meses del transplante. La dosis de fertilización promedio con N - P₂O₅ - K₂MgO, en kg/ha, fue de 180-160-180-30 durante el primer año de cultivo y de 240-160-250-45 para el segundo año. Las siembras efectuadas desde 1980 en adelante recibieron 2 kg de Zn/ha (Sulfato de Zinc con 30% Zn) y 3 kg de B/ha (Borax con 11%, B). Durante 1982 y 1983 la dosis de B se aumentó a 4 kg/ha/año. Las fuentes de macronutrientos fueron: urea, superfosfato triple de calcio, sulfato de potasio y magnesio y cloruro de potasio.

Para todos los cultivos se realizaron aplicaciones foliares de urea al 0.5 y 1.0%, de borax al 2 por mil, de sulfato de zinc al 2 por mil y de fertilizantes comerciales conteniendo micronutrientos, ejemplo Fertilón Combi al 2 por mil. Estas aspersiones fueron realizadas cada 15 días combinándose la urea al 1% con el borax y el sulfato de zinc en una oportunidad y la urea al 0.5% con el fertilizante comercial en la siguiente aplicación. Las aplicaciones de sulfato de zinc fueron neutralizadas con cal apagada al 2 por mil. También se realizaron aplicaciones de fungicidas como Dithane M-45 al 1 por mil, Tecto-60 al 1.5 por mil, Bayleton al 1 por mil, Kocide al 5 por mil e insecticidas como el Metasystox al 1.5%.

La roca caliza fue aplicada al voleo e incorporada con tractor entre 20 y 30 cm de profundidad, por lo menos 60 días antes del transplante. Los fertilizantes conteniendo N, K, Mg, Zn y B fueron aplicados en tres fracciones iguales: al transplante (al fondo del pozo), a los tres meses y a los nueve meses. En el segundo año las fracciones se aplicaron en el segundo, cuarto y octavo mes. Todo el P fue aplicado conjuntamente con la primera fracción de N. Todas las fertilizaciones excepto la del transplante, fueron efectuadas en una franja de 4 a 5 cm de profundidad, en la proyección de la copa y cubiertas con tierra inmediatamente después de la aplicación.

Las áreas sembradas en La Génova fueron de 9 ha en 1980, 8 ha en 1981, 8 ha en 1982 y 6 ha en 1983, mientras que en Santa Teresa fueron de 6 ha en 1982 y 6 ha en 1983. Los tratamientos fueron efectuados en cada una de las plantaciones, considerando toda ella como una unidad experimental y realizando ensayos de comprobación en tres filas de 20 ó más plantas cada una, o en algunos casos aplicándose un tratamiento específico a una ha de plantación mientras que la ha adyacente no recibía, buscando siempre obtener una producción comercial de frutos. Por lo tanto, el área de observación fue variable en cada año y para cada problema estudiado, sin ajustarse a un diseño estadístico definido. Las comparaciones entre tratamientos se realizaron entre las parcelas donde sólo se aplicó NPK al suelo, contra aquellas que recibieron NPK y cal; NPK, cal, Zn y B al suelo; NPK, cal y micronutrientos al follaje.

El muestreo foliar se realizó colectando hojas que presentaban problemas y hojas normales de aproximadamente la misma edad. Las hojas fueron tomadas en el tercio superior de la planta (hojas jóvenes) y en el tercio inferior (hojas viejas). Cuando se muestrearon plantas, éstas fueron extraídas en su totalidad, buscando siempre plantas de la misma edad, para tomar muestras representativas de partes comparativas de las plantas. Las muestras vegetales fueron atacadas por la vía seca a 500 C, diluidas con ácido clorhídrico y analizadas por espectrofotometría de absorción atómica, excepto el P que fue analizado por el método del molibdato de amonio, reductor ácido alcórbico y el N por microkjeldahl. Algunas variaciones se produjeron en referencia a la metodología indicada anteriormente, las cuales serán explicadas cuando sean oportunas.

Resultados y discusión

Efecto de la acidez del suelo

El Cuadro 2 presenta el efecto de la aplicación de dos dosis de cal a un suelo de pH 5.7 y con 7.6 meq de Ca/100 g, en La Génova, observándose una mayor concentración de Ca tanto en las hojas jóvenes como viejas con el aumento de la dosis de cal. No se observa efecto de la cal en la concentración de los macronutrientos, pero sí se observa un aumento en la concentración foliar de los micronutrientos, excepto el Mn.

Los datos del Cuadro 3 indican que se obtienen hojas sin deficiencia de Ca y mayores concentraciones foliares de este nutriente cuando el pH del suelo es elevado sobre 6.4 y el contenido de Ca cambiable a 10 meq/100 g. Este resultado confirma la hipótesis de que el papayo requiere aplicación de cal al suelo en

cantidades mayores al Al cambiante y que puede responder al encalado de suelos ácidos sin problemas de Al. El experimento de García (datos no publicados), en un suelo de Santa Teresa sugiere que si se utiliza el Al cambiante como referencia para determinar el requerimiento de encalado para el papayo, entonces se deben aplicar cantidades de cal equivalentes a 3 ó 4 veces el Al cambiante (alrededor de 6 a 8 t de cal molida/ha). Estos resultados coinciden con la respuesta positiva que se observa en el papayo cultivado en Chanchamayo, cuando los suelos de pH entre 5.5 y 6.0 y menos de 15% de saturación con Al, son encalados con 200 a 300 g de hidróxido de calcio por planta y confirman asimismo, el carácter calcófilo de la planta de papaya.

Cuando el papayo fue cultivado en suelos con 45% de saturación de Al, pero encalado superficialmente, la toxicidad del Al produjo raíces secundarias de tamaño pequeño y muy gruesas. La raíz principal creció normalmente mientras estuvo en la capa encalada, pero, al llegar a la capa subyacente no encalada, detuvo su desarrollo o hizo un giro de 90°, creciendo en forma paralela a la capa no encalada, pero con desarrollo de raicillas sólo en la zona encalada.

La aplicación de cal en las cantidades indicadas en los Cuadros 2 y 3 puede parecer alta, pero también puede ser la diferencia entre no cosechar nada y cosechar 10 a 20 t de frutos/ha, de acuerdo al manejo de los otros factores agronómicos. Para el caso del fundo Santa Teresa, la aplicación de 5 t de cal molida al suelo descrito en el Cuadro 1 y 250 g de cal apagada (hidróxido de calcio) por planta al momento del transplante y a los 6, 12 y 16 meses, produjo una cosecha de 15 t/ha entre los meses 11 y 24 del cultivo, mientras que campos adyacentes no encalados no soportan más de 12 meses de cultivo con una producción que no alcanzó las 2 t/ha.

La aplicación de cal durante el segundo año de cultivo parece recomendable por cuanto el poder residual de la enmienda es relativamente corto en el trópico peruano. De ahí también la ventaja de utilizar roca caliza molida de lenta reacción y mayor poder residual, lo que permite aplicar dosis mayores al momento de preparar el terreno. En este sentido, los resultados del Cuadro 3 y los de Awada *et al.* (5) indican un bajo riesgo de sobreencalado para el papayo, en las condiciones estudiadas. La disminución en el contenido de Mn foliar no es considerada muy

Cuadro 2. Efecto del encalado en la concentración foliar en las hojas de papayo a la fructificación. La Génova 1982.

| | Hidróxido calcio ¹ | | Concentración foliar | | | | | | | | |
|---------------|-------------------------------|------|----------------------|------|------|----|-----|----|-----|-----|--|
| | N | P | K | Ca | Mg | B | Fe | Zn | Mn | Cu | |
| kg/planta | % | | | | | | ppm | | | | |
| Hojas jóvenes | | | | | | | | | | | |
| 0 | 5.07 | 0.56 | 3.90 | 1.16 | 0.57 | 32 | 258 | 58 | 99 | 27 | |
| 1 | 4.93 | 0.45 | 3.99 | 3.08 | 0.65 | 45 | 509 | 72 | 64 | 38 | |
| Hojas viejas | | | | | | | | | | | |
| 0 | 3.84 | 0.35 | 2.14 | 3.89 | 0.64 | 19 | 205 | 43 | 116 | 71 | |
| 1 | 3.81 | 0.37 | 2.05 | 6.57 | 0.69 | 42 | 500 | 82 | 64 | 127 | |

1 Dosis basal de dos toneladas de cal molida/ha.

Cuadro 3. Concentración foliar de nutrientes en hojas jóvenes de papayo deficientes en calcio ante diferentes contenidos de calcio cambiante en el suelo. La Génova 1980.

| Suelo Ca ⁺⁺ | Síntomas deficiencia | | | Concentración foliar | | | | | |
|---------------------------|----------------------|--------------|------|----------------------|------|------|------|-----|--|
| | pH | N | P | K | Ca | Mg | B | ppm | |
| Meq/100 g | % | % | % | % | % | | | | |
| 10.8 | 6.6 | Sin síntomas | 4.79 | 0.47 | 3.26 | 1.94 | 0.54 | 43 | |
| 7.6 | 6.4 | Inciidente | 5.94 | 0.77 | 4.63 | 1.31 | 0.54 | 43 | |
| 6.4 | 5.8 | Aguda | 5.99 | 0.80 | 4.53 | 1.15 | 0.55 | 47 | |

crítica por cuanto este nutriente es absorbido en cantidades muy altas cuando hay una fuerte fertilización nitrogenada de los suelos de la zona, reduciendo el rendimiento del maíz, planta menos susceptible que el papayo (13).

Nitrógeno, fósforo y potasio

No se observó deficiencia de N ni de P por cuanto estos nutrientes fueron aplicados en cantidades suficientes en todos los cultivos. En el fundo La Génova hubo algunas áreas con suelos que tenían menos de 0.20 meq k/100 g, los que al recibir la aplicación de sólo 80 kg K₂O/ha presentaron plantas con síntomas de deficiencia de K, comparados con aquellos que recibían 240 kg K₂O/ha. Las plantas deficientes en K muestran un aspecto general similar a la de una planta deficiente en agua; las hojas inferiores se presentan caídas y forman un ángulo de inclinación mayor de 90° en su inserción en el tallo y se observa necrosis de tejido en los bordes de las hojas viejas, mientras que las hojas normales forman un ángulo agudo en su inserción con el tallo. Resultados similares fueron observados por Cibes y Gaztambide (7) quienes informan que en la etapa siguiente a la de las hojas oblicuas es que las hojas viejas se tornan

de color amarillo verdoso con una ligera necrosis marginal en algunos de los lóbulos más profundos, con la tendencia de las hojas a secarse de las puntas hacia el centro.

Los resultados presentados en los Cuadros 4 y 5 muestran concentraciones de N, P y K para diferentes partes de plantas de nueve meses, sin síntomas de deficiencia de N P K, observándose una mayor concentración en las hojas jóvenes que en las hojas viejas. Los resultados de Cibes y Gaztambide (7) y de Pérez y Childers (9) sugieren que probablemente el nivel crítico de N P K en las hojas esté entre 3 a 4% para el N, 0.2% para el P y debajo de 1.5% para el K. Los resultados presentados en los Cuadros 3 y 4 indican que las plantas tuvieron un adecuado contenido de N P K en las hojas según estos criterios. En los suelos estudiados ello se consiguió con la fórmula (kg de N-P₂O₅-K₂O/ha) 180-160-180 para el primer año y 240-160-240 para el segundo año.

En este estudio se utilizó el contenido de nutrientes en la lámina de las hojas para evaluar su estado nutricional en la planta; sin embargo, existen informes que indican la conveniencia de utilizar el análisis de los peciolos recientemente madurados, por pre-

Cuadro 4. Contenido de nutrientes en plantas de papayo a los nueve meses del transplante. La Génova. 1982.

| Planta | Concentración de nutrientes | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------------------------|------|------|------|------|----|-------|-----|-----|----|
| | N | P | K | Ca | Mg | B | Fe | Zn | Mn | Cu |
| | % | | | | | | | ppm | | |
| Hojas jóvenes | | | | | | | | | | |
| Enferma | 5.46 | 0.59 | 3.80 | 1.89 | 0.64 | 17 | 402 | 53 | 64 | 15 |
| Sana | 5.07 | 0.56 | 3.90 | 2.16 | 0.57 | 32 | 258 | 58 | 98 | 27 |
| Hojas viejas | | | | | | | | | | |
| Enferma | 3.75 | 0.41 | 1.56 | 4.73 | 0.69 | 13 | 209 | 43 | 116 | 60 |
| Sana | 3.84 | 0.35 | 2.14 | 3.89 | 0.64 | 19 | 205 | 43 | 116 | 71 |
| Tallo | | | | | | | | | | |
| Enferma | 0.98 | 0.25 | 3.02 | 2.80 | 0.60 | 11 | 142 | 29 | 29 | 27 |
| Sana | 1.73 | 0.28 | 2.83 | 2.16 | 0.62 | 19 | 161 | 53 | 64 | 27 |
| Raíz principal | | | | | | | | | | |
| Enferma | 1.12 | 0.30 | 3.71 | 1.64 | 0.60 | 32 | 937 | 34 | 99 | 27 |
| Sana | 1.62 | 0.37 | 3.99 | 1.74 | 0.61 | 19 | 759 | 48 | 133 | 15 |
| Raíces secundarias | | | | | | | | | | |
| Enferma | 1.34 | 0.46 | 3.31 | 1.66 | 0.61 | 21 | 1 025 | 38 | 185 | 27 |
| Sana | 1.85 | 0.44 | 3.41 | 2.42 | 0.64 | 30 | 1 025 | 97 | 324 | 38 |

sentar las mejores correlaciones entre el contenido de N, P y K y el rendimiento (1). Las concentraciones óptimas en los pecíolos para la mayor producción de papaya, variedad Solo, han sido establecidas en 1.48% N en suelos bajos en P y 1.69% N en suelos altos en P, y en 1.27% N a la fructificación (4). Para el caso del P, se considera que el rango de 0.18 a 0.25% P en el pecíolo es adecuado para obtener un excelente rendimiento (2). El 90% del rendimiento máximo se obtiene con contracciones en el pecíolo de 2.30 a 2.52% K, mientras que el 100% requiere de 3.57 a 3.87% (3). Los resultados de los Cuadros 4 y 5 indican que la concentración de N, P y K en los tallos, tanto en plantas sanas y enfermas, excepto el N en La Génova, estuvo dentro del rango indicado anteriormente para los pecíolos.

Calcio y magnesio

Generalmente la deficiencia de Ca es una de las manifestaciones de la toxicidad del Al, pero, en el caso del papayo, la deficiencia de Ca se observa aún en suelos sin problemas de Al. El encalado de los suelos de Satipo con cantidades equivalentes a 1.0 a 1.5 veces el Al cambiante disminuyó la saturación

con Al a menos de 20%, aumentó el pH a 5.6, pero no elevó el Ca cambiable a más de 4 meq/100 g de suelo. En estas condiciones se observó que las hojas se tornaban verde claro y presentaban moteaduras amarillas distribuidas desuniformemente en la hoja. Estas hojas se desprenden con facilidad y las plantas especialmente las jóvenes, quedan con unas cuantas hojas en el ápice del tallo. En plantas adultas la toxicidad de Al impide el crecimiento apical y la formación de hojas nuevas. La deficiencia de Ca fue asociada con concentraciones de Ca menores de 1.5% en las hojas jóvenes (Cuadro 3), concordando con los datos de Cibes y Gatzambide (7). Los resultados presentados en el Cuadro 3 también indican que la deficiencia de Ca produce una acumulación de N, P y K en las hojas.

No se observaron síntomas de deficiencia de Mg en ninguno de los cultivos efectuados. Las concentraciones foliares de este nutriente estuvieron entre 0.5 y 0.6% (Cuadros 3, 4 y 5), lo cual está dentro de los niveles encontrados por Pérez y Childers (10) para plantas con un suministro medio de N. La fertilización con dosis altas de N va acompañada de mayores concentraciones foliares de Mg, aunque sin un patrón definido (9).

Cuadro 5. Contenido de nutrientes en plantas de papayo a los nueve meses del transplante. Santa Teresita, 1982.

| Planta | Concentración de nutrientes | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------------------------|------|------|------|------|-----|-----|----|----|----|--|
| | N | P | K | Ca | Mg | B | Fe | Zn | Mn | Cu | |
| | % Hojas jóvenes | | | | | ppm | | | | | |
| Enferma | 5.68 | 0.46 | 3.71 | 1.28 | 0.60 | 9 | 272 | 43 | 64 | 15 | |
| Sana | 5.15 | 0.45 | 3.41 | 1.89 | 0.57 | 17 | 236 | 82 | 64 | 35 | |
| Hojas viejas | | | | | | | | | | | |
| Enferma | 4.09 | 0.38 | 3.02 | 1.98 | 0.61 | 15 | 250 | 48 | 47 | 38 | |
| Sana | 4.25 | 0.38 | 2.54 | 4.11 | 0.65 | 32 | 112 | 43 | 64 | 70 | |
| Tallo | | | | | | | | | | | |
| Enferma | 1.51 | 0.18 | 3.02 | 1.66 | 0.64 | 17 | 321 | 34 | 29 | 27 | |
| Sana | 1.26 | 0.18 | 2.83 | 1.84 | 0.65 | 19 | 330 | 29 | 29 | 15 | |
| Razón | | | | | | | | | | | |
| Raíz principal | | | | | | | | | | | |
| Enferma | 1.29 | 0.19 | 5.07 | 1.08 | 0.54 | 39 | 893 | 43 | 47 | 15 | |
| Sana | 1.57 | 0.22 | 5.46 | 1.12 | 0.57 | 17 | 714 | 29 | 29 | 15 | |
| Razón | | | | | | | | | | | |
| Raíces secundarias | | | | | | | | | | | |
| Enferma | 1.65 | 0.28 | 5.26 | 1.28 | 0.60 | 58 | 250 | 58 | 81 | 27 | |
| Sana | 1.90 | 0.25 | 5.07 | 1.00 | 0.61 | 39 | 231 | 24 | 64 | 27 | |

Boro

La deficiencia de B se manifestó desde los primeros meses del cultivo en ambos sitios, pero con mayor intensidad en La Génova. En plantas de tres a cinco meses de transplantadas las hojas más jóvenes se deforman, presentándose hojas pequeñas con lóbulos estrechos, consistencia coriácea y dura, con colores verde amarillentos a amarillos (Figs. 1a, 1b), tomando la apariencia de una pata de rana, por lo que en la zona se le denomina "enfermedad de la pata de rana". Esta sintomatología se conoce desde hace algún tiempo, habiendo sido en algunos casos atribuida al virus de la mancha anillada o "ring spot" (6). Los resulta-

dos presentados en el Cuadro 6 indican que las plantas que presentan la sintomatología de "pata de rana" son deficientes en B y Ca y tienen relativamente menores contenidos de Cu, siendo en este caso el factor limitante la deficiencia de B. Una sintomatología similar ha sido producida en soluciones nutritivas sin B, por Cibes y Gatzambide (7) y Pérez y Childers (10) con papayo de la variedad Solo.

El desarrollo de los tallos en las plantas deficientes en B disminuye fuertemente, después del sexto a octavo mes, especialmente en el ápice. Las hojas son cloróticas, se presentan en un tallo ya reducido en longitud y tampoco alcanzan su tamaño normal, dando la apariencia de un racimo de hojas que salen del ápice del tallo. La forma de la planta es entonces similar a la de planta afectada por la punta arracimada o "bunchy top" (6). Cibes y Gatzambide (7) también encontraron que la deficiencia de B producía esta sintomatología e indican que estas plantas secretan latex cuando se cortan superficialmente, mientras que las afectadas por la punta arracimada no lo hacen.

Cuando la deficiencia de B no es corregida oportunamente los frutos se deforman presentando corrugaciones, lóbulos o pequeñas jibas (Fig. 1c). Las zonas donde el fruto presenta la deformación son normalmente corchosas. Estos síntomas han sido reportados antiguamente como de agente causal desconocido (8). Sin embargo, los resultados de este estudio y los de Pérez y Childers (10) indican que la deficiencia de B también produce estos frutos deformados.

Los resultados de los análisis foliares presentados en los Cuadros 4, 5 y 6 sugieren que la deficiencia se presenta en hojas jóvenes con concentraciones de 17 ppm de B o menos, mientras que las hojas con más

Cuadro 6. Contenido de nutrientes en hojas de papayo sin y con síntomas de "pata de rana" a los cuatro meses del transplante. La Génova, 1982.

| Nutriente | Síntomas pata de rana | Hoja normal |
|-----------|--------------------------|----------------|
| N: % | 5.57 | 4.62 |
| P: % | 0.49 | 0.39 |
| K: % | 4.39 | 2.92 |
| Ca: % | 1.09 | 3.13 |
| Mg: % | 0.49 | 0.41 |
| B: ppm | 11 | 24 |
| Fe: ppm | 359 | 262 |
| Zn: ppm | 64 | 56 |
| Mn: ppm | 78 | 106 |
| Cu: ppm | 52 | 84 |



Fig. 1. Hojas deficientes y normal en concentración de B (1a), planta con hojas deficientes en B y hojas nuevas normales (1b) y frutos de planta deficiente en B (1c)

de 17 ppm de B no presentaban síntomas de deficiencia. Pérez y Childers (10) encontraron que el nivel crítico del B, tanto en el pecíolo como en la lámina de las hojas, era alrededor de 20 ppm lo cual es bastante aproximado.

La deficiencia de B fue corregida con la aplicación al suelo de 30 kg de borax/ha fraccionado en tres aplicaciones iguales al transplante, 4 y 8 meses después. Durante el segundo año se realizaron aplicaciones de 10 kg de borax/ha cada cuatro a cinco meses, dependiendo del estado de la plantación y su senescencia. La aplicación de boratos de calcio menos solubles (10% B) en dosis de hasta 3 kg B/ha al transplante, fue solo parcialmente efectiva en prevenir la deficiencia durante el desarrollo de las plantas, pero no evitó la deformación de los frutos. Dado el costo mucho menor que tienen estos boratos menos solubles y las condiciones de alta lixiviación en la zona, se sugiere estudiar con mayor detalle el efecto de este abono en prevenir la deficiencia en B.

La aplicación foliar de borax al tres por mil, cada 10 días, por cuatro veces consecutivas, corrigió la deficiencia en las hojas con síntomas incipientes y la previno en las hojas nuevas (Fig. 1b), pero no fue suficiente para evitar la deformación de los frutos cuando se produjo durante la floración. En este caso fue necesario completar la aplicación foliar con aplicaciones al suelo, en la dosis indicadas anteriormente.

Zinc, manganeso y cobre

En 1980, al presentarse por primera vez los síntomas de "pata de rana" descritos anteriormente, la sintomatología y la respuesta a la aplicación foliar de micronutrientos sugirió la deficiencia de B y de Zn. Algunos agricultores tomaron conocimiento de ello y empezaron a aplicar borax y sulfato de zinc, lo cual se está haciendo común para el cultivo en el valle de Chanchamayo y de Satipo. Sin embargo, los resultados de los análisis foliares presentados en el Cuadro 6 indican que las hojas con forma de "pata de rana" tienen mayor contenido de Zn que las hojas normales, estando esta concentración foliar dentro del rango de 40 a 60 ppm de Zn encontrado por Pérez y Childers (10) para hojas normales de papayo. Por estos motivos, se concluye que no fue el Zn, sino que fue el B el que limitó el desarrollo de las plantas en esas siembras.

Los resultados del Cuadro 6 también sugieren que las hojas con sintomatología de "pata de rana" eran deficientes en Mn y Cu. Se descarta la deficiencia de Mn ya que este micronutriente estuvo en niveles adecuados en las hojas, 64 y 98 ppm en hojas jóvenes (Cuadros 4 y 5), estando la concentración normalmen-

te en el rango de 40 a 140 ppm (7, 9, 10). Por otro lado, los bajos contenidos de Cu foliar (Cuadros 4 y 5) no indican necesariamente deficiencia en este nutriente el cual estuvo en concentraciones foliares mayores a 15 ppm, aún en plantas "enfermas". Pérez y Childers (9) encontraron que las concentraciones normales fueron de 8 a 18 ppm.

Conclusiones

Los mejores rendimientos se obtuvieron en suelos que fueron encalados hasta pH 6.5, elevando el contenido de Ca cambiante por lo menos a 8.0 meq/100 g y suplementándolo con tres aplicaciones de 250 g de hidróxido de calcio (cal apagada) por planta. Cuando se consideró el criterio de Al cambiante, esto correspondió a un equivalente de 3 a 4 veces el contenido de Al cambiante en el suelo. La aplicación de hasta 8 t de roca caliza molida por ha/año no produjo efectos negativos de sobreencalado en el suelo de Santa Teresa. La respuesta en concentración foliar de Ca permiten establecer el carácter calcófilo del papayo.

La deformación de la hoja del papayo produciendo la sintomatología de la "pata de rana" fue producida por la carencia de B y preventida con la aplicación de este micronutriente al follaje, siendo necesaria su aplicación al suelo para un mejor control de la deficiencia.

Tentativamente se puede establecer que el nivel crítico para las hojas deficientes en Ca y B está en 1.5% y 17 ppm, respectivamente.

Las concentraciones foliares de los macronutrientos en las láminas de las hojas jóvenes normales estuvo durante la fructificación en el rango de 4.8 a 5.2% de N; 0.45 a 0.56% de P; 3.4 a 3.9% de K y 0.54 a 0.69% de Mg. Simultáneamente, el contenido foliar de los micronutrientos fue de 240 a 500 ppm de Fe, 58 a 82 ppm de Zn y 27 a 38 ppm de Cu.

Es conveniente indicar que si bien este artículo aclara algunas deficiencias nutricionales que producen síntomas parecidos a los atribuidos a ciertos virus, existe realmente en la selva central un problema fuerte para el cultivo de papayo por la alta incidencia del ataque de virus y la ausencia de clones o variedades tolerantes. Los autores creen que la búsqueda de variedades de papayo tolerantes a virus debe estar coordinada con el estudio más detallado de la fertilización y nutrición mineral del cultivo.

Resumen

En suelos del fundo La Génova en San Ramón y Santa Teresa en Satipo, ambos del IRD Selva de la

Universidad Nacional Agraria La Molina, se evaluó el efecto de diferentes dosis de encalado y fertilización en seis cultivos de papaya durante 1980 a 1983. Los suelos en La Génova tenían pH alrededor de 6.0 y alta saturación de bases, mientras que en Santa Teresa tenían pH 4.7 y baja saturación de bases. Se describen los síntomas de las deficiencias de K, Ca y B y de la toxicidad de Al. Se presenta el contenido de nutrientes en hojas normales y deficientes.

El requerimiento de encalado del papaya debe considerar tanto el Al como el nivel de Ca cambiable en el suelo. Cuando se considera el Al cambiable, debe aplicarse una cantidad de cal equivalente a tres o cuatro veces este contenido. Los mejores cultivos se obtuvieron en suelos con pH 6.4 o mayor y más de 8.0 meq de Ca/100 g. La deficiencia de Ca y de B alteraron el desarrollo de la planta produciendo sintomatologías características. Por ejemplo, la carencia de B produce la "pata de rana" en la hoja y las protuberancias en los frutos. Tentativamente se establece el nivel crítico de 1.5% y 17 ppm para el Ca y B foliar, respectivamente.

Literatura citada

1. AWADA, M. 1969. The selection of the nitrogen index in papaya tissue analysis. Journal of the American Society for Horticultural Science 94:687-690.
2. AWADA, M. 1976. Relation of phosphorus fertilization to petiole phosphorus concentrations and vegetative growth of young papaya plants. Tropical Agriculture (Trinidad) 53:173-181.
3. AWADA, M. 1977. Critical potassium level in petioles of papaya. Hawaii Agricultural Experiment Station Technical Bulletin 99. 17 p.
4. AWADA, M.; LONG, C. 1978. Relation of nitrogen and phosphorus fertilization to fruiting and petiole composition of "Solo" papaya. Journal of the American Society for Horticultural Science 103:217-219.
5. AWADA, M.; KANEHIRO, Y. 1975. Effects of lime and phosphorus on yield, growth and petiole composition of papaya. Journal of the American Society for Horticultural Science 100:294-298.
6. CALZADA, J. et al. 1975. Cultivo del papayo. Universidad Nacional Agraria. Programa de Frutales Nativos, Boletín Técnico No. 3, 50 p.
7. CIBES, H.R.; GAZTAMBIDE, S. 1978. Mineral-deficiency symptoms displayed by papaya grown under controlled conditions. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 62:413-423.
8. HINE, R.B., HOLTZMANN, O.V.; RAABE, R.D. 1965. Diseases of papaya (*Carica papaya* L) in Hawaii. Hawaii Agricultural Experiment Station Bulletin 136. 26 p.
9. PEREZ, A.; CHILDERS, N.F. 1982a. Growth, yield, nutrient content and fruit quality of *Carica papaya* L. under controlled conditions I. Nitrogen effects. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 66:71-79.
10. PEREZ, A.; CHILDERS, N.F. 1982b. Growth yield, nutrient content and fruit quality of *Carica papaya* L. under controlled conditions. II. Boron effects. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 66:80-88.
11. SEMINARIO, C.; VILLACHICA, H. 1982. Caracterización del potasio en algunos suelos de Chanchamayo, Selva Alta del Perú. Turrialba 32:471-480.
12. VILLACHICA, H.; BUENDIA, H. 1976. Respuesta del maíz a seis enmiendas cárnicas aplicadas a un Ultisol de Pucallpa. Anales Científicos UNA, 14:112-132.
13. VILLACHICA, H.; CABREJOS, O. 1974. Efecto de la cal, nitrógeno y manganeso en el rendimiento y la concentración de nutrientes en el maíz. Turrialba 24:319-326.
14. VILLACHICA, H., BORNEMISZA, E.; ARCA, M. 1973. The effect of lime and phosphate treatments on yield and macronutrient content of pangola grass grown on a soil from Pucallpa, Perú. Agrochimica 18:344-353.

Notas y comentarios

Premio Nobel de Economía de 1986

El Premio Nobel de Economía de 1986 ha sido concedido a James M. Buchanan, de la Universidad de George Mason, en Fairfax, Virginia, quien es el principal exponente de la teoría de la opción pública (public-choice), una rama relativamente nueva de la economía. Con este premio, tanto la novel teoría como la joven universidad (fundada en 1957) han recibido la acolada definitiva.

La teoría de la opción pública enseña que, debido a que los políticos responden a grupos de presión y al deseo de ser reelectos, las acciones de los gobiernos a menudo crean o aumentan las imperfecciones del mercado en lugar de vencerlas. Debido a esto, los seguidores de la teoría tienden a sostener, lógicamente, que las acciones del gobierno deben ser limitadas. De ahí la popularidad entre los teóricos de la opción pública de cosas como una enmienda constitucional que obligue a un presupuesto balanceado, de mínimos esfuerzos anti-trust, y de tener un mínimo de reglamentación en el mercado.

Al otorgar el premio a Buchanan, el comité Nobel ha honrado a su teoría y a una universidad muy en armonía con el espíritu de la era norteamericana. La teoría da primacía al fundamental egoísmo del hombre, del cual se forman políticas hostiles al gobierno y de simpatía a los mercados y la competencia. La universidad, nacida hace menos de 30 años con 17 estudiantes, se ha convertido en una institución de prestigio internacional. Tanto la teoría como la universidad tienen sus raíces en sureste de los Estados Unidos (el llamado "sunbelt") pero su influencia es ahora extensa, particularmente en la administración Reagan.

La teoría también sostiene que se necesitan acciones en grande, no pequeñas medidas, para lograr un cambio. De esta manera, se expelen los finos ajustes

y entran en su lugar las medidas de corte de impuestos de Reagan y todas las presiones por reformas radicales de la tributación.

También la teoría puede tratar otros problemas como la política fiscal y el desempleo, o la deuda externa frente a la deuda interna. Esto lo discutía ya Buchanan (1) hace unos 30 años, como lo señala Samuelson en la quinta edición de su clásica introducción a la economía (2).

Entre los que admiten abiertamente su deuda a este enfoque político-económico están James Miller, director de presupuesto del gobierno Reagan; Phil Cramm, republicano de Texas; Manuel Johnson, Vicepresidente del Federal Reserve System; William Niskamen, ex miembro de Council of Economic Advisors del presidente; y Robert Tollison, quien hace poco dejó la Federal Trade Commission y ahora trabaja también en la Universidad George Mason.

Todas estas personas consideran a Buchanan y a Gordon Tullock como los padres de la teoría. Estos dos economistas fueron incorporados a su universidad actual, cuando ésta, en sus planes de crecimiento, simplemente compró, en 1983, el Centro para el Estudio de la Opción Pública, que había estado a cargo del Instituto Politécnico de Virginia, en Blacksburg. El dinámico presidente de la Universidad George Mason, el Dr. George Johnson, hizo algo parecido para agrandar las disciplinas de Derecho e Ingeniería, y en la actualidad, las de Artes y Humanidades. Nadie duda que con un ganador del Premio Nobel en su personal, tendrá ahora menos molestias para atraer más dinero, fama y excelencia. Adalberto Gorbitz.

Literatura citada

1. BUCHANAN, J.M. 1958. *Public principles of public debt*. Homewood, Ill., Irwin., 256 p.
2. SAMUELSON, P.A. 1961. *Economics, an introductory analysis*. Fifth edition. New York, McGraw-Hill, 853 p.

CULTIVO *in vitro* DE *Saccharum officinarum* L. II. EFECTO DE LA ESPECIALIZACION SOBRE LA REDIFERENCIACION¹ /

G. CARRILLO-CASTAÑEDA*, M. VARGAS*, M. VARGAS-VILLANUEVA*

Summary

Using tissues from the stem and young embryonic leaves adjacent to the apical meristem of S. officinarum L. cv. ZMéx 55-32, it was observed that such tissues could generate (on MS2 culture medium) dedifferentiated cell cultures, the degree of specialization of these tissues clearly defined their position in the plant. The acropetal inter-nodal dedifferentiation gradients found were 90%, 52%, 40%, 8%, and 5% for internodes -1, 0, 1, 2 and 3, respectively.

The basipetal intra-nodal gradients of internodes one and two differed; in one, all the internodes showed activity from 88% to 33%, but in two only the basal tissue generated dedifferentiated cell cultures (25%).

Histological studies performed showed that the less specialized tissue seems to consist of small, highly metabolically active cells with some small vacuoles (virtually all spaces in the cytoplasm contained free ribosomes).

On the other hand, the highly differentiated cells were bigger, with a thicker cell wall and contained a large central vacuole. The dedifferentiated cell cultures gradually lost its potential for differentiation after 380 days of culture, and the ultrastructural pattern was also similar to the one observed in the stem tissue.

Introducción

La planta de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), por su alta eficiencia de fijación de carbono, es una fuente energética potencial. En muchos países, el azúcar es el principal producto agrícola. A partir de este cultivo, a nivel mundial, la producción de azúcar estimada para el ciclo 1984-85 es de 61.1 millones de toneladas métricas (12). Debido a la necesidad de lograr una utilización integral de este cultivo, se está investigando el uso de sus derivados como materia prima para la elaboración de ciertos productos, que, tradicionalmente, se obtienen de otras fuentes tales como: producción de energía eléctrica (12); etanol para motores automotrices (15); aditivos (16); levadura, proteína celular, sol-

ventes, ácidos orgánicos, detergentes, goma zártica, ésteres y poliésteres de sacarosa (5). La diversidad de posibles usos promoverá la obtención de cultivares con características más específicas (30). Nickell (20, 21), en 1961, inició en Hawaii los trabajos de investigación con esta especie, utilizando la metodología de cultivo de tejidos; esta técnica actualmente complementa al sistema tradicional de selección; permite manipular genéticamente los materiales aptos para seleccionar, a partir de poblaciones celulares con el propósito de obtener cultivares con características fenotípicas deseadas. En México se ha estudiado la micropropagación de los cultivares de mayor explotación (3, 4, 23), utilizando el patrón de producción de compuestos fenólicos en cultivos celulares desdiferenciados de *S. officinarum*, en respuesta a la presencia de microorganismos fitopatógenos (24). Con la finalidad de determinar el grado de uniformidad que presentan las plantas generadas *in vitro*, se han hecho evaluaciones en campo y en fábrica (34), entre otras investigaciones. Es conocido el hecho de que no todos los tejidos de los órganos

¹ Recibido para publicación el 5 de enero de 1985

* Centro de Genética, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México 56230 D.F.

de la planta (tallos, hoja o raíz) son igualmente aptos para el establecimiento de cultivos celulares (22). El grado de especialización de la célula, como parte de un tejido en la planta o de un cultivo celular indiferenciado afecta tanto la potencialidad como el patrón de rediferenciación (1, 17, 22). El informe de Liu y Chen (13) sobre el origen y desarrollo de plántulas a partir de callos de caña de azúcar, muestra que el inicio de la diferenciación comienza al formarse zonas de células pequeñas, isodiamétricas y con núcleos más teñidos que, posteriormente, se desarrollarán en estructuras semejantes al ápice vegetativo. Se conoce que los clones de *S. officinarum* presentan tallos formados por una sucesión alterna de nudos y entrenudos y en cada nudo se inserta una hoja y una yema con un arreglo alterno y opuesto (28). Estudios anatómicos señalan que el tallo es meristático con desarrollo acrópeto, en tanto que los entrenudos se diferencian de manera basípeta, debido a que la cantidad de agua, glucosa y nitrógeno decrece de la punta a la base del tallo, mientras que el contenido de sacarosa y minerales aumenta en el mismo sentido (2, 6).

El presente trabajo se realizó con el propósito de conocer cómo se manifiesta la potencialidad de los tejidos de los entrenudos de la región apical del tallo para generar cultivos celulares y cuál es la histología y ultraestructura de éstos, a lo largo del proceso de especialización *in situ* e *in vitro*.

Materiales y métodos

Material biológico La especie utilizada para el desarrollo de este trabajo fue *Saccharum officinarum* L. cv ZMéx 55-32. Plantas en ciclo de plantilla de ocho a 10 meses fueron obtenidas del Campo Agrícola Experimental de Zácatepec, Morelos, del Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, México.

Medios de cultivo utilizados. El medio de cultivo MS2 contiene las sales inorgánicas del medio de Murashige y Skoog (19) suplementado con: m-inositol, 100 mg/l; tiamina, 1 mg/l; ácido 2,4-diclorofenoxyacético (2,4-D), 3 mg/l; 18% v/v de agua de coco; sacarosa, 30 g/l y 7.5 g/l de agar. El medio MS11 contiene lo mismo que el MS2, a excepción del 2,4-D. 10 mm de medio se colocaron en frascos de vidrio de 30 ml de capacidad con tapa de rosca y se esterilizaron en autoclave durante 15 minutos a 1.05 kg/cm².

Establecimiento y mantenimiento de los cultivos *in vitro*. De la región apical del tallo de 45 plantas se separó el fragmento que comprende desde el entrenudo 4 al -1 y un segmento del huso foliar de aproxi-

madamente dos cm de longitud (33). Después de desinfectar este material durante 30 minutos en una solución acuosa de hipoclorito de calcio al 3% p/v se cortaron varias rodajas del segmento del huso foliar contiguo al meristemo apical y rodajas de tallo, todas ellas de aproximadamente tres mm de espesor. Con la finalidad de uniformar el tamaño del explante, rodajas enteras, mitades o cuartos fueron sembradas en el medio MS2.

El material se incubó a 26 ± 2°C con luz incidente de 100 µw/cm², transplantándose cada 25 días en el medio MS2 fresco. Para inducir la diferenciación a partir de células desdiferenciadas, el transplante se hizo al medio MS11.

Métodos de observación microscópica. Los tejidos obtenidos fueron fijados *in situ* con glutaraldehido al 3% en amortiguador de fosfatos 0.2 M y pH 7.2, a una temperatura de 4°C (26). Despues, las muestras fueron postfijadas con tetraóxido de osmio. Muestras fueron postfijadas con tetraóxido de osmio al 1%, luego fueron deshidratadas gradualmente con mezclas de alcohol-agua, iniciando con alcohol de 50% y finalizando con absoluto. Los tejidos se incluyeron en Epón 812 (14).

Los cortes de un µm de grosor fueron teñidos con azul de toluidina (31), observados y fotografiados en un fotomicroscopio Zeiss. Los cortes finos de 45 a 60 nm se montaron en rejillas con membranas de formvar (7), se contrastaron con acetato de uranilo (25) y citrato de plomo (32). Las observaciones y toma de micrografías se realizaron en un microscopio electrónico de transmisión JEOL-100B.

Resultados y discusión

Al analizar la potencialidad del tejido de la región apical del tallo para establecer cultivos celulares desdiferenciados en el medio MS2, se encontró que el de hoja y del tallo (entrenudo -1) tuvieron los mayores porcentajes, 82 y 90% respectivamente. Los resultados se muestran en el Cuadro 1 y corresponden a observaciones realizadas en cultivos de 25 días de incubación. Ojeda (22), utilizando las variedades de caña B43-62 y CP44-101, demostró que los segmentos de tejido de tallo de los entrenudos 9, 10 y 11 al ser cultivados en el medio MS2 no tuvieron ningún desarrollo. Sin embargo, Krishnamurthi y Thaskal (11) utilizaron tejido de los entrenudos cinco y seis con éxito. La variación en estos resultados puede ser debida al grado de juventud de la planta, época de cosecha del especimen o por su fenotipo. Lo que se pretendió determinar aquí es el gradiente internodal que se establece, a nivel del tallo, y que abarcó del entrenudo -1 al 3. Los resultados eran de esperarse dado el desarrollo acrópeto de esta planta.

Cuadro 1. Determinación de la potencialidad de los tejidos de hoja y tallo de *S. officinarum* L. cv ZMéx 55-32 para establecer cultivos celulares en el medio MS2. Las observaciones se realizaron a los 25 días de incubación.

| | Origen del explante | | | | |
|--|---------------------|----|----|----|---|
| | entrenudo | | | | |
| hoja | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Proporción de explantes que generaron callosidades (%) | 82 | 90 | 52 | 40 | 8 |
| | | | | | 5 |

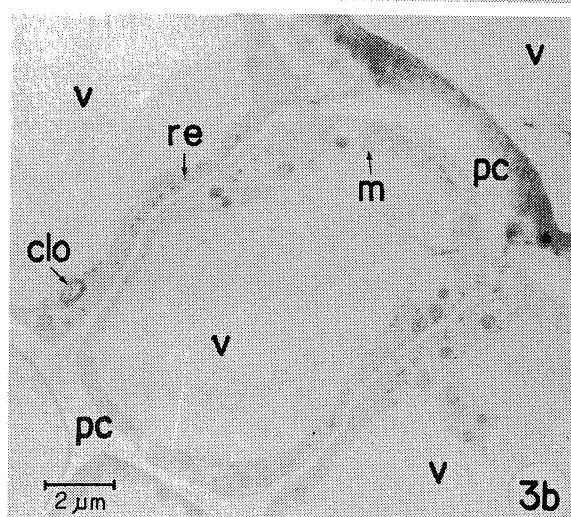
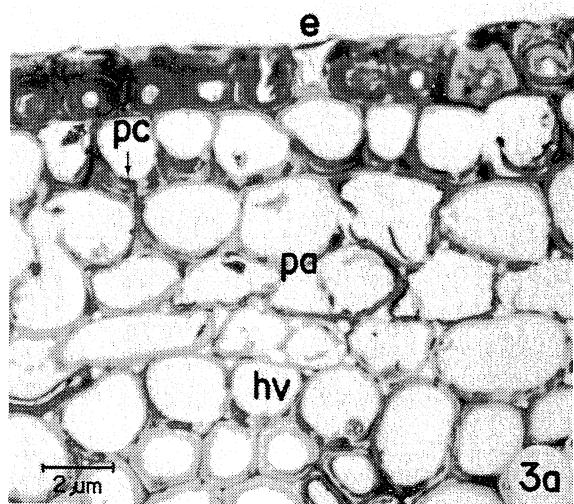
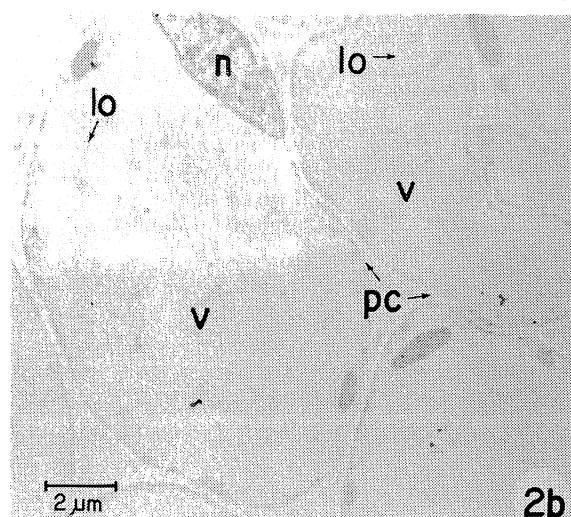
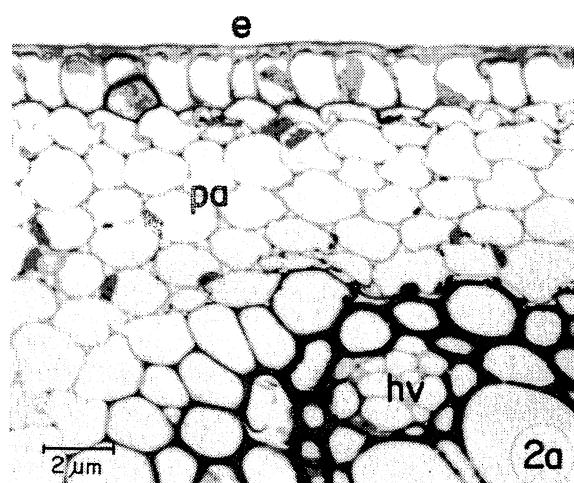
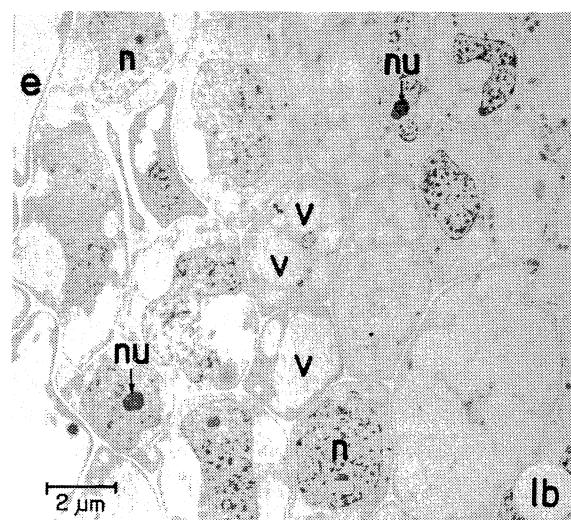
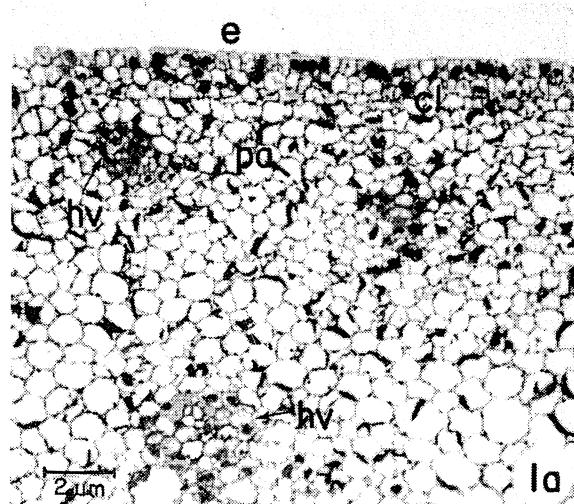
Posteriormente se estimó la potencialidad del tejido intranodal de los entrenudos uno y dos para establecer cultivos celulares desdiferenciados. De cada entrenudo se hicieron rodajas las cuales se numeraron en forma progresiva, comenzando en la base de cada entrenudo. Los resultados se muestran en el Cuadro 2 y puede apreciarse que dicha potencialidad se manifestó en mayor grado en el tejido de la base del entrenudo 1, disminuyendo gradualmente en las rodajas de niveles superiores desarrollando callos el 50% de los explantes. En el entrenudo 2 no se observó un cambio gradual ya que únicamente el tejido de la base del entrenudo mantuvo esta potencialidad y solamente 3% de los explantes desarrollaron callos. El análisis realizado muestra con cierta precisión que el gradiente de diferenciación intranodal es en sentido contrario al internodal definido por la forma como se manifiesta esta potencialidad en los entrenudos estudiados, en que se relaciona la capacidad de desarrollo celular *in vitro* con el grado de diferenciación *in vivo*.

Cuadro 2. Determinación de la capacidad para generar cultivos celulares desdiferenciados en el medio MS2, del tejido de los entrenudos uno y dos del cultivar ZMéx 55-32, después de 25 días de incubación a 26 ± 2°C.

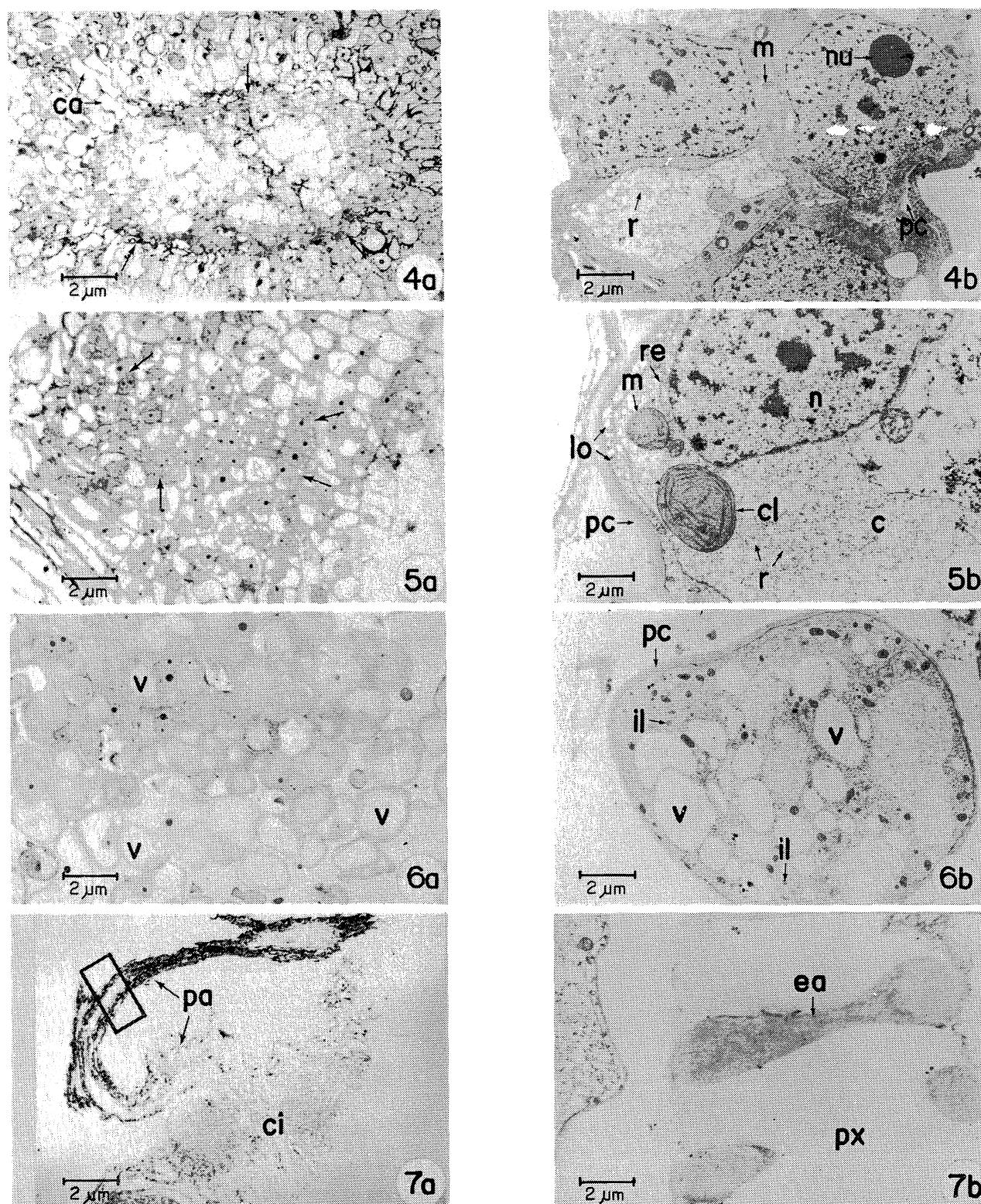
| Segmento | Número de explantes y porcentaje de los explantes que generaron cultivos celulares del entrenudo | | | |
|----------|--|------|-------------|------|
| | Entrenudo 1 | | Entrenudo 2 | |
| 1 | 17 | (88) | 20 | (25) |
| 2 | 20 | (65) | 21 | (5) |
| 3 | 22 | (54) | 21 | (0) |
| 4 | 18 | (39) | 21 | (0) |
| 5 | 21 | (38) | 21 | (0) |
| 6 | 22 | (36) | 21 | (0) |
| 7 | 20 | (35) | 21 | (0) |
| 8 | 16 | (43) | 21 | (0) |
| 9 | 14 | (35) | 20 | (0) |
| 10 | 3 | (33) | 20 | (0) |
| 11 | | | 10 | (0) |
| 12 | | | 10 | (0) |

Se ha demostrado que los cultivos de células desdiferenciadas con el transcurso del tiempo pierden la capacidad de rediferenciarse. Méndez (17) determinó que el 51% de los cultivos de *S. officinarum* ZMéx 55-32 mantenidos en este estado desdiferenciado durante 120 días, rediferenciaron plantas cuando se cambiaron del medio MS2 al MS11 porcentaje que cayó a 23% cuando el estadio de rediferenciación de los cultivos se prolongó a 300 días. Tomando en cuenta esta información, se realizó un estudio comparativo de la histología y la ultraestructura del tejido de tallo, entrenudos -1, 1 y 3, y de cultivos celulares desdiferenciados de 39, 120, 380 días, en pleno proceso de diferenciación. Los resultados muestran que los tejidos a consecuencia del proceso progresivo hacia un estado más maduro sufren cambios histológicos notables. En el tejido del entrenudo -1 en las células internas que rodean a los primordios de los haces vasculares, un gran vacúolo desplaza al núcleo hacia la periferia y las cinco o seis hileras de células por debajo de la epidermis son pequeñas y aparentemente se muestran intensamente activas desde un punto de vista metabólico (Fig. 1a) dado que están densamente pobladas de orgánulos y membranas, siendo los nucleolos prominentes (Fig. 1b). La pared de las células de la epidermis en el entrenudo 1 adquiere mayor espesor (Fig. 2a), siendo el tamaño y morfología de todas las células similares (Fig. 2b). En un estado avanzado de diferenciación las células de la capa externa del entrenudo 3 (Fig. 3a) han engrosado pericinalmente su pared y los mitocondrios y cloroplastos se encuentran periféricamente (Fig. 3b).

Los cultivos celulares muestran las siguientes características a lo largo del proceso de especialización para subsistir en el nuevo medio: la célula en los cultivos recién establecidos, de 39 días de incubación, es grande, o pequeña en zonas donde existe cierta orga-



Figs. 1- Cortes transversales de tejido de entrenudos. Fig. 1a Nótense en la panorámica del entrenudo -1 que debajo de la epidermis el número de hileras de células del clorénquima es variab7e y las células del parénquima poseen una gran vacuola. Fig. 1b Micrografía electrónica de las células clorenquimatosas donde se aprecia la vacuolización del citoplasma y los nucleolos prominentes. Fig. 2a En el entrenudo 1 las células de la epidermis han engrasado su cutícula y las capas subyacentes a éstas son similares a las células del parénquima. Fig. 2b Micrografía electrónica de las células parenquimatosas donde se aprecia que gran parte del citoplasma es ocupado por una vacuola que desplaza al núcleo hacia la periferia. Fig. 3a En el entrenudo 3 las células subepidérmicas han engrasado su pared pericinal. Fig. 3b Micrografía electrónica donde se observan los organelos desplazados hacia la periferia en las células parenquimatosas. e, epidermis; cl, clorénquima; pa, parénquima; hv, sistema vascular; n, núcleo; nu, nucleolo; v, vacuola; lo, lomasoma; pc, pared celular; re, retículo endoplásmico; m, mitocondrias; clo, clo, cloroplastos.



Figs. 4- Cultivos celulares. Fig. 4a Cultivo de 39 días de incubación en el que aparecen fundamentalmente dos tipos de células: las alargadas y las pequeñas organizadas en forma radial (flechas). Fig. 4b Micrografía electrónica de las células pequeñas que muestran intensa actividad metabólica. Fig. 5a Panorámica de un cultivo con 120 días, las flechas indican aquellas células en división activa. Fig. 5b Micrografía electrónica de una célula de la zona meristemática. Fig. 6a Cultivo de 380 días. Fig. 6b Micrografía electrónica de una célula multivacuolada. Fig. 7a Cultivo de 145 días, nótese la emergencia de la porción aérea de la planta. Fig. 7b Micrografía electrónica de una región del tejido vascular presente en el tallo (recuadro figura anterior). ca, células alargadas; n, núcleo; nu, nucleolo; m, mitocondrias; pc, pared celular; cl, cloroplasto; c, citoplasma; v, vacuola; pa, porción aérea; ci, células indeferenciadas; lo, lomasomas; px, protoxilema; ea, engrosamiento anular; r, ribosomas; re, retículo endoplásmico rugoso; ii, inclusión lipídica.

nización de tipo radial (Fig. 4a) y pudo observarse que la segunda aparentemente despliega gran actividad metabólica por la presencia abundante de orgánulos (Fig. 4b). En un cultivo celular de 120 días (Fig. 5a) con pigmentos verdes se han diferenciado ya masas embrionales en proceso de división, cuyas células forman un tejido tipo meristemático. Se aprecian numerosos cloroplastos y ribosomas (Fig. 5b). Asociado al plasmalema se observa un gran número de invaginaciones pignocíticas y cerca del núcleo el retículo endoplásmico rugoso y mitocondrios. El grosor de la pared celular es $\bar{x} = 280$ nm. Los cultivos celulares sin pigmento de 380 días contenían células del doble de tamaño que los de 120 días y forman cúmulos sin presentar organización definida (Fig. 6a). Algunas células poseían un gran vacúolo central, mientras que otras presentaron varios. También es notoria la presencia del retículo endoplásmico rugoso, mitocondrios e inclusiones lipídicas (Fig. 6b). El espesor de la pared ha aumentado a $\bar{x} = 420$ nm. En el cultivo de 145 días, en proceso de diferenciación, se mostraba la emergencia de la porción aérea de la planta (Fig. 7a) y una traqueida, producto de la diferenciación de células del protoxilema (Fig. 7b).

Las observaciones histológicas de la región proximal de los entrenudos son semejantes a las comunicadas por Clements (6). Sin embargo, a nivel ultraestructural se advirtieron cambios en las células internodales, como consecuencia del gradiente de especialización acrópeto de la planta. En general se puede decir que estos cambios produjeron una disminución gradual en su capacidad de desdiferenciación, como se aprecia en el Cuadro 1.

Asimismo, las características anatómicas sobre el origen y diferenciación de plántulas regeneradas a partir de cultivos celulares de caña de azúcar coinciden con la información de Liu y Chen (13). Es importante mencionar, sin embargo, que los cultivos de callos mantenidos por períodos prolongados de cultivo, presentaron al microscopio óptico y electrónico una morfología característica de células homogéneas no organizadas, similar a lo descrito en callos de otros cultivos como tabaco, zanahoria, eucalipto (29) y maíz (27). Es muy significativo que estos callos mostraron una ultraestructura celular con gran organización intracitoplásica, similar a la comunicada en maíz por Johnson y Holden (9), y no tienen el aspecto de células con degeneraciones hísticas, grandes y elongadas como las más frecuentemente descritas en los callos de maíz (10, 18). Es importante señalar que las células, a consecuencia de estas variaciones anatómicas y morfológicas, modifican su capacidad de organogénesis.

Por la relativa facilidad que presenta la determinación del grosor de la pared celular en cultivos celulares y considerando la posibilidad de que pueda existir correlación entre el carácter del grosor y el contenido de fibra en la planta, está en proceso un estudio de este componente celular en cultivos desdiferenciados de 4 meses, utilizando cultivares como el B 49-119, Co 331 ó Méx 54-81 que tienen alto contenido de fibra; ZMéx 55-32, B 4362 y NCo 310, de contenido de fibra regular y la Méx 57-473 y Méx 56-541 que se catalogan como de contenido de fibra bajo (8). De existir tal correlación, este método podría constituir un sistema de selección a nivel celular para obtener cultivares de alto bajo contenido de fibra.

Resumen

Utilizando tejido de tallo y del huso foliar adyacente al meristemo apical de *S officinarum* L. cv. ZMéx 55-32 se determinó el paralelismo entre la potencialidad de dicho tejido para generar cultivos celulares desdiferenciados (en el medio de cultivo MS2) y el grado de especialización de los tejidos, definidos éstos por su posición en la planta. El gradiente internodal acrópeto determinado fue: entrenudo -1, 90%; entrenudo cero, 52%; entrenudo 1, 40%; entrenudo 2, 8% y entrenudo 3, 5%. Los gradientes basipetos de los entrenudos 1 y 2 difirieron entre sí, mientras en el 1 todo el entrenudo mostró actividad que va de 88% a 33%, en el 2 sólo el tejido de la base produjo cultivos celulares desdiferenciados (25%). El estudio anatómico mostró que los tejidos menos especializados se componen de células pequeñas, vacuoladas y aparentemente con intensa actividad metabólica, a diferencia de las que han alcanzado el grado máximo de diferenciación, que son más grandes, tienen pared celular de mayor espesor y poseen un gran vacúolo. Los cultivos celulares desdiferenciados reducen gradualmente la potencialidad de diferenciación y de la misma manera, el patrón histológico y ultraestructural fue similar al observado en el tejido de tallo.

Literatura citada

- BARBA, R.; NICKELL, L.G. 1969. Nutrition and organ differentiation in tissue culture of sugarcane. A monocotyledon. *Planta* 89:299-302.
- CAMARGO, P.N. 1976. Fisiología de la caña de azúcar. Serie de Divulgación Número 6. Comisión Nacional de la Industria Azucarera. Instituto para el mejoramiento de la producción de azúcar. México, D.F.

3. CARRILLO-CASTAÑEDA, G.; OJEDA, M.E. 1978. Estudio sobre el establecimiento de citocultivos e inducción de la diferenciación de caña de azúcar. Avances en la enseñanza e investigación. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. 72 p.
4. CARRILLO-CASTAÑEDA, G.; MENDEZ, S.R. 1978. Estudio sobre la obtención de plantas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) por medio de citocultivos. Avances en la enseñanza e investigación. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. 47 p.
5. CLARKE, M.A. 1984. Future research in the sugar industry. Sugar y Azúcar 79:38-39.
6. CLEMENTS, H.F. 1980. Sugarcane crop logging and crop control. Principles and practices. The University Press of Hawaii, Honolulu: 48-107.
7. HAYAT, M.A. 1970. Principles and techniques of electron microscopy. Vol. 1. Van Nostrand Reinhold Co., New York. 412 p.
8. IMPA. 1981. Catálogo de variedades de caña de azúcar. Serie de divulgación técnica Número 14. Comisión Nacional de la Industria Azucarera. Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar. México, D.F.
9. JOHNSON, J.W.; HOLDEN, D.J. 1974. Ultrastructure of callus tissue of *Zea mays*. Canadian Journal of Botany 52:251-254.
10. KING, P.J.; POTRIKUS, I.; THOMAS, E. 1978. *In vitro* genetics of cereals: problems and perspectives. Physiology Vegetal 16:381-399
11. KRISHNAMURTHI, H.; TLASKAL, J. 1974. Fidji disease resistant *Saccharum officinarum* var. Pindar subclones from tissue cultures. Proceedings International Society Sugarcane Technical 15:130-137.
12. LEFFINGWELL, R.J. 1985. Facts about sugar, New York report. Sugar y Azúcar 80:4-5.
13. LIU, M.C.; CHEN, W.H. 1974. Histological studies on the origin and process of plantlet differentiation in sugarcane callus mass. Plant Breeding 15:118-129.
14. LUFT, J.H. 1961. Improvements in epoxy resin embedding methods. Journal of Biophysical and Biochemical Cytology 9:409
15. MAZZONE, J.S. 1985a. Facts about sugar. Brazil wants to increase alcohol exports to USA. Sugar y Azúcar 80:38-39.
16. MAZZONE, J.S. 1985b. Facts about sugar. Brazil exports high test molasses to The United States. Sugar y Azúcar 80:10-12.
17. MENDEZ, S., R. 1979. Estudio del efecto del tiempo sobre la diferenciación de citocultivos de cuatro variedades de caña de azúcar. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
18. MOTT, R.L.; CURE, W.W. 1978. Anatomy of maize tissue cultures. Phisiology Plantarum 42:139-145.
19. MURASHIGE, T.; SKOOG, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiology Plantarum 15:473-497.
20. NICKELL, L.G. 1964. Unusual effects of d-alopon on cane tissue culture. Annual Report Experimental Station H.S.P.A. Hawaii. 2 p
21. NICKELL, L.G. 1965. Tissue and cell culture form sugar cane research. Proceedings International Society Sugarcane Technical 12:887-892.
22. OJEDA, E.; M.A. 1978. Estudio sobre el establecimiento de citocultivos e inducción de diferenciación en caña de azúcar. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
23. OJEDA, E.; M.A.; CARRILLO-CASTAÑEDA, G. 1980. Establecimiento de citocultivos e inducción de diferenciación en dos variedades de *Saccharum* sp. Agrociencia 42:59-67.
24. PONCE D.P.; CARRILLO-CASTAÑEDA G.; ORTEGA, M.L.; FUCIKOVSKY Z.L. 1984. Cambios en el contenido de compuestos fenólicos en citocultivos de *Saccharum officinarum* L. Agrociencia 55:91-100.
25. REYNOLDS, E.S. 1963. The use of lead citrate at high pH as an electron-opaque stain in electron microscopy. Journal Cell of Biology 17:208.
26. SABATINI, D.D.; BENNSCH, K.; BARRNET, R.J. 1963. Cytochemistry and electron microscopy. The preservation of cellular structure and enzymatic activity by aldehyde fixation. Journal Cell of Biology 17:19.

27. SANCHEZ DE JIMENEZ, E.; VARGAS O.M.; YAÑEZ L. 1983. Establecimiento de una línea celular de maíz (*Zea mays*) en cultivo *in vitro*. Capacidad de rediferenciación. Agrociencia 52:101-113.
28. SANCHEZ, N.F. 1972. Materia prima: Caña de Azúcar. Librería de Porrúa Hnos. y Cia., S A. México, D.F.
29. SHARP, W.R.; LARSEN P.D.; PADDOC, E.F.; RAGHAVAN V. 1977. Plant and cell tissue culture principles and applications. Ohio State University Press Columbus, Ohio, USA.
30. TORISSON, I. 1984. The potential for generation of public electricity in cane sugar factories. Sugar y Azúcar 79:21-31
31. TRUMP, B.F.; SMUCKLER, E.A.; BENDITT, E.P. 1961. A method for staining epoxy sections for light microscopy. Journal Ultrastructural Research 5:343.
32. WATSON, N.L. 1958. Staining of tissue sections for electron microscopy with heavy metals. Journal of Biophysical Biochemical Cytology 4:727
33. VAN DILLEWIJN, C. 1952. Botany of the sugarcane. The Chronica Botanica Co. Book Dep. Waltham Mass. USA p. 101-107.
34. VELAZQUEZ Z.G.; CARRILLO-CASTAÑEDA, G. 1981. Cultivo de tejidos de *Saccharum officinarum* L. IV. Características agro-nómicas de plantas obtenidas *in vitro*. VIII Congreso Sociedad Mexicana de Botánica A.C. Morelia, Mich. México. 223 p.

Notas y comentarios

Plantas que evitan la competencia

Charles Darwin mostró que las plantas de polinización cruzada producían una progenie mejor que las plantas autopolinizadas. Sin embargo, la autopolinización se ha desarrollado muchas veces entre las plantas con flores. Los botánicos han sugerido muchas razones sobre porqué esto puede ser así: mayor certeza de reproducción o la capacidad de colonizar más rápidamente nuevos habitats. R. Wyatt, del Departamento de Botánica de la Universidad de Georgia, en Athens, sugiere ahora que la competencia por polinizadores podría ser la razón para que se evolucionase

hacia la autopolinización en algunas especies (Journal of Ecology, vol. 74, p. 403).

Wyatt estudió a *Arenaria uniflora*, una planta americana de lugares rocosos. Normalmente, la planta es de polinización cruzada pero tiene formas autopolinizadoras en las lindes de su territorio. Wyatt no encontró correlación entre la variación ambiental y el método de polinización. La única diferencia parece ser la presencia de una especie emparentada, *Arenaria glabra*, la cual es polinizada por los mismos insectos. Sólo donde esta planta estaba presente, la *A. glabra* era autopolinizadora. *A. glabra* tiene flores más grandes y vistosas que *A. uniflora* y Wyatt sugiere que los insectos polinizadores se dirigen a las flores más vistosas. *A. uniflora*, según parece, ha desarrollado una forma autopolinizada para sobrevivir en los sitios en que ha perdido la competición por atraer a los insectos polinizadores. A.G.

COMPARACION ENTRE ALGUNOS METODOS PARA ESTIMAR EL AREA FOLIAR EN ARACEAS COMESTIBLES¹/

J.A. SOTO*, R.A. MORENO**, J.A. ARZE*

Summary

In order to estimate indirectly, yet accurately, the leaf area for four species of edible aroids, seven methods based on measurements of leaf parts were devised. These measurements included: the distance between the petiole insertion and (1) the leaf apex, (2) the extreme right margin of the leaf lobe, and (3) the point of union between the two lobes. It was found that leaf areas estimated in this way and those measured electronically were very similar. By comparing the sums of the differences between real and estimated (indirectly calculated) foliar areas, an optimum method was calculated for each species.

Introducción

El crecimiento de las plantas se puede analizar en función del área foliar, la cual es una característica que puede ser más importante que la misma capacidad fotosintética de las hojas individuales (7).

La productividad de una población vegetal se puede medir a través de la intensidad de asimilación neta, que es la cantidad de materia seca elaborada por unidad de área foliar y de tiempo. También se usa el índice de área foliar que es la relación entre el área foliar y la superficie de suelo ocupado por la planta. Cuando los valores de estas variables son altos, la productividad también es alta (6, 7).

En los géneros comestibles de la Familia Araceae, *Xanthosoma* y *Colocasia*, existe correlación positiva entre el área foliar que se desarrolla durante el ciclo de crecimiento y la producción de cormos y cormellos (8, 9). Esta correlación es mayor durante la etapa de máximo desarrollo foliar de las plantas, que ocurre entre los cinco y siete meses después del estableci-

miento (3, 4, 5, 10). De esta manera, la determinación del área foliar, durante algunas etapas del ciclo de crecimiento, se puede utilizar para hacer predicciones acerca del posible rendimiento de cormos y cormellos con anticipación a la época misma de cosecha (8). Otro uso importante que se puede dar a la determinación del área foliar producida, es en investigación con estos géneros de aráceas comestibles, en donde, a través de esta variable se puede medir la respuesta a los tratamientos que se evalúan.

La determinación del área foliar en estas especies debería de hacerse indirectamente, de manera que no se sacrificuen las plantas en cada período de medición, ya que en las poblaciones comerciales representaría una práctica antieconómica y en poblaciones experimentales obligaría a ampliar el área de cultivo.

En la literatura se describen algunos métodos de estimación de área foliar en aráceas basados en relaciones entre el área foliar real y algunas mediciones lineales de las hojas. Chapman (2) describe una metodología que consiste en medir una muestra de hojas la distancia desde el punto de inserción del pecíolo con la lámina hasta el ápice de la misma (longitud de la nervadura central) y la distancia desde el mismo punto de inserción del pecíolo hasta el extremo de los lóbulos (longitud del lóbulo). Estas mediciones se relacionan por una regresión lineal $Y = a + b x$, en la cual $Y =$ área foliar estimada, $x =$ longitud de la nervadura central (longitud del lóbulo)²/1000.

1 Recibido para publicación el 1 de agosto de 1985.

* Departamento de Producción Vegetal, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.

Otro método, usado por Vásquez y Torres (9), se basa en la medición en una muestra de hojas del área foliar y de la longitud de la nervadura central. Dividiendo el área foliar real entre la longitud de la nervadura central, se obtiene un valor para cada hoja; el promedio de estos valores se usa como un factor de corrección. Para estimar el área foliar se multiplica la longitud de la nervadura central (medida en el campo sin eliminar la hoja) por sí misma y por el factor de corrección.

El objetivo de este trabajo consistió en desarrollar otros métodos de estimación del área foliar a partir de métodos ya descritos en la literatura, aplicarlos a dos géneros comestibles de la Familia Araceae y evaluar la eficiencia y exactitud, tanto de los métodos originales como de los derivados de ellos.

Materiales y métodos

Se utilizaron cuatro especies de aráceas comestibles presentes en la colección de germoplasma del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba, Costa Rica. En ellas están representados los tipos comunes de los dos géneros: tiquisque blanco (*Xanthosoma sagittifolium* Schott), tiquisque morado (*Xanthosoma violaceum*), malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott var. *esculenta*-tipo dasheen), y ñampí (*Colocasia esculenta* L. Schott var. *antiquorum* Schott y Rehdertipo eddoe).

De cada especie se colectó una muestra de más de 150 hojas, incluyendo todos los tamaños. Se dibujaron sobre papel, se recortaron y se midió el área foliar real por medio de un medidor electrónico¹. Además

¹ Medidor fotométrico de área foliar LI 3000. LAMBA Instruments Corp. Lincoln, Nebraska, USA.

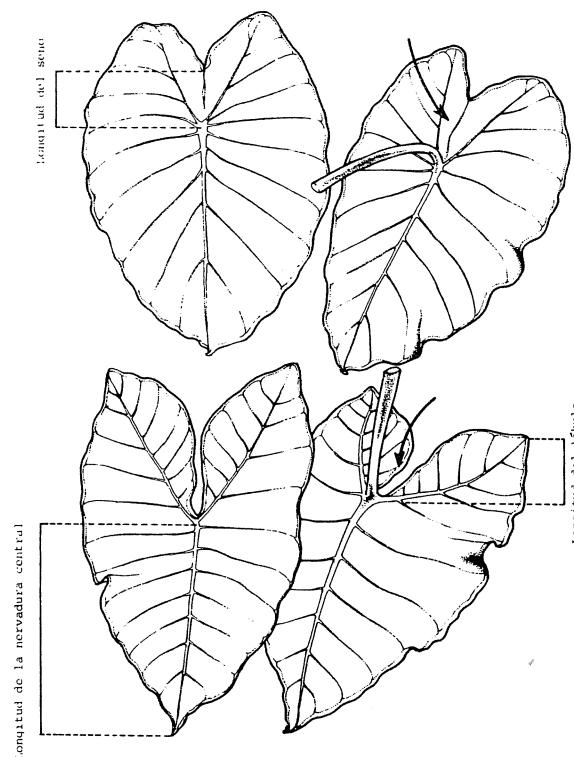


Fig. 1. Esquema de hojas de *Colocasia* sp (parte superior) y de *Xanthosoma* sp (parte inferior).

de cada hoja se midió la longitud de la nervadura central, del lóbulo derecho y del seno; este último solo en el género *Colocasia*. Estas mediciones corresponden a las distancias que existen entre el punto de inserción del pecíolo con la lámina hasta el ápice de la misma, hasta el extremo de los lóbulos y hasta la unión de ambos lóbulos (Fig. 1).

Cuadro 1. Ecuaciones de regresión y coeficientes de correlación entre el área foliar real y el área foliar estimada a través de medidas lineales en hojas de malanga (*Colocasia esculenta* var. *esculenta*-tipo dasheen); ñampí (*C. esculenta* var. *antiquorum*-tipo eddoe); tiquisque blanco (*Xanthosoma sagittifolium* Schott) y tiquisque morado (*X. violaceum*), Turrialba, Costa Rica, 1983.

| Método* | CULTIVOS | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------|-----------------------------------|------------------|-----------------------------------|------------------|--|
| | Malanga | | Ñampí | | Tiquisque blanco | | Tiquisque morado | |
| Ecuación de regresión** | R ² | Ecuación de regresión | R ² | Ecuación de regresión | R ² | Ecuación de regresión | R ² | |
| 1 A = 248.62 X ₁ 0.66589 | 0.9912 | A = 241.73 X ₁ 0.68119 | 0.9914 | A = 204.74 X ₁ 0.65844 | 0.9524 | A = 178.7 X ₁ 0.65977 | 0.9928 | |
| 2 A = 390.29 X ₂ 0.49758 | 0.9883 | A = 399.61 X ₂ 0.48866 | 0.9696 | | | | | |
| 3 A = 1.495 X ₃ 1.925 | 0.9868 | A = 1.535 X ₃ 1.9448 | 0.9911 | A = 1.132 X ₃ 2.0036 | 0.9198 | A = 1.0567 X ₃ 2.0185 | 0.9846 | |
| 4 A = 8.422 X ₄ 2.016 | 0.9839 | A = 2.810 X ₄ 2.0694 | 0.9785 | A = 3.440 X ₄ 1.9092 | 0.9425 | A = 2.602 X ₄ 1.9404 | 0.9868 | |
| 5 A = 16.684 X ₅ 1.8662 | 0.9288 | A = 38.968 X ₅ 1.447 | 0.7653 | | | | | |
| 6 A = 10.07 + 0.9394 X ₆ | 0.9925 | A = 19.56 + 0.9179 X ₆ | 0.9675 | A = 49.56 + 0.9317 X ₆ | 0.8687 | A = 1.17 + 1.0090 X ₆ | 0.9850 | |
| 7 A = 17.20 + 1.0584 X ₇ | 0.9814 | A = 47.09 + 1.1673 X ₇ | 0.9691 | A = 42.13 + 1.9320 X ₇ | 0.8771 | A = 6.489 + 0.9641 X ₇ | 0.9873 | |

* En el método seis, los factores usados fueron 1.2397; 1.3372; 1.1692 y 1.1242 para malanga, ñampí, tiquisque blanco y tiquisque morado respectivamente. En el método siete los factores, en el mismo orden, fueron 3.5837; 3.3486; 2.7211 y 2.2606.

** A = área foliar estimada (variable dependiente); X = variable independiente, varía con el método: X₁ = longitud de la nervadura central (LNC) x longitud del lóbulo derecho elevado al cuadrado (LL)²/1000; X₂ = LNC x (LL)² x longitud del seno (LS)/10 000; X₃ = LNC; X₄ = LL; X₅ = LS; X₆ = (LMC)₂ x factor; X₇ = (LL)² x factor.

Cuadro 2. Valores (cm^2) de la suma de diferencias absolutas entre el área foliar real y área foliar estimada de todas las hojas muestreadas ($n > 150$) a través de mediciones lineales con siete métodos diferentes, para el total de hojas medidas en cada especie. Turrialba, Costa Rica, 1983.

| Método | Diferencia* | Malanga | Nampí | Tiquisque blanco | Tiquisque morado |
|--------|--------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| 1 | Área - A_1 | 7 032 | 5 352 | 12 814 [†] | 5 125 [†] |
| 2 | Área - A_2 | 7 430 | 8 875 | - | - |
| 3 | Área - A_3 | 6 513 | 5 182 [†] | - | - |
| 4 | Área - A_4 | 10 198 | 8 784 | 15 961 | 7 084 |
| 5 | Área - A_5 | 14 457 | 27 758 | 15 205 | 7 158 |
| 6 | Área - A_6 | 6 228 [†] | 5 450 | 16 260 | 7 132 |
| 7 | Área - A_7 | 10 101 | 8 793 | 15 393 | 6 958 |

* Área foliar real - área foliar estimada

† Método con la menor diferencia acumulada (mejor ajuste)

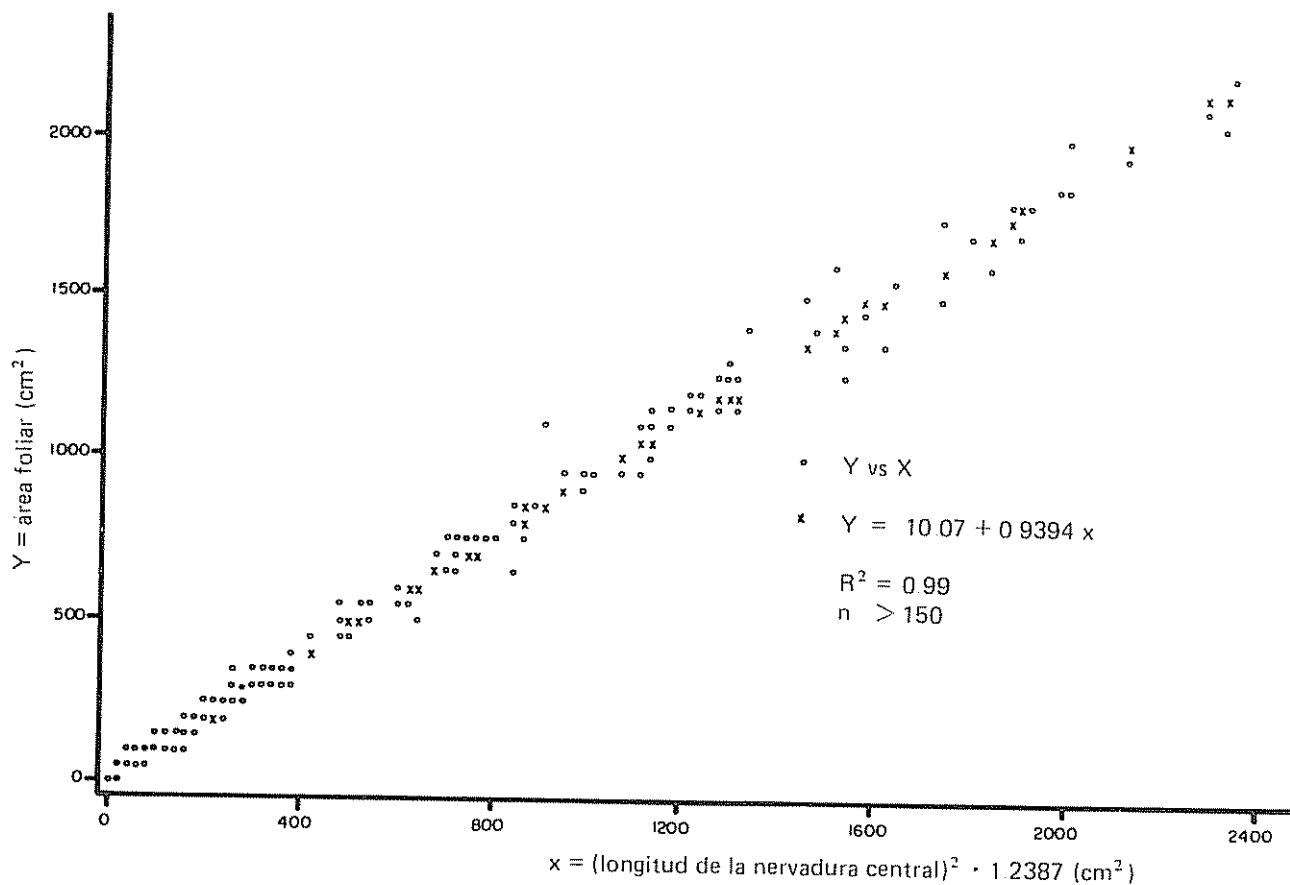


Fig. 2. Representación gráfica del área foliar real (•) y estimada (x) de hojas de malanga en relación con la (longitud de la nervadura central) $^2 \cdot$ factor.

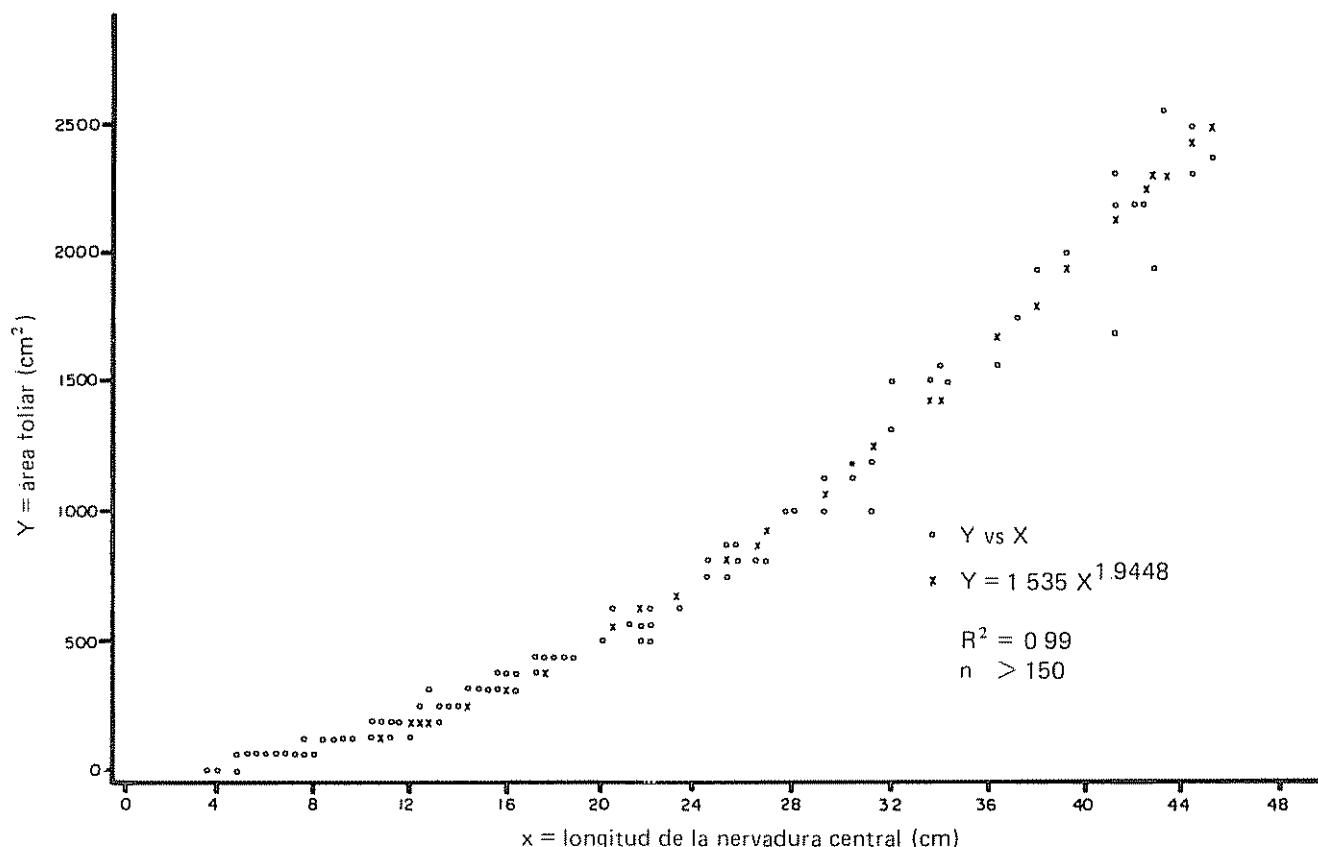


Fig. 3 Representación gráfica del área foliar real (○) y estimada (x) de hojas de ñampí en relación con la longitud de la nervadura central

Con base en los métodos de estimación de área foliar descritos en la literatura (2, 9) e incluyendo a ellos mismos, se establecieron siete diferentes combinaciones de las mediciones de la nervadura central, lóbulo y seno que fueron:

- 1 = LNC · (LL)²/1000
- 2 = LNC · (LL)² · LS/10 000
- 3 = LNC
- 4 = LL
- 5 = LS⁺
- 6 = (LNC)² · factor de corrección⁺⁺
- 7 = (LL)² · factor de corrección⁺⁺

donde:

- LNC = longitud de la nervadura central de la hoja
- LL = longitud del lóbulo derecho de la hoja
- LS = longitud del seno de la hoja
- + = únicamente para el género *Colocasia*
- ++ = factores de corrección determinados por promedio de las relaciones: área real/(LNC)² para la combinación 6; área real/(LL)² para la 7.

Cada una de las siete combinaciones se relacionó en forma gráfica con el área foliar real de las hojas. Para las primeras cinco combinaciones la relación con el área foliar mostró una tendencia ajustable a una función potencial $Y = a x^b$, donde: Y = variable dependiente (área foliar estimada), x = variable independiente (combinación de las mediciones de la nervadura central, lóbulo y seno), a = valor de la intersección X e Y, b = coeficiente de regresión (pendiente).

Para estimar los valores de a y b se transformó la función así: $\ln Y = \ln a + b \ln x$, y se hizo una regresión del $\ln Y$ en $\ln X$ para obtener el $\ln a$ y b . Para graficar se usó $Y = a x^b$, donde $a = e^{\ln a}$ o antilogaritmo de $\ln a$.

La relación de las combinaciones seis y siete con el área foliar real, mostró una tendencia ajustable a una función lineal $Y = a + bx$, se hizo una regresión de Y en X y se determinó el valor de a y b.

En cada una de las siete formas de estimación del área foliar usadas, se determinó el grado de asociación entre las variables X e Y o coeficiente de correlación

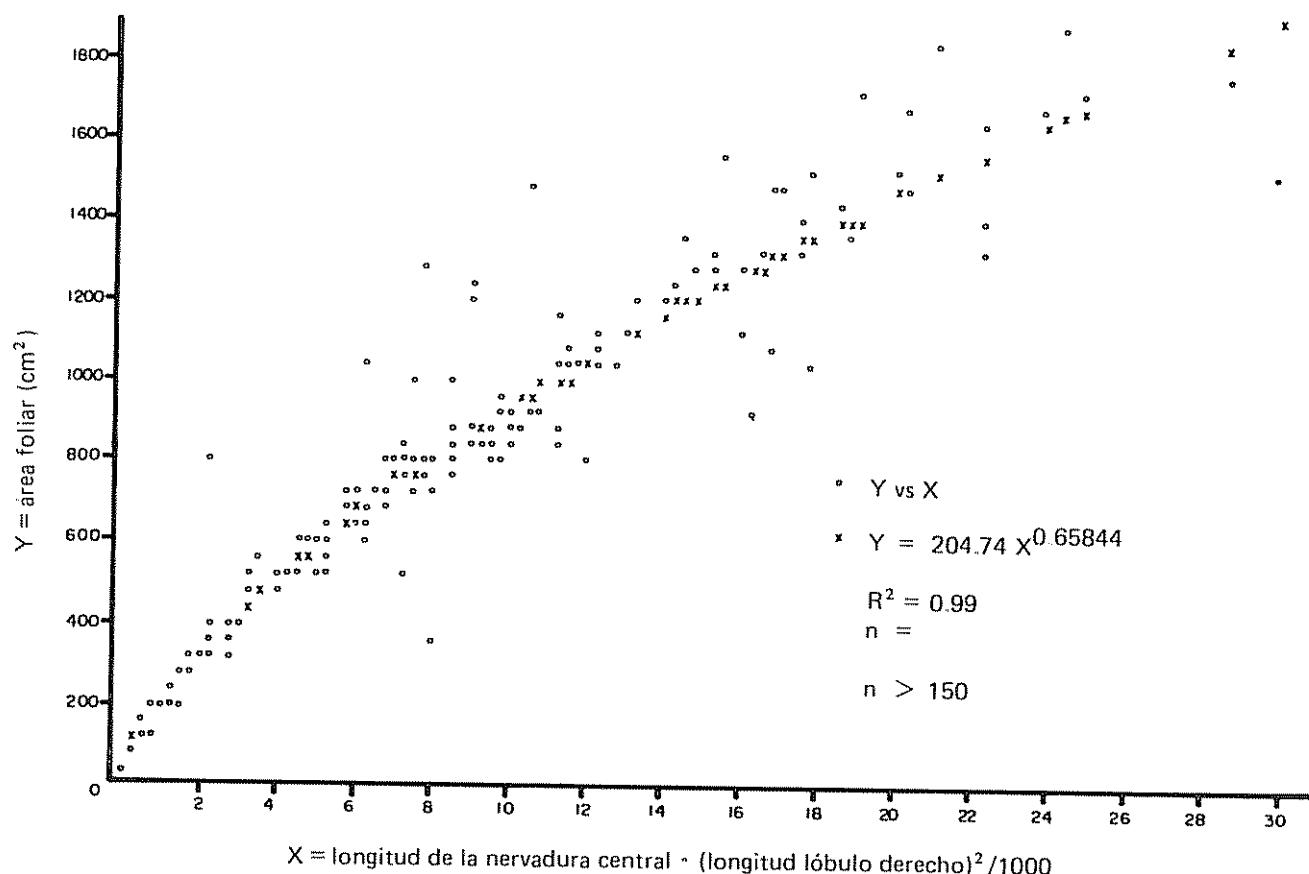


Fig. 4. Representación gráfica del área foliar real (o) y estimada (x) de hojas de Tiquisque blanco en relación con un valor de $X = \text{longitud de la nervadura central} \times (\text{longitud lóbulo derecho})^2 / 1000$.

(R^2). También se obtuvo la diferencia entre el área foliar real y el área foliar estimada con las ecuaciones para todas las observaciones de las muestras seleccionadas, y la suma de desviaciones, lo que permitió comparar la bondad de los métodos usados para estimación de área foliar.

Resultados y discusión

En todos los métodos de estimación de área foliar utilizados, el grado de asocio o coeficiente de correlación entre el área foliar real y el área foliar estimada, fue mayor en el tiquisque morado (*X. violaceum*) y malanga (*Colocasia esculenta* var. *esculenta-tipo dasheen*) en relación con las demás especies evaluadas.

Un resultado importante en esta investigación lo constituye la observación de que la relación entre el área foliar real y la combinación de medidas de la hoja dada por: longitud de la nervadura central × (longitud de lóbulo derecho)²/1000, no presenta real-

mente una tendencia de tipo lineal, tal como lo describió Chapman (2), sino que se ajusta de mejor forma a una función de tipo potencial $Y = a x^b$ (Figs. 4 y 5).

Las diferentes metodologías de estimación de área foliar se basaron en las mediciones de partes de la hoja misma, como lo son la distancia entre el punto de inserción del pecíolo con la lámina hasta el ápice de la misma, hasta el extremo del lóbulo derecho y hasta el punto de unión de los lóbulos. Esta última es la menos recomendable ya que el coeficiente de correlación que se obtuvo con la relación entre el área foliar real con la longitud del seno (combinación 2) fue el de menor grado de ajuste, en comparación con las demás combinaciones o metodologías evaluadas (Cuadro 1).

Se obtuvo la suma de diferencias entre el área foliar real y el estimado con cada una de las metodologías, para todas las observaciones de muestras de hojas seleccionadas en el campo y se determinó que

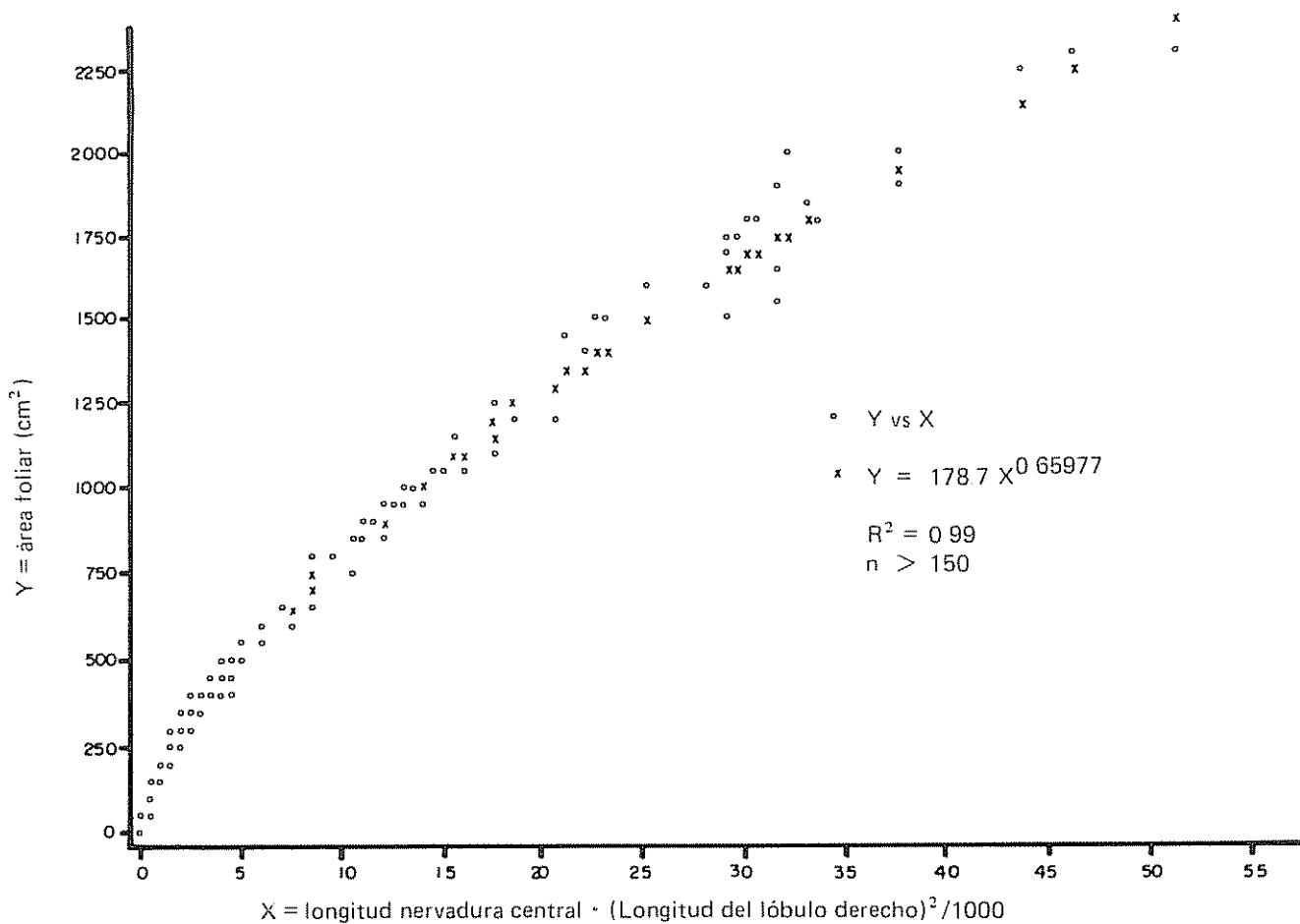


Fig. 5 Representación gráfica del área foliar real (○) y estimada (x) de hojas de Tiquisque en relación con un valor de X = longitud de la nervadura central • (longitud del lóbulo 1000

los métodos de mejor ajuste (menor diferencia acumulada) son: el 6 para malanga, el 3 para ñampí y el 1 para tiquisque blanco y morado (Cuadro 2).

En las Figs. 2, 3, 4 y 5 se presenta una comparación entre las tendencias de los datos reales y de los estimados en los métodos de mejor ajuste para cada cultivo.

Las ecuaciones obtenidas como de mejor ajuste en cada uno de los cultivos se pueden utilizar en investigaciones futuras como una herramienta de estimación del área foliar, a partir de mediciones lineales de las hojas en el campo. Contribuyen a facilitar la labor del investigador, además de incrementar el conocimiento adquirido sobre las aráceas comestibles.

Resumen

Con el propósito de encontrar un método exacto para medir indirectamente el área foliar en cuatro

especies de aráceas comestibles, se diseñaron siete métodos indirectos diferentes basados en mediciones de partes de la hoja. Estas mediciones incluyeron la distancia entre el punto de inserción del pecíolo hasta el ápice de la hoja; hasta el extremo del lóbulo derecho y hasta el punto de unión de los lóbulos. Las áreas foliares determinadas indirectamente se compararon con los valores reales de área foliar obtenidos electrónicamente. Con base en la suma de las diferencias entre el área foliar real y el calculado indirectamente, se seleccionó el método de mejor ajuste para cada una de las especies.

Literatura citada

- CALZADA BENZA, J. 1970. Métodos estadísticos para la investigación. Lima, Perú, Jurídica. 611 p.
- CHAPMAN, T. 1964. A note on the measurement of leaf area of the Tannia (*Xanthosoma*

- ma sagittifolium)* Tropical Agriculture 41:351-352.
3. ENYI, B.A.C. 1967a Effects of age on establishment and yield of cocoyam setts (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). Experimental Agriculture 3:121-127.
4. ENYI, B.A.C. 1967b Effects of spacing, sett size, ridging and mulching on the development and yield of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). Tropical Agriculture 44:53-60.
5. ENYI, B.A.C. 1968. Growth of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). Indian Journal of Agricultural Science 38:627-633.
6. LARCHER, W. 1977. Ecología Vegetal. Barcelona, España. Omega. 205 p.
7. LEOPOLD, A.C.; KRIEDEMANN, P.E. 1975. Plant growth and development. 2nd edition, New Delhi, Mac Graw Hill. 545 p.
8. REDDY, V.B.; MEREDITH, W.F.; BROWN, B.T. 1968. A note on the relationship between corm yield and certain leaf measurements in Taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). Tropical Agriculture 45:243-246.
9. VASQUEZ BECALLI, E.; TORRES GARCIA, S. 1974. Influencia del materia de siembra sobre el crecimiento y desarrollo de *Xanthosoma sagittifolium* Schott (var. blanca). Centro Agrícola (Cuba). 1:31-43.
10. VASQUEZ BECALLI, E.; TORRES GARCIA, S. 1974. Crecimiento y desarrollo de *Colocasia esculenta* Schott (var. isieña japonesa) y *Xanthosoma sagittifolium* Schott (var. blanca) en condiciones de secano en Cuba. Centro Agrícola (Cuba) 3:9-24.
11. WALKER, E. 1979. Algunas relaciones no lineales y su aplicación en la investigación agrícola. /n.p./. 24 p.

Notas y comentarios

Intercambio de genes en el proceso evolucionario

Las novedades genéticas constituyen la materia prima de la evolución y se considera que emergen de dos fuentes principales, las mutaciones en las células germinales y la mezcla de genes durante la reproducción sexual. Pero, muchos científicos están ahora especulando sobre otra posible fuente, la transferencia directa de material genético de una especie a otra.

Si tal transferencia a través de la barrera que separa a las especies puede ocurrir en cierto grado significativo, entonces las ideas sobre el mecanismo de la evolución pueden ser radicalmente transformadas. Como han señalado recientemente Douglas Erwin y James Valentine, de la Universidad de California, la transferencia de genes entre especies permitiría que la evolución ocurriese en pasos más rápidos y drásticos de lo que se había pensado anteriormente (*Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, vol. 81, p. 5482).

Los candidatos más favorecidos y familiares para la tarea de portadores de genes entre especies son los virus, los que pueden hacer dos cosas que podrían darles este importante papel en la evolución. Primero, ellos pueden recoger material genético de los cromosomas de las células infectadas e incorporarlo en el genoma vírico. Segundo, ellos pueden más tarde depositar este material genético capturado, dentro de los cromosomas de otras células hospedantes.

Así, los virus tienen la capacidad de transportar genes enteros, del DNA de un organismo hasta el de otro, quizás de una especie diferente.

Aunque el efecto de tales transferencias podría normalmente ser dañina, ocasionalmente un gen útil, o un grupo de genes, podrían llegar a ser incorporados dentro del DNA de las células germinales del organismo hospedante. Esto podría permitir que futuras generaciones, derivadas de estas células germinales, se desarrollen hacia un nuevo y más exitoso organismo.

Los virus no son los únicos candidatos para efectuar transferencia de genes entre especies. Los "transposones" (pequeñas secciones de DNA móvil que ocasionalmente escapan a través de las fronteras entre especies), pueden también realizar la tarea. Ciertamente, los transposones bacterianos se sabe con certeza que transfieren genes útiles entre especies de bacterias, así que quizás aquéllos de los organismos más altos podrían hacerlo también.

El creciente interés en la posibilidad de transferencia de genes entre especies está reviviendo la teoría del "monstruo promisorio" de Richard Goldschmidt (*The Material Basis of Evolution*, Yale, 1950). La teoría proponía que la evolución podría proceder no sólo por la lenta acumulación de muchas pequeñas mutaciones, sino también por el nacimiento de "monstruos" ocasionales cuyas deformidades podrían en realidad darles una ventaja. Una dificultad primordial con esta idea es que habría con seguridad poca oportunidad de que aparecieran al mismo tiempo y en el mismo lugar monstruos similares como para producir una población reproductiva. Pero si los monstruos fueran generados por una infección vírica, entonces sería perfectamente posible una aparición simultánea de monstruos similares en una comunidad.

Michael Syvanen, de la Universidad de Harvard, ha sugerido que la transferencia interespecífica de genes podría explicar tales "identidades" como las sendas de desarrollo similar seguidas por especies lejanamente relacionadas, o aún hasta la universalidad del código genético (*J. Theor. Biol.* vol. 112, p. 333). Argumenta que la presión evolucionaria mantiene el desarrollo y los procesos genéticos de especies distantes tan similares como sea posible. Esto maximiza las oportunidades para que genes transferidos de una especie sean capaces de incorporación útil en el programa de desarrollo de otra especie.

En medio de todo, estas alegres especulaciones hay en realidad alguna buena evidencia que sugiere que la transferencia interespecífica de genes ha ocurrido en la evolución. Por lo menos seis genes han sido hasta ahora identificados como fuertes candidatos para participación en tales eventos en el pasado (*Science*, vol. 217, p. 42).

Aquéllos que creen que la evolución presenta un "equilibrio puntuado", en el que largos períodos de calma evolutiva están puntuados por cortas erupciones de cambio rápido, estarán prestando un agudo interés en el desarrollo de estas nuevas ideas tan poco ortodoxas. Ellos podrán decirnos cómo se produjeron las dramáticas novedades en la evolución.

Hay algunas otras herejías en la teoría evolucionaria, especialmente una que parece que está recibiendo alguna confirmación experimental. Se trata de la evolución por endosimbiosis, sostenida desde hace años por una mujer, Lynn Margulis. La biología molecular moderna ha producido evidencia convincente de que los cloroplastos, esas estructuras que hacen que las plantas hagan la fotosíntesis, fueron en un principio bacterias independientes. Pero, esta fascinante historia la dejaremos para otra ocasión. Adalberto Gorbitz.

COMUNICACIONES

The effect of weed competition on the growth and nutrient content of oil palm seedlings¹/

Resumen. Se sembraron en bolsas de polietileno semillas brotadas de palma de aceite. El desyerbe de las mismas y de los alrededores se realizó a cuatro, ocho, y 20 semanas después de la siembra. Posteriormente, se desyerbaron a intervalos de dos, cuatro, seis y ocho semanas.

Las prácticas de demorar el primer desyerbe e incrementar los intervalos entre desyerbes subsecuentes restringieron el crecimiento de la palma. Los porcentajes de N, P, K, Mg y Ca en las hojas, tallos y ráscas de las plántulas no fueron afectados significativamente por los diferentes tratamientos de desyerbar. Sin embargo, el contenido de estos nutrientes en las plántulas enteras fue disminuido tanto por el hecho de demorar el primer desyerbe como por extender los intervalos entre subsecuentes desyerbes.

There is scant information on the effect of weeds on the nutrient content of oil palm seedlings. This aspect of weed-crop competition is important because of the metabolic roles of nutrients in crop growth. Incidence and/or a reduction in either light, water or nutrients available to the crop could result in decreased crop growth and yield (3, 8). Weeds generally accumulate considerable amount of nutrients at the expense of cultivated crops whose yields thus fall, particularly when the soil content of these nutrients is low (7, 9).

El-Shafey, El-Hattab and Monged (4) reported that N content of weeds associated with maize was highest when N fertilization was not done, while the mineral content of maize generally increased with an increasing level of nitrogen fertilization. They attributed this to rapid growth of maize under high N levels which suppressed the associated weeds. Aya (1) found that

a pure culture of *Amaranthus spinosus* L. in competition with polybag oil palm seedlings decreased the growth of the latter by interfering with the efficiency of water and fertilizer utilization by the seedlings. Also, delayed weeding of the *A. spinosus* beyond 16 weeks after sowing irreversibly retarded oil palm seedling growth.

Handweeding with simple tools like hoes and machetes is usually employed in weed control in peasant agriculture in Nigeria, although herbicidal control is practised in government agricultural research institutes and plantations. Handweeding requires that the weeds be allowed to grow to a size suitable for easy removal, which usually results in delayed weeding and yield losses. In Nigeria, handweeding the polybags as well as the intervening ground at intervals of two-four weeks, starting about four weeks after sowing, is practised in oil palm nurseries. This study reports on how long the initial and subsequent weedings could be delayed without adverse effect on the growth and nutrient content of oil palm seedlings.

Materials and methods

A randomized — block experiment with split plots and three replications was conducted at the nursery of the Nigerian Institute for Oil Palm Research (NIFOR). Sprouted oil palm seeds were sown on May 28, 1980 in black polybags (35 x 40 cm, 0.013 gauge) filled with nursery top soil and spaced 45 cm apart. Weeding of the polybags and surrounding ground was delayed for four, eight, 12, 16 and 20 weeks after sowing (main plots). Thereafter, weeding was carried

out at two, four, six and eight week intervals (subplots). Plot size was 5 x 7.7 m and both the polybags and the intervening ground were weed-free at sowing. Routine nursery cultural practices for the oil palm, including fertilizer application, were carried out as outlined by Gunn, Sly and Chapas (5).

The weeds from both the polybags and the ground were handpulled at each weeding treatment and oven-dried to constant weight. The cumulative dry weights for the weeds are given in Tables 1 and 2. The experiment was terminated 12 months after sowing and 10 seedlings were sampled from each subplot for the determination of dry weights of leaf, stem and roots and of percentage of nutrient content. The nursery and laboratory procedures for these were similar to those described by Iremire (6).

Data collected were subjected to a split-plot analysis of variance from which the various standard errors of the means were calculated.

Results and discussion

The predominant weeds observed in the experimental site were *Celosia trigyna* L., *Oldenlandia*

corymbosa L., *Ageratum conyzoides* Linn., *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd., *Digitaria horizontalis* Willd., *Phyllanthus niruri* L. and *Portulaca oleracea* Linn. These formed canopies which, to different degrees, enclosed the oil palm seedlings when time of first weeding was delayed until 12, 16 and 20 weeks after sowing, but not in the other weeding treatments. Weed occurrence was significantly increased ($P < 0.001$) by both successive delays in time of first weeding and increasing weeding intervals (Tables 1 and 2).

A reduction in the growth of the leaf, stem and root fractions and whole seedling dry weight occurred with both delayed times of initial weeding and increasing weeding intervals (Tables 1 and 2). The decreased growth was significant only in the leaf fraction ($P < 0.001$ for main plot; $P < 0.05$ for subplot). The decrease in whole seedling dry weight with increased weed competition was significant ($P < 0.01$) only when initial weeding was delayed until 20 weeks after sowing. This supports the Aya's results (1), in which *A. spinosus* in competition with oil palm seedlings irreversibly retarded the growth of the latter only when initial weeding was delayed beyond 16 weeks after sowing.

Table 1. Effect of time of first weeding on distribution of dry matter in oil palm seedling at 12 months (g/plant) and cumulative dry weight of weeds (g/m² land).

| | Time of first weeding (wk) | | | | | S.E. ± |
|----------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | |
| Leaf | 101.0 | 97.8 | 95.2 | 72.2 | 43.8 | 7.4 |
| Stem | 49.8 | 49.2 | 38.2 | 47.9 | 24.6 | 7.8 |
| Roots | 34.2 | 30.7 | 26.6 | 25.2 | 21.3 | 4.1 |
| Whole seedling | 185.0 | 177.7 | 160.0 | 145.3 | 89.7 | 14.9 |
| Weeds | 275.0 | 322.1 | 691.4 | 841.8 | 142.4 | 83.9 |

Table 2. Effect of weeding intervals on distribution of dry matter in oil palm seedling at 12 months (g/plant) and cumulative dry weight of weeds (g/m² land).

| | Weeding intervals (wk) | | | | | S.E. ± |
|----------------|------------------------|-------|-------|-------|------|--------|
| | 2 | 4 | 6 | 8 | | |
| Leaf | 100.8 | 83.9 | 77.5 | 65.8 | 10.2 | |
| Stem | 48.8 | 36.2 | 42.0 | 40.8 | 6.1 | |
| Roots | 29.8 | 26.9 | 28.7 | 25.0 | 3.4 | |
| Whole seedling | 179.4 | 147.0 | 148.2 | 131.6 | 17.4 | |
| Weeds | 508.6 | 600.6 | 640.3 | 868.6 | 36.3 | |

The percentages of N, P, K, Mg and Ca in the leaf, stem and root fractions respectively were not significantly affected by increased weed competition arising from the delay in the time of first weeding and the increasing weeding intervals (Tables 3 and 4). However, this was not so for whole seedling content of N, P, K, Mg and Ca (Tables 5 and 6). Delay in time of first weeding significantly decreased whole seedling content of all these nutrients except N, while decreases arising from longer weeding intervals were not significant. The decrease in general seedling nutrient content has more to do with the weeds' effect on seedling dry weight than with a reduction in the percentage of nutrient concentration. This is because weed competition was severe enough to affect seedling dry weight, but not the percentages of N, P, K, Mg and Ca in the seedlings. There were no significant interactions between the time of initial weeding and weeding intervals for all the parameters studied.

The non-significant effect of weed competition on nutrient concentration in plant material may be due to competition between oil palm seedlings and weeds was for light or possibly water, rather than for mineral nutrients. Competition for light was patent

when time of first weeding was delayed for 12, 16 and 20 weeks after sowing because the canopies formed by the weeds completely enclosed the seedlings. Such competition for light was not detrimental to the growth of the oil palm seedlings, except when weeding was delayed for 20 weeks, as they recovered after initial weed removal (Table 1). Competition for water was probable in the dry season (December-March), only in subplot treatments, as all the weedings in the main plot treatments occurred during the rainy season (May-November), before the onset of the dry period. The lack of any significant effect on nutrient concentration caused by weeds might also be due to the fact that reduction of whole seedling dry weight with various weeding treatments occurred over a range where nutrient concentration was barely affected, as illustrated by Bates (2).

In conclusion, the results from this study show that initial weeding of polybags and the surrounding ground delayed beyond 16 weeks after sowing significantly reduced oil palm seedling growth, while weeding intervals up to eight weeks did not. Weed competition had no significant effect on nutrient concentration in plant parts.

Table 3. Effect of time of first weeding on nutrient content of plant parts (%).

| Nutrients | Time of first weeding (wk) | | | | | S.E. ± |
|-----------|----------------------------|------|------|------|------|--------|
| | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | |
| Leaf | | | | | | |
| N | 1.07 | 1.07 | 1.04 | 0.94 | 1.03 | 0.07 |
| P | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.19 | 0.20 | 0.01 |
| K | 1.42 | 1.45 | 1.38 | 1.14 | 1.41 | 0.11 |
| Mg | 0.47 | 0.46 | 0.44 | 0.44 | 0.47 | 0.03 |
| Ca | 0.67 | 0.71 | 0.70 | 0.62 | 0.64 | 0.04 |
| Stem | | | | | | |
| N | 1.69 | 1.58 | 1.37 | 1.16 | 1.56 | 0.27 |
| P | 0.34 | 0.31 | 0.32 | 0.31 | 0.34 | 0.03 |
| K | 1.56 | 1.63 | 1.43 | 1.30 | 1.47 | 0.10 |
| Mg | 0.43 | 0.44 | 0.43 | 0.40 | 0.40 | 0.02 |
| Ca | 0.59 | 0.59 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.02 |
| Roots | | | | | | |
| N | 1.00 | 0.82 | 0.93 | 0.89 | 1.03 | 0.07 |
| P | 0.14 | 0.11 | 0.12 | 0.12 | 0.13 | 0.01 |
| K | 1.50 | 1.55 | 1.61 | 1.63 | 1.59 | 0.09 |
| Mg | 0.09 | 0.07 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.01 |
| Ca | 0.47 | 0.48 | 0.48 | 0.50 | 0.52 | 0.03 |

Table 4. Effect of weeding intervals on nutrient content of plant parts (%).

| Nutrients | Weeding intervals (wk) | | | | S.E. ± |
|-----------|------------------------|------|------|------|--------|
| | 2 | 4 | 6 | 8 | |
| Leaf | | | | | |
| N | 1.10 | 1.03 | 0.99 | 1.01 | 0.06 |
| P | 0.19 | 0.18 | 0.19 | 0.19 | 0.01 |
| K | 1.33 | 1.20 | 1.35 | 1.57 | 0.14 |
| Mg | 0.43 | 0.45 | 0.45 | 0.50 | 0.04 |
| Ca | 0.66 | 0.62 | 0.69 | 0.71 | 0.03 |
| Stem | | | | | |
| N | 1.45 | 1.49 | 1.36 | 1.57 | 0.16 |
| P | 0.32 | 0.34 | 0.32 | 0.32 | 0.03 |
| K | 1.46 | 1.56 | 1.55 | 1.35 | 0.10 |
| Mg | 0.43 | 0.46 | 0.41 | 0.39 | 0.03 |
| Ca | 0.56 | 0.56 | 0.55 | 0.55 | 0.02 |
| Roots | | | | | |
| N | 0.92 | 1.00 | 0.93 | 0.90 | 0.06 |
| P | 0.13 | 0.13 | 0.12 | 0.13 | 0.01 |
| K | 1.66 | 1.54 | 1.49 | 1.61 | 0.11 |
| Mg | 0.08 | 0.09 | 0.07 | 0.09 | 0.01 |
| Ca | 0.52 | 0.48 | 0.47 | 0.49 | 0.02 |

Table 5. Effect of time of first weeding on nutrient content of whole seedling (g/plant).

| Nutrients | Time of first weeding (wk) | | | | | S.E. ± |
|-----------|----------------------------|------|------|------|------|--------|
| | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | |
| N | 2.26 | 2.07 | 1.76 | 1.50 | 1.07 | 0.27 |
| P | 0.40 | 0.37 | 0.34 | 0.30 | 0.19 | 0.04 |
| K | 2.65 | 2.72 | 2.31 | 1.82 | 1.29 | 0.23 |
| Mg | 0.71 | 0.67 | 0.60 | 0.53 | 0.30 | 0.06 |
| Ca | 1.12 | 1.14 | 0.99 | 0.83 | 0.52 | 0.09 |

Table 6. Effect of weeding intervals on nutrient content of whole seedling (g/plant).

| Nutrients | Weeding intervals (wk) | | | | S.E. ± |
|-----------|------------------------|------|------|------|--------|
| | 2 | 4 | 6 | 8 | |
| N | 2.12 | 1.66 | 1.61 | 1.53 | 0.23 |
| P | 0.38 | 0.31 | 0.32 | 0.28 | 0.04 |
| K | 2.53 | 1.96 | 2.15 | 1.99 | 0.30 |
| Mg | 0.67 | 0.55 | 0.54 | 0.49 | 0.07 |
| Ca | 1.10 | 0.85 | 0.90 | 0.83 | 0.10 |

Acknowledgements

I thank the Director of NIFOR for permission to publish this paper. I appreciate the assistance rendered by various members of the Institute at different stages of the experiment.

April 9, 1985

G.O.IREMIREN*

* Present address: Department of Crop Production, Federal University of Technology, P M B 704, Akure, NIGERIA.

Literature cited

1. AYA, F.O. 1977. Studies on the importance of *Amaranthus spinosus* L. and *Eupatorium odoratum* L. in oil-palm nurseries and plantations. Ph.D. thesis, University of Ibadan, Ibadan.
2. BATES, T.E. 1971. Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation: a review. Soil Science: 112:116-130.
3. DONALD, C.M. 1963. Competition among crop and pasture plants. Advances in Agronomy. Academy Press, New York. 15:1-118.
4. EL-SHAFFEY, Y.H.; EL-HATTAB, H.; MONGED, N.O. 1975. NPK contents of maize plants and associated weeds as affected by nitrogen levels. Indian Journal of Agricultural Science: 45:316-320.
5. GUNN, J.S.; SLY, J.M.A.; CHAPAS, L.C. 1961. The development of improved nursery practices for the oil palm in West Africa. Journal of the West African Institute for Oil Palm Research: 3:198-232.
6. IREMIREN, G.O. 1984. The growth and nutrient content of polybag oil palm seedlings as affected by mulch materials and time of their application. Journal of Agricultural Science, Cambridge: 103:117-122.
7. KING, L.J. 1966. Weeds of the World: Biology and Control. Leonard-Hill Book, London, Interscience Publishers, Inc., New York.
8. VENGRIS, J.; COLBY, W.G.; DRAKE, M. 1955. Plant nutrient competition between weeds and corn. Agronomy Journal 47:213-216.
9. VENGRIS, J.; DRAKE, M.; COLBY, W.G.; BART, J. 1953. Chemical composition of weeds and accompanying crop plants. Agronomy Journal 45:213-218.

pH and acidity of home-canned tomatoes

Resumen. Se estudiaron la calidad y la seguridad sanitaria de tomates de la producción local en Río Colorado, Argentina, envasados en forma casera, a través de la determinación del pH y acidez titulable. Se describen los procedimientos de envasado utilizados en la región para preservación de tomate. Aún para los máximos valores de pH observados, la acidez total inhibe el desarrollo de *Clostridium botulinum*.

Tomatoes are harvested from September to February, depending on the different varieties and climatic characteristics of the country in question. Much of the production is sold fresh, and a large amount is canned by industries, but a considerable quantity is still home-canned, according to long-standing practices.

This home-canning procedure usually involves the use of heat to kill bacteria, molds and yeasts that cause spoilage of the product. In case of sporulated bacteria (e.g. *Clostridium botulinum*), the acidity of the tomato inhibits growth and development.

While the home-canning process for tomatoes has occasionally resulted in outbreaks of botulism, the incidence of outbreaks is negligible when compared with botulism caused by other preserved foodstuffs, and when one considers the great quantity of jars of tomatoes which are preserved annually at home.

pH and acidity of the samples were recorded to evaluate the quality and safety of home-canned tomatoes being grown and processed at Río Colorado, Argentina.

Materials and methods

Several home-canners were asked to contribute to this survey with five bottles of their own production of tomatoes. The samples represented the common processing procedures used, and as additional infor-

mation the following data were recorded: processing time, date of canning, variety and maturity of the tomatoes, additives and procedure used to process the product

There are three common methods used in canning tomatoes: a) heat the tomatoes to boiling temperature in an open kettle, then pour into boiled jars which are sealed with no further heat treatment; b) a water or vapour bath containing jars which are then filled with tomatoes, sealed and heated to boiling temperature for at least 15 - 30 minutes; and c) a water or vapour bath where the sealed jars are pressure-cooked at an average pressure of one atmosphere (14.7 psi) for 15 to 30 minutes.

Our survey showed that process (b) was preferred to both (a) and (c), and the processing time was always 30 minutes; 90% of the answers stated that slightly overripe plum tomatoes were used.

For a measurement of pH, half of the contents of each tomato jar was blended in a household blender for two minutes and pH was read using a Cole Parmer Digi-Sense LCD digital pH meter

The remainder of each container was thoroughly blended and aliquots of 20 g were removed from each sample to determine the titrable acidity. Eighty ml of distilled water were added to each 20 g sample, and the mixture was titrated with 0.01 M sodium hydroxide (Merck) solution to pH = 8.1 using a digital pH meter and magnetic stirrer. The resultant acidity is expressed as a percentage of citric acid.

Results and discussion

Table 1 shows the results recorded for pH and titrable acidity in 350 jars of home-canned tomatoes. The lower (3.6 to 3.8 units) and higher (4.5 to 4.7 units) pH values were represented by 16 to 20 samples respectively; therefore 314 samples (89.7 percent) showed medium values (3.9 to 4.4 units) with the highest frequency at pH = 4.1 (79 samples). The lowest pH value (pH = 3.6) and highest acidity content (2.113 ± 0.124 percent) may be attributable to the addition of citric and salicylic acids to the jars, according to statements on the questionnaire. It can be observed that the titrable acidity values decreased slightly as the pH rose from 4.0 to 4.7. Differences in pH and acidity among all tested jars were never greater than a normal Gaussian distribution

The maximum observed pH was 4.7 in 6 samples; similar results were reported by Mundt *et al* (5) in their studies of vacuum, pH and acidity in home-canned tomatoes and tomato juice. Earlier reports on influence of pH on *C. botulinum* development cited a pH value of 4.5 as the limit for toxin production (1, 4, 6). However, in later works by Lamb *et al* (3) it was found that the minimum pH for germination and development of *C. botulinum* is pH = 4.9.

From the results of this experiment it can be concluded that canning procedures presently used are adequate for home-canning of tomatoes. This conclusion is based on the fact that the observed pH values were sufficiently low to prevent development of *C. botulinum*.

Table 1. pH distribution and average acidity content in a batch of 350 jars of home-canned tomatoes.

| pH | Number of samples | Titrable acidity (%) | |
|-----|-------------------|----------------------|-------|
| | | Mean | S.D. |
| 3.6 | 3 | 2.113 | 0.124 |
| 3.7 | 4 | 1.365 | 0.091 |
| 3.8 | 9 | 0.634 | 0.053 |
| 3.9 | 37 | 0.517 | 0.060 |
| 4.0 | 62 | 0.459 | 0.037 |
| 4.1 | 79 | 0.462 | 0.021 |
| 4.2 | 64 | 0.431 | 0.053 |
| 4.3 | 43 | 0.420 | 0.040 |
| 4.4 | 29 | 0.425 | 0.057 |
| 4.5 | 5 | 0.401 | 0.022 |
| 4.6 | 9 | 0.379 | 0.030 |
| 4.7 | 6 | 0.392 | 0.051 |

Summary

Quality and safety of home-canned tomatoes were studied through determination of pH and titrable acidity in a batch of tomato jars from Río Colorado, Argentina. Long-standing canning procedures used for tomato preservation are described. At the maximum observed pH, acidity still inhibits development of *Clostridium botulinum*.

Acknowledgements

Thanks are due to Cooperativa de Río Colorado, whose members kindly obtained the samples used to carry out this experiment.

10 October, 1985

S.S. PEREZ*
H.O. QUARANTA**
J.L. PICCINI***

* Rosario 772, 6° 53, (1424) Buenos Aires, Argentina.

** Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján, Luján, Argentina.

*** Departamento de Ciencias Exactas, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.

Literature cited

1. BIRD P., A.G.; FVEAME, B. 1967. Journal of Applied Bacteriology 30:420.
2. INGRAM, M.; ROBINSON, R.H.M. 1951. Discussion of literature on botulism in relation to acid foods. Proceedings Society Applied Bacteriology 14:73.
3. LAMB, F.C.; LEWIS, L.D.; KIMBALL, J.R. Jr. 1962. Factors affecting the pH of tomatoes. National Canners' Association, Berkeley, CA, USA. Research Report 61-C-44. p. 1-6.
4. MEYER, K.F. 1953. Food Poisoning. New England Journal of Medicine 249:765, 804, 843.
5. MUNDT, O.J.; McCARTY, I.E.; COLLINS, J.L.; BAILEY, R. 1977. Vacuum, pH and acidity of home-canned tomatoes and tomato juice. Tennessee Farm and Home Science No. 103, p. 1-4.
6. U.S. DEPT. HEALTH. 1963. Morbidity and Mortality Weekly Report. 12:386.

Variabilidade de clones da mandioca em relação à fertilidade e aspectos morfológicos¹

Summary. A description of 18 indigenous and synthetic clones of (*Manihot esculenta*) cassava showed very little variability in relation to morphological characters, as well as the absence of some characters of economic value such as dwarfism, leaf immaturity, wrinkled stem and spherical root.

Two distinct categories were observed in relation to flower number per plant during flowering season: 1) indigenous clones with low numbers of flowers, and 2) synthetic clones, produced through selection programs, with high numbers of flowers. Controlled inbreeding in the studied clones revealed the presence of genetic sterility in the indigenous clones, and a high fertility index in the synthetic clones.

A ocorrência de variabilidade genética de uma cultura é básica para o sucesso da seleção. Em mandioca essa variabilidade não tem sido estudada em relação a várias características úteis que poderão ser usadas em programas de melhoramento.

A primeira vista, a mandioca parece ser uma planta alógama, possuindo alta variabilidade e heterozigose em relação a vários genes (2). Este conceito surgiu do estudo de sua estrutura floral que é monóica, um eficiente mecanismo de alogamia. Dentro os poucos estudos feitos sobre a variabilidade em mandioca Nassar e Ohair (6) e Nassar e Dorea (7), concluiram que essa variabilidade é pequena em relação à germinação das sementes. Pereira *et al.* (8), acharam que o cultivar "Guaxupé" é homozigoto para algumas características da parte aérea e das raízes, uma vez que progêniens de certas plantas foram idênticas entre si e com relação às plantas paternas. Este estudo visou estudar a variabilidade de alguns clones da mandioca cultivada no cerrado, em relação à autofertilidade e aspectos morfológicos.

Material e métodos

Foram estudados 18 clones de mandioca, *Manihot esculenta* Crantz durante o período de florescimento a partir de abril de 1983 a dezembro de 1984. Os clones, recomendados pelo CPAC-EMBRAPA para a região dos cerrados foram plantados em novembro de 1982, na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília (UnB).

Para fins de estudo da variabilidade morfológica foi elaborada uma série de descrições em anexo. Para avaliar a variabilidade em relação a fertilidade foi efetuada a autofecundação controlada das flores.

1 Este estudo foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq). Brasília.

A técnica utilizada foi a empregada nos trabalhos de melhoramento da mandioca na UnB. Após identificar as flores masculinas que apresentam evidências de antese, delas retirou-se o polem, antes da abertura, como o auxílio de um pinça. O polem' foi acondicionado em recipientes de vidro e imediatamente, utilizado. Para as flores femininas, determinaram-se as receptivas através da observação das tepalas, inchamento e tamanho da flor. Froçou-se a abertura da flor com a ponta do cabo de um pincel. Utilizando as cerdas do pincel, levou-se o polem coletado ao estigma exposto, a flor polinizada sendo então envolvida com uma tira de fita durex de aproximadamente, 2.5 cm de comprimento, procurou-se aderir a fita apenas nas tepalas, de modo que ela caisse justamente com a sua secagem. Procurou-se realizar um máximo de três a quatro autopolinizações por inflorescência. O florescimento dos clones de abril a dezembro foi notado e classificado, conforme sua abundância cero-quatro flores por planta muito escasso; cinco-12 escasso; 13-36 médio; mais de 36, abundante.

Resultados e discussão

Em relação ao formato da raiz, somente o cilíndrico foi encontrado em todos os clones examinados. Não notou a ocorrência de raizes cônicas, globosas ou esféricas. As folhas de todos os clones mostraram-se do tipo lobado. Não foi encontrado nenhum clone com folhas simples, como ocorre em *M. attenuata*, *M. salicifolia* ou *M. peltata*. Possuem folhas glabras e nenhum tem folhas pubescentes ou tomentosas, como *M. tomentosa*.

Os clones examinados apresentam flores monóicas e nenhum deles apresentou dioecismo, como relatado em *M. stipularis* (5). Este caráter é importante do ponto de vista genético e do melhoramento, desde que a planta se torna obrigatoriamente alógama e altamente heterozigota.

Nos Quadros 1, 2, estão reunidas as características morfológicas relevantes, esquematizadas de acordo

Quadro 1. Características morfológicas do caule e das folhas de 18 clones de mandioca *Manihot esculenta* Crantz de acordo com legenda do formulário de descrição.

Clones

| Características | Branca Sta. Catarina | Osso | Engana hadião | IAC 14 - 18 | IAC 7 - 127 | IAC 117 - 66 | Desconhecida | IAC 14 - 16 | Piraúbaunhaia | Sertaneja | Híbrida brava | IAC 352 - 6 | Cacau vermelho | SM 82/11 | IAC 105 - 66 | Casca roxa | Sonora | Cenoura rosada |
|-----------------|----------------------|-------------|---------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|----------------|-------------|--------------|-------------|-------------|----------------|
| Altura (m) | 1.50 - 1.80 | 1.20 - 1.50 | 1.20 - 1.50 | 0.80 - 1.10 | 1.20 - 1.60 | 1.20 - 1.50 | 0.90 - 1.30 | 0.80 - 1.20 | 0.70 - 1.10 | 0.70 - 1.00 | 0.80 - 1.20 | 0.70 - 1.30 | 1.00 - 1.60 | 0.80 - 1.20 | 0.80 - 1.30 | 0.70 - 1.10 | 0.80 - 1.30 | |
| Ramificação | C | C | C | C | C | C | C | C | B | C | C | C | C | C | C | A | C | B |
| Dist cicatrizes | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | C | A |
| Cor do caule | B | B | C | C | B | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C |
| Natureza cicatr | B | C | B | B | C | C | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B |
| Cor caule jovem | D | B | A | A | A | B | B | D | B | B | C | A | A | A | D | B | B | C |
| Persist estip | A | A | B | B | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| Compr estip | B | B | B | B | C | C | B | C | B | B | B | B | B | B | B | B | C | B |
| Margem estip | B | B | A | B | B | B | B | A | B | B | B | B | B | B | B | B | B | B |
| Compr pecíolo | C | B | A | C | C | B | C | C | C | C | C | C | C | C | C | D | C | C |
| Cor pecíolo | A | A | D | B | A | A | A | A | B | A | A | A | C | D | A | A | A | A |
| Cor folha jovem | A | B | B | B | B | B | B | C | B | C | C | C | B | C | B | C | B | C |
| Form lobo med | A | A | A | A | B | A | A | B | B | E | B | A | A | A | A | A | B | A |
| Sinuosid lobo | B | B | C | C | B | B | C | B | C | C | C | C | C | C | C | C | B | C |
| Compr lobo me | B | B | A | C | B | B | C | C | C | B | B | B | B | B | B | B | B | B |
| Larg lobo me | B | B | B | B | A | B | B | B | B | B | C | C | C | C | C | C | B | B |
| Liga pec. lim | A | A | B | A | A | A | B | A | B | B | A | B | A | B | A | B | A | A |

com a legenda do formulário de descrição. Nota-se pouca variabilidade em relação às características do caule, das folhas, da raiz, inflorescência, frutos e sementes. Não ultrapassa de duas opções, ou de três no máximo para cada característica, deixando de ocorrer variações encontradas em espécies silvestres, como documentado pelo autor (3, 4, 5). O nanismo por exemplo, encontrado nas espécies *M. stipularis*, *M. oligantha*, *M. longepetiolata* e *M. nana*, onde as plantas têm caule de 10-15 cm de altura e às vezes não tem caule algum (acaulescente) não foi encontrado nos clones. Outra característica que não foi encontrada em nenhum dos clones examinados foi o caule rugoso que é importante, não permitindo o ataque pelo inseto *Phaenococcus manihotis*. Esta característica foi notada pelos cientistas do HTA (International Institute of Tropical Agriculture) em *M. dichotoma*, espécie coletada pelo autor no estado de Pernambuco e mantida em coleção viva na UnB. A reduzida variabilidade encontrada nos clones pode relacionar-se com a origem do escasso material ancestral, do qual evolui a mandioca. Esta restrita variabilidade pode também ser devida à seleção feita pelo homem, objetivando aumento do número e do peso das raízes, com eliminação de genes responsáveis por características de menor valor econômico. A redução de variabilidade pode ser devida à tendência da mandioca cultivada a ser autógama do que resulta aumento de homozigose pela ausência de sistemas eficientes de auto-incompatibilidade.

No Quadro 3 encontra-se indicada a variação dos clones em relação à autofertilidade. Foi utilizada a autofecundação como medida de fertilidade porque permite detectar qualquer fator de esterilidade recesiva. O comportamento dos clones em relação à autofecundação revolu duas categorias principais; aqueles clones indígenas coletados em várias regiões brasileiras, como Osso, Desconhecida, Pirassununga, Sertaneja, Hibrida Brava, Casca roxa, e Cenoura Rosada que mostram baixa fertilidade, florescimento escasso e/ou reduzido pegamento dos frutos devido a autofecundação. A outra categoria é os clones produzidos por hibridações controladas no Instituto Agronômico de Campinas. São clones que mostraram alto nível de fertilidade.

Esta observação mostra que os clones indígenas comuns encerram genes de esterilidade, que se acumularam durante os anos de reprodução vegetativa, enquanto os clones produzidos pelo IAC tiveram seus genes de esterilidade eliminados pela seleção natural durante a reprodução sexual. Jennings (1), investigando clones de mandioca no Leste da Arica, relatou que sua fertilidade é variável, dependente do histórico reprodutivo dos clones. Rão (8) em seu estudo de embriologia de mandioca concluiu também que existe uma desregulagem da reprodução sexuada na mandioca resultante de acúmulo de mutações recesivas deletárias.

Quadro 2. Características morfológicas de raiz e estruturas reprodutivas de 18 clones de mandioca *Manihot esculenta* Crantz de acordo com a legenda do formulário de descrição.

| Características | Clones | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----------------------|------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-----------|---------------|-------------|----------------|----------|--------------|------------|--------|
| | Branca Sta. Catarina | Osso | Engana ladra | IAC 14 - 18 | IAC 117 - 66 | Desconhecida | IAC 14 - 16 | Pirassununga | Sertaneja | Hibrida brava | IAC 352 - 6 | Cacau vermelho | SM 82/11 | IAC 105 - 66 | Casca roxa | Sonora |
| Profundidade | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| Formato | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| Superfície | A | A | B | B | B | A | B | B | A | B | B | B | B | B | B | B |
| Cor externa | A | E | B | E | E | A | E | E | E | B | B | B | E | E | A | E |
| Cor cortex | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | B | A | A | B | E |
| Tetra HCN est | A | B | C | C | C | B | C | B | C | C | B | C | C | B | C | A |
| Estrutura inflor | B | A | B | B | B | C | B | B | B | B | B | C | B | B | B | B |
| Comp. tepalas est | A | A | A | B | A | B | A | B | B | B | A | B | A | A | A | A |
| Form. flores maxc | B | B | B | B | A | B | B | B | B | B | B | A | A | A | A | A |
| Natureza bracteas | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| Tamanho do fruto | C | C | D | D | C | D | D | D | D | D | D | D | D | C | C | C |
| Superfície fruto | B | B | B | C | B | B | B | B | B | C | B | C | C | B | B | B |
| Formato do fruto | A | A | A | A | A | B | B | B | B | C | B | C | C | B | B | B |
| Tamanho semente | A | A | A | B | A | A | B | B | B | B | A | A | A | A | A | A |
| Formato semente | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |

Quadro 3. Resultados das autofecundações controladas e observações para os 18 clones de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz).

| Clone | Número de endocruz | Frutos obtidos | % | Observações |
|---------------------|--------------------|----------------|------|--|
| Branca Sta Catarina | 71 | 41 | 57.8 | Florescimento médio |
| Ossô | 6 | 0 | 0 | Protogenia acentuada período de florescimento curto |
| Engana Ladrão | 22 | 8 | 36.4 | Florescimento médio |
| IAC 14-18 | 115 | 30 | 26.0 | Florescimento abundante |
| IAC 7-127 | 213 | 78 | 36.6 | Florescimento abundante |
| IAC 117-66 | 175 | 73 | 41.7 | Florescimento abundante |
| Desconhecida | 0 | 0 | — | Não floresceu |
| IAC 14-16 | | | | |
| Pirassununga | 0 | 0 | — | Florescimento muito escasso |
| Sertaneja | 0 | 0 | — | Florescimento muito escasso |
| Híbrida Brava | 7 | 0 | 0 | Florescimento escasso |
| IAC 362-6 | 39 | 4 | 10.3 | Período de florescimento curto com protogenia marcante |
| Cacau Vermelho | 308 | 95 | 30.8 | Longo período de florescimento abundante |
| SM 82-11 | 42 | 0 | 0 | Florescimento médio |
| IAC 105-66 | 68 | 30 | 44.1 | Florescimento médio |
| Casea Roxa | 0 | 0 | — | Não floresceu |
| Sonora | 21 | 6 | 28.5 | Florescimento médio |
| Cenoura Rosada | 0 | 0 | — | Não floresceu |

Resumo

A descrição de 18 clones de mandioca (*Manihot esculenta*) indígenas e melhoradas mostrou pouca variabilidade em relação aos caracteres morfológicos e ausência de alguns caracteres de importância econômica como nanismo, pilosidade das folhas, rugosidade do caule, e raízes esféricas. Foram encontradas duas categorias distintas em relação ao número de flores por planta durante a época de florescimento: clones indígenas com escasso florescimento e clones melhorados com elevada taxa de florescimento. O endocruzamento artificial nos clones estudados revelou elevada frequência de esterilidade nos clones indígenas e alta fertilidade nos clones sintéticos.

9 dezembro, 1985

N. M. A. NASSAR*
D. GRATTAPAGLIA*

Literatura citada

1. JENNINGS, D.L. 1963. Variation in pollen and ovule fertility in varieties of cassava, and the effect of interspecific crossing of fertility. *Euphytica* 12:69-76
2. MARTIN, F. 1976. Cassava plant breeding and cytogenetics: A review. *Crop Field Abstracts* 46:909-916
3. NASSAR, M.A. 1978a. Wild *Manihot* species of Central Brazil for cassava breeding. *Canadian Journal of Plant Science* 58:257-261.
4. NASSAR, M.A. 1978b. Conservation of the genetic resources of cassava: Determination of wild species localities with emphasis on probable origin. *Economy Botany* 32:311-320.
5. NASSAR, M.A. 1979. A further study of wild *Manihot* species. *Canadian Journal of Plant Science* 59:915-916
6. NASSAR, M.A. 1982. Protein content in some cassava cultivars and its hybrid with wild *Manihot* species. *Turrialba* 32:429-432.

* Professor de Melhoramento de Plantas e aluno de graduação, respectivamente, Departamento de Agronomia, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil

7. NASSAR, M.A.; OHAIR, S. 1985. Genetic variation of cassava clones in relation to seed germination. India Journal of Genetics and Plant Breeding (in press).
8. PEREIRA, A.S.; LORENZI, J.O.; MONTEIRO, D.A.; VEIGA, A.A. 1981. Estudo de uma progenie de autofecundação de mandioca Guaxupé. Bragantia 40:217-219.
9. RAO, P.N.; SARVESWARA, R.D. 1978. Embriology of cassava. Proceedings of the Indian National Science Academy B42:111-116.
10. ROGERS, D.J.; FLEMING, H.S. 1973. A monograph of *M. esculenta*. Economic Botany 27:1-113.

El impacto de *Rhyacionia frustrana* en Costa Rica¹/

Summary. An evaluation of the impact of *Rhyacionia frustrana* on *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Costa Rica is necessary in order to know how pine production will be affected, and how much can be spent in combating the insect. The insect's biology, pattern of attack, and the tree's response are outlined. The principle damages the insect could cause are a reduction in vertical growth and stem forking.

The growth of sprouts showing moth attacks to terminal buds was monitored for six months on 20 trees in the Turrialba valley. The vertical growth in that period was measured, and a determination was made as to whether one of the new shoots had dominated.

Trees that had lost their terminal buds because of moth attack grew significantly taller in the observation period than trees that had not lost their buds; this was due to resprouting in the former. The attacked trees produced up to 15 sprouts, although one sprout dominated in 76% of these trees.

It is calculated that, during one year, a terminal bud has a probability of being attacked of 0.80, and that the probability of a forked stem being produced is 0.19. It is concluded that 38% of the trees of a plantation will be forked due to *Rhyacionia*.

The economic significance of forked stems is related to the desired forest product, and the possibility of thinning forked trees is presented. It is concluded that *R. frustrana* does not appear to seriously threaten established pine plantations, but that additional research on impact and control should be carried out.

1 Este trabajo es el resultado del Proyecto "Prospección, Evaluación y Control de Daños Bióticos en Plantaciones Forestales". Instituto Tecnológico de Costa Rica - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas

El barrenador de los brotes de pino, *Rhyacionia frustrana* (Comstock), es posible que haya sido introducido a Costa Rica desde 1980, proveniente de Nicaragua, donde el pino es nativo (1). Es necesario evaluar el impacto del insecto sobre el crecimiento del pino hondureño (*Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. & Golf.), para saber cómo será afectada la producción de materia prima para la industria forestal basada en esta especie. Además, para considerar el combate de *R. frustrana* con medidas directas, se necesita conocer el valor del daño que causa, para saber cuánto se puede gastar en protección.

El insecto ataca los brotes principales y laterales de los árboles abajo de tres m de alto sobre el nivel del suelo. Esto estimula al árbol a producir rebrotes, que después de un período de tres meses, pueden volver a ser atacados. En Costa Rica, las generaciones del insecto se traslanan, y todas las fases del insecto, huevecillo, larva, pupa y adulto, pueden encontrarse en un momento dado (1). El insecto puede reproducirse en cinco o seis semanas (3).

El daño principal que causa *R. frustrana* es un atraso en crecimiento vertical, y una bifurcación del fuste del árbol, aunque en la literatura se informa la muerte después de ataques repetidos en árboles pequeños creciendo en suelos malos. El presente trabajo es un intento para evaluar el impacto del barrenador sobre el crecimiento vertical y la forma de árboles establecidos de pino hondureño en el valle de Turrialba, Costa Rica.

Metodología

Se escogieron 20 árboles con brotes principales atacados en dos plantaciones de *P. caribaea* var. *hondurensis* cerca de Turrialba. El promedio de la altura de los árboles fue 19 m. Los brotes terminales no murieron en siete de los árboles. Estos sirvieron como testigos para comparar el crecimiento vertical entre los brotes iniciales y los rebrotes. Se marcó cada ataque con una etiqueta de metal. Cada dos meses, por seis meses, se midió la longitud de cada rebrote. Al final de los seis meses, se determinó si un rebrote había dominado sobre los demás, i.e., con una orientación vertical, con los demás rebrotes con su orientación más o menos lateral.

Resultados

En seis meses, el promedio del crecimiento de los rebrotes más largos fue 82 cm, mientras que los árboles que no perdieron sus brotes terminales solo crecieron un promedio de 72 cm. La prueba de "t" indica que esta diferencia es significativa al 99.9%.

Los árboles que perdieron sus brotes terminales tenían de uno a 15 rebrotes (un promedio de 5.1/árbol). En el 76% de los árboles, un rebrote dominó sobre los demás.

Análisis

No parece que el crecimiento vertical de los árboles sea afectado negativamente por el ataque del insecto. Al final de seis meses, el 24% de los árboles estaban bifurcados. Se puede calcular la probabilidad de una bifurcación debida al ataque del barrenador. Si un rebrote puede ser atacado, tres meses después del ataque del brote original, puede haber cuatro ataques al brote terminal de un árbol en un año. Se ha observado que, en un momento dado, un 20% de los brotes principales de pino hondureño tienen ataques. La probabilidad de que un brote no sea atacado en cuatro períodos independientes, es uno menos la suma de las probabilidades que sea atacado en cada período ($P_1, P_2, P_3, P_4 = 0.20$), i.e., $P_n = 1 - P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 1 - 4 \times (0.20) = 0.20$

La probabilidad de que un brote sea atacado una vez en un año (P_a) equivale a uno menos la probabilidad de que no sea atacado, i.e.,

$$P_a = 1 - P_n = 0.80$$

La probabilidad de que un fuste bifurque en un año, equivale al producto de la probabilidad de que sea atacado (0.80) por la probabilidad de que un rebrote no domine ($1 - 0.76 = 0.24$), i.e., $P = 19\%$. Entonces, en las plantaciones estudiadas, se puede esperar que el 19% de los árboles bifurcarán en el período de un año.

Salazar (2) encontró que todas las nueve procedencias de *P. caribaea* var. *hondurensis* estudiadas habían crecido más de 3 m de altura en 24 meses. Así pues, los árboles de esta especie deberían estar fuera del peligro de bifurcación del fuste en un período de dos años. Asumiendo niveles similares de ataques del barrenador y un comportamiento similar de los rebrotes, se puede esperar entonces una bifurcación en el fuste debido al barrenador en no más que el 38% de una plantación.

Discusión

El efecto económico de bifurcaciones de los fustes de una plantación depende, en gran parte, del producto deseado. Un fuste bifurcado no sirve para postes de transmisión eléctrica, por ejemplo. Se podría conseguir trozas rectas para el aserrío de árboles bifurcados, cortándolos arriba de la bifurcación (generalmente debajo de 3 m de alto), pero se perdería gran

parte del volumen de los árboles. Con árboles destinados a ser convertidos en astillas, la pérdida sería menor si hay bifurcaciones. Probablemente la horqueta misma no pasaría por la descortezaadora de la astilladora, pues habría que desecharla, pero esto significaría muy poco del volumen del árbol. En un proyecto de producción de postes largos o madera para aserrío, se necesitarían árboles grandes, que sólo se conseguirían después de uno o más raleos. Al marcar árboles para ralearse, se podría usar como criterio de selección, los defectos de forma, como las bifurcaciones debido al barrenador. Seguramente, se ralearía más que el 38% de los árboles de una plantación y así se podría minimizar el impacto económico del insecto.

Conclusión

El presente estudio indica que *R. frustrana* no presenta un riesgo económico serio para plantaciones establecidas de *P. caribaea* var. *hondurensis* en el área de Turrialba. No obstante, el insecto merece investigaciones futuras sobre su impacto en plantaciones nuevas y sobre las que van creciendo más lentamente. Además, se deben realizar investigaciones sobre medidas de control del insecto bajo condiciones locales.

Resumen

En Costa Rica, es necesario evaluar el impacto de *Rhyacionia frustrana* sobre *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para determinar cómo será afectada su producción y cuánto puede invertirse en el combate del insecto. En este artículo se describen la biología del insecto, el tipo de daño y la respuesta del árbol al mismo. Los daños principales que causa *R. frustrana* al árbol, son un atraso en crecimiento vertical y la bifurcación del fuste.

Durante seis meses, se midió el crecimiento de los rebrotes producidos por el ataque de la polilla del brote terminal en 20 árboles en el valle de Turrialba. En ese período la longitud de cada rebrote fue medida y se determinó si algún rebrote había dominado sobre los demás.

Árboles que perdieron su yema terminal por ataque de la polilla, crecieron en altura significativamente más, durante el período de observación por efecto de los rebrotes, que los árboles que no perdieron sus yemas terminales. Ataques continuos pueden producir hasta 15 rebrotes en un árbol, pero en el 76% de los árboles, un rebrote dominó sobre los demás.

Se determinó que en un año la probabilidad de que el brote terminal sea atacado es de 0.80, y que se produzca bifurcación es 0.19. Se concluye que el

38% de los árboles de la plantación pueden bifurcarse a causa del ataque de *Rhyacionia*.

El efecto económico de las bifurcaciones de los fustes depende del producto esperado de la plantación y existe posibilidad de disminuir la bifurcación en los árboles. Se concluye que *Rhyacionia frustrana* no representa un riesgo económico serio para las plantaciones de pino establecidas; no obstante, deben realizarse investigaciones sobre el impacto y el control del insecto.

12 diciembre 1985

L.B. FORD*

* Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Ingeniería Forestal, Apartado 159, Cartago - Costa Rica.

Literatura citada

1. FORD, L.B. 1986. El barrenador de los brotes de pino. *Turrialba* 36(2):245-262.
2. SALAZAR, R. 1982. Comportamiento juvenil de nueve procedencias de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barrett y Gofari en Costa Rica. *Turrialba* 32(4):387-397.
3. YATES, H.O. III; OVERGAARD, N.A.; KOERBER, T.W. 1981. Nantucket pine tip moth. USDA Forest Service. Forest Insect and Disease Leaflet 70. 7 p.

Estimación preliminar de la bio-productividad del pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.) de la Colección Panamá del CATIE

Summary. The bio-productivity of the pejibaye must be determined in order to aid in certain aspects of the pejibaye breeding programs now underway. To obtain a preliminary idea of this productivity, ten plants were studied in the Panama Collection at CATIE, Turrialba, Costa Rica. Stem and leaf dimensions were measured, stem density and leaf dry weight were determined, and annual growth increments were estimated. Using previous economic production data, the annual growth rate and net assimilation rate were estimated. The plants studied were shown to have a crop growth rate of only 14 ± 1.9 t/ha/yr, probably due to inadequate agro-ecological

conditions. The same plants, however, showed a net assimilation rate of 0.999 ± 0.0172 g/dm²/week, which is quite good when compared to the African oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Given the high NAR and known economic potential of the pejibaye, it seems likely that even higher production may be obtained if these growth parameters are adequately used in the breeding programs.

Las investigaciones sobre pejibaye se encuentran apenas en sus inicios. Por ejemplo, se ha dado comienzo al banco de germoplasma y a algunas caracterizaciones (4), así como a investigaciones sobre el uso de la fruta como forraje y otras posibilidades (9). Hasta la fecha se ha trabajado poco en el análisis de su crecimiento, aunque se ha estudiado la distribución radical en Costa Rica (13) y en Brasil (7). Asimismo, en Costa Rica se ha iniciado estudios sobre las hojas de la planta (3, 5). El presente estudio incluye algunos datos nuevos sobre el crecimiento del pejibaye en Costa Rica.

El pejibaye, al igual que la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.), es especialmente apropiado para el estudio de la productividad de la biomasa debido a su simple arquitectura y a la ausencia de engrosamiento secundario. Los componentes de la biomasa que deben estimarse son: 1) peso seco promedio foliar; 2) incremento promedio del tallo por año; 3) producción anual de hojas; 4) producción de frutos y 5) peso seco de raíces (12). En este estudio las raíces no se tomaron en consideración debido a la falta de recursos en ese aspecto; tampoco se midió el corazón de la palma, ya que éste constituye únicamente un 2% de su peso seco (6). Además, debido a que no se dispuso de datos reales, se utilizó un estimado de la producción anual de frutos, como también procedieron Rees y Tinker (12).

Dadas las anteriores limitaciones, el presente estudio solamente podrá dar una idea preliminar de la bioproductividad del pejibaye y, obviamente, se recomienda efectuar estudios más detallados.

Materiales y métodos

Se estudiaron 10 plantas, escogidas al azar, de la Colección Panamá del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE, localizado en Turrialba, Costa Rica. Las cepas pertenecen al banco de germoplasma del CATIE y proceden de un viaje de recolección realizado en Panamá en 1971 (10). Crecen en un suelo arcilloso del Orden Inceptisol, suborden Tropets, gran grupo Dystropets (1), de drenaje pobre y topografía plana, con un espaciamiento de 7 x 7 m, un poco mayor de lo recomendable. La colección se fertiliza una vez al año, al principio de la estación lluviosa, en vez de efectuarse tres

aplicaciones. La precipitación pluvial de Turrialba en el año que precedió a este estudio fue de 2 383 mm, un poco menor que el promedio (1974-1984) de precipitación anual que es de 2 637 mm. La altitud es de 640 msnm.

La mayoría de las cepas de la Colección Panamá se ha podado dejando un solo tallo, aunque algunas cepas tienen dos y hasta tres estípetes. Las 10 cepas escogidas tenían un solo tallo y varios brotes basales para asegurar el renuevo de la planta estudiada. Todas las cepas tenían 11 años de edad y se han podado a intervalos irregulares.

Las 10 cepas estudiadas fueron cortadas y se midió la altura del tronco desde el nivel del suelo hasta un punto en la copa donde el tronco se pudo cortar con un machete, ya que por encima de ese nivel el tronco se considera parte del corazón de la palma. Las cifras se redondearon al medio metro más cercano, dado que este método para medir la altura del tronco es muy impreciso. A intervalos de 2 m se sacó un disco del tronco para determinar su densidad, con un diámetro igual al del tronco y 10 cm de espesor. Este disco se llevó al laboratorio, donde se picó, se pesó, y se secó a una temperatura de 105°C hasta peso constante. El incremento anual del crecimiento del tronco se calculó simplemente dividiendo la altura de este entre diez, ya que durante el primer año de vida la planta no presenta tronco. Todas las hojas se separaron de la copa y se tomaron como muestra la 4a., la 9a. y la 11a., ya que Clement (en preparación) ha determinado que se necesitan tres hojas espaciadas en la forma indicada para obtener una cifra promedio adecuada. Se midieron las hojas y se estimó el área foliar según el método de Clement *et al.* (5). Luego las hojas se picaron, se pesaron, y se secaron a una temperatura de 105°C hasta peso constante.

La producción anual de hojas se estimó mediante la comparación de estudios fenológicos realizados en Guápiles, Costa Rica (Mora Urpí, comunicación personal) con observaciones realizadas en la Colección Panamá. En Guápiles, el pejibaye produce \pm 19 hojas/año con prácticas agronómicas (favorables, buen drenaje del suelo y una estación seca muy corta. Dado que Turrialba sufrió un período de sequía bastante acentuado, durante el año anterior a este estudio, y las prácticas agronómicas y drenaje del suelo son inadecuados, la producción de hojas se estimó en 17 hojas/año.

Fue necesario estimar la producción de racimos ya que no existían registros durante los años inmediatamente anteriores a este estudio. Esto se hizo con base en las cifras de Morera (10). En 1980, los árboles estudiados por Morera tuvieron un promedio de

3.68 kg por racimo fresco. Ya que en ese tiempo los árboles eran aún relativamente jóvenes, se estimó que un cálculo conservador para el peso actual del racimo sería 4 kg, considerando que el peso del racimo aumentará con la edad como ocurre (8). Cuando se realizó este estudio se hizo un reconocimiento rápido de la Colección Panamá que demostró que el término medio de producción eran 10 racimos/año/estípite. La producción de racimos se estimó así en 40 kg/planta/año para este año. El peso seco se estimó en 50% del peso fresco, lo que corresponde aproximadamente a un punto intermedio entre las cifras de Arkcoll y Aguiar (2) y las de Murillo *et al.* (11), las cuales no son de árboles provenientes de Panamá. Por lo tanto, se usó la cifra de 20 kg de peso seco de producción de racimos para todos los árboles, aunque esta probablemente sea una subestimación. Sin embargo, dado que la plantación no se encuentra en muy buenas condiciones, se pensó que sería más realista hacer una subestimación que una estimación alta.

El Índice del Área Foliar (IAF) se calculó de acuerdo con Clement *et al.* (5), con base en un espaciamiento de 6 x 6 m, a pesar de que la plantación está a 7 x 7 m. Esto se hizo así debido a que se consideró deseable tratar de aproximarse lo más posible a las verdaderas condiciones de una plantación monocultivo. La Tasa de Crecimiento (TC) se calculó como la suma de los incrementos anuales del peso seco de las diferentes partes de las plantas estudiadas. La Tasa de Asimilación Neta (TAN) se calculó de acuerdo con Corley *et al.* (6) utilizando la fórmula:

$$\text{TAN} = \text{TC}/(\text{IAF} \times 52) (\text{gm}/\text{dm}^2/\text{semana})$$

En este estudio no se tomaron en cuenta las raíces ni el corazón de la palma por las razones ya citadas, pero este no debería afectar en forma relevante los resultados. Corley *et al.* (6) demostraron que las raíces y el corazón de la palma africana sólo constituyen 1.5% de la producción total anual de biomasa; puede esperarse que el pejibaye demuestre porcentajes similares, y que en ningún caso llegaría a exceder 5% del total de la biomasa. Debido al estimado que se utilizó para la producción de biomasa de racimos se decidió no intentar calcular el Índice de Cosecha, ya que dichos cálculos serían muy imprecisos.

Resultados, discusión y conclusiones

El Cuadro 1 presenta los datos de los troncos que se colecciónaron. A los 11 años de edad las cepas son todavía muy bajas, probablemente como reflejo de las condiciones agronómicas y ecológicas poco favorables en que se encuentran. Tanto las cifras de altura, como

los diámetros del tronco para árboles de 11 años de edad, son menores de lo que cabía esperar para poblaciones de pejibaye en América Central, lo que nuevamente comprueba las condiciones pobres de crecimiento.

El coeficiente de variación de los datos de densidad del tronco parece más alto de lo que se esperaba, al compararse con el de la palma africana (6). Este sugiere que los discos usados para esta estimación eran muy pequeños o no se picaron suficientemente antes de secarlos. Esto obviamente afecta los cálculos de peso seco de incremento del tronco y el tronco total, los cuales tienen coeficientes de variación similares.

Una comparación del incremento del peso seco del tronco con el de la palma africana revela que estos pejibayes se comparan con palmas de 2.5 años de edad que crecen en óptimas condiciones en Malasia (6). Otras comparaciones realizadas con palmas de aproximadamente la misma edad demuestran que el incremento anual del tronco del pejibaye es aproximadamente la mitad del de la palma africana, lo cual es de esperar si se considera que la palma africana es una planta mucho más robusta.

El Cuadro 2 presenta los datos de crecimiento y biomasa foliar. Puede observarse que las longitudes del pecíolo y el ráquis no varían en forma apreciable,

mientras que el peso seco foliar sí varía. El peso seco total de las hojas por año se calculó usando la cifra estimada de producción de hojas por año (17) y no el número real de hojas en el momento del estudio, puesto que lo que interesa es la producción anual.

El Cuadro 3 presenta las estimaciones preliminares de biomasa para los pejibayes estudiados. Dada la forma en que se calculó la producción de racimos, estos datos podrían ser menores de lo que se considera posible, incluso considerando las condiciones pobres de crecimiento de las cepas. La comparación con palma africana sólo puede lograrse con palmas de un año de edad en Malasia (6), lo que de nuevo destaca el pequeño tamaño del pejibaye.

El Cuadro 4 presenta los parámetros de la estimación para productividad de biomasa calculada en este estudio. El Índice de Área Foliar (IAF) del pejibaye es algo menor que el que Clement *et al.* (5) calcularon en palmas costarricenses en una plantación adyacente, lo que sugiere que la población de Panamá podría ser ligeramente diferente con respecto a este parámetro. La TC es comparable al de una palma africana de 2 años de edad en Malasia (6) y es mucho menor que algunas cifras para comunidades tropicales citadas por Westlake citado por Corley *et al.* (6). Ambos parámetros miden la producción de biomasa y puede esperarse que sean menores que los de la palma africana debido al tamaño relativo de las dos especies;

Cuadro 1. Datos básicos de crecimiento y biomasa del tronco de 10 plantas de pejibaye estudiadas en la Colección Panamá del CATIE.

| | Diámetro (cm) | Altura (m) | Incremento anual (cm) | Densidad (g/cm ³) | Peso Seco | |
|----------|------------------|---------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------|---------------|
| | | | | | total (kg) | anual (kg) |
| Promedio | 17.5 | 7.2 | 72 | 0.5809 | 95.69 | 9.57 |
| S.D. | 1.815 | 0.753 | 7.53 | 0.2193 | 38.69 | 3.87 |
| C.V. | 10.36 | 10.48 | 10.48 | 40.64 | 40.43 | 40.43 |

Cuadro 2. Datos básicos de crecimiento y biomasa de las hojas de 10 plantas de pejibaye estudiadas en la Colección Panamá del CATIE.

| | Número Hojas | Longitud | | Área Foliar (m ²) | Peso Seco | | |
|----------|-----------------|-----------------|----------------|-------------------------------------|--------------|---------------|---------------------|
| | | Pecíolo (cm) | Ráquis (cm) | | Hoja (kg) | Total (kg) | Total Anual (kg) |
| Promedio | 15.2 | 141 | 315 | 5.87 | 1.22 | 18.80 | 20.77 |
| S.D. | 1.40 | 10.69 | 31.52 | 1.39 | 0.30 | 5.46 | 5.03 |
| C.V. | 9.20 | 7.60 | 10.00 | 23.69 | 24.22 | 29.02 | 24.22 |

Cuadro 3. Estimación de la producción anual de biomasa de 10 plantas de pejibaye estudiadas en la Colección Panamá del CATIE.

| | Peso Seco | | | |
|----------|---------------|----------------|-----------------|---------------|
| | Hojas (kg) | Tronco (kg) | Racimos (kg) | Total (kg) |
| Promedio | 20.77 | 9.57 | 20 | 50.34 |
| S.D. | 5.03 | 3.41 | | 6.82 |
| C.V. | 24.22 | 35.65 | | 13.54 |

aunque no se esperaba que la TAN fuera tan baja. No obstante, la razón para esto puede ser las condiciones pobres de crecimiento en la plantación, así como la posibilidad de que las estimaciones de producción de racimos sean bajas.

La situación es diferente en cuanto a la TAN, porque ésta mide la productividad relativa de la superficie de la hoja. La cifra de 0.0999 gm/dm²/semana para el pejibaye es comparable a la cifra de 0.078 de la palma africana, obtenida en África Occidental por Rees y Tinker (12), a pesar de ser menor que la cifra obtenida en Malasia por Corley *et al.* (6) de 0.130. Corley *et al.* (6) atribuyen las diferencias entre los dos cálculos realizados en palma africana a las diferencias de clima, suelo y genotipo, ya que las condiciones ecológicas de Malasia son más favorables para la palma africana que las de muchas áreas en África Occidental donde la planta es nativa, y al hecho de que la mayoría de las plantaciones africanas están constituidas por genotipos de una productividad menor que la de los tipos altamente seleccionadas de Malasia. Por lo tanto, puede considerarse que las cifras de Rees y Tinker (12) representan a la palma africana al principio de su mejoramiento genético y agronómico, en tanto que las cifras de Corley *et al.* (6) representan el punto más alto en la actualidad. Tomando como ciertas

ta la validez de esta aseveración, la cifra obtenida en pejibaye es bastante buena. De hecho, una de las palmas estudiadas (28/12) presenta una cifra de 0.1258, casi tan buena como las cifras de Malasia. Esto sugiere que el pejibaye podría ser fisiológicamente más eficiente que la palma africana, tal como lo sugieren Clement *et al.* (5) con base en el IAF y en las cifras estimadas de producción de la especie en Costa Rica.

A pesar de que estas son cifras preliminares y debido a los altos coeficientes de variación de muchas de ellas, éstas sugieren que el pejibaye es una especie bastante productiva y que los programas de mejoramiento genético que están en marcha en Costa Rica y Brasil (4) pueden producir avances rápidos debido a la TAN relativamente alta que se ha observado en cepas no seleccionadas y bastante descuidadas.

Resumen

La bio-productividad del pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.) necesita ser determinada para ayudar ciertos aspectos del mejoramiento genético de la especie ahora en curso. Para obtener una idea preliminar sobre esta productividad se estudiaron 10 plantas en la Colección Panamá del CATIE, Turrialba, Costa Rica. Se midió las dimensiones del estípite y de las hojas, se determinó la densidad del estípite y el peso seco de las hojas, y se estimó el incremento anual de ambos. Con datos anteriores de la productividad económica se estimó la tasa de crecimiento y la de asimilación neta. Se observó que los pejibayes estudiados presentaron una tasa de crecimiento de apenas 14 ± 1.9 t/ha/año, probablemente debido a las condiciones agro-ecológicas inadecuadas. Sin embargo, las mismas plantas presentaron una tasa de asimilación neta de 0.999 ± 0.0172 g/dm²/semana, que se considera bastante elevada cuando se compara con la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.). Siendo la TAN alta y la productividad económica alta, se asume que

Cuadro 4. Estimación de los parámetros de la productividad anual de biomasa de 10 plantas de pejibaye estudiadas en la Colección Panamá del CATIE.

| | Área Foliar palma (m ²) | Índice Área Foliar | Tasa | |
|----------|---|-----------------------|-------------------------|--|
| | | | Crecimiento (t/ha/a) | Asimilación Neta (gm/dm ² /semana) |
| Promedio | 99.74 | 2.77 | 13.95 | 0.0999 |
| S.D. | 23.64 | 0.66 | 1.89 | 0.0172 |
| C.V. | 23.70 | 23.70 | 13.53 | 17.25 |

IAF Se calculó a un espaciado de 6 x 6 m, correspondiente a 277 plantas/ha.

TAN Se calculó en base a la tasa de crecimiento del cultivo dividido por el índice del área foliar x 52 Corley *et al.* (6). 1).

el pejibaye puede ser más productivo si estos parámetros son usados adecuadamente en los programas de mejoramiento.

1 de setiembre de 1986

G. GUTIERREZ M.*
C. ASTORGA D.*
CH. R. CLEMENT**

* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE, Turrialba, Costa Rica.

** Instituto Nacional de Pesquisas de Amazonia - INPA, Manaus, AM, Brasil. Becado por el CNPq/Brasil.

Literatura citada

1. AGUIRRE, ASTE, V. 1971. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, IICA, Turrialba, Costa Rica. 139 p.
2. ARKCOLL, D.B.; AGUIAR, J.P.L. 1984. Peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.), a new source of vegetable oil from the wet tropics. Journal Science Food Agriculture 35:520-526.
3. CLEMENT, C.R.; MORA URPI, J. 1983. Leaf morphology of the Pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.). Revista Biología Tropical 31(1):103-112.
4. CLEMENT, C.R.; MORA URPI, J. 1984. The Pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K., Palmae): multi-use for the lowland humid tropics. 25th Annual Meeting of the Society for Economic Botany. College Station, Texas.
5. CLEMENT, C.R.; MORA URPI, J.; COSTA, S.S. 1985. Estimación del área foliar de la palma de Pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.). Revista Biología Tropical 33 p.
6. CORLEY, R.H.V.; GRAY, B.S.; Ng S.K. 1971. Productivity of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Malaysia. Expl. Agriculture 7(2):129-136.
7. FERREIRA, S.A.N.; CLEMENT, C.R.; RANZANI, G. 1980. Contribuição ao conhecimento da distribuição do sistema radical da pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.). I. Solo Latossolo Amarelo, textura média. Acta Amazonica 10(2):245-249.
8. HARTLEY, C.W.S. 1977. The oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Longman, London. 831 p.
9. MORA URPI, J. 1984. El Pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.): origen, biología floral y manejo agronómico. In FAO/CATIE. Palmeras poco utilizadas de América Tropical. Turrialba, Costa Rica.
10. MORERA, M., J.A. 1981. Descripción sistemática de la colección Panamá de pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.) del CATIE Tesis M.Sc. UCR/CATIE. Turrialba, Costa Rica. 122 p.
11. MURILLO, R., M.; KRONEBERG, A.; MATA, J.F.; CALZADA, J.G.; CASTRO, V. 1983. Estudio preliminar sobre factores inhibidores de enzimas proteolíticas en la harina de pejibaye (*Bactris gasipaes*). Revista Biología Tropical 31(2):227-231.
12. REES, A.R.; TINKER, P.B.H. 1963. Dry-matter production and nutrient content of plantation oil palms in Nigeria. I. Growth and dry-matter production. Plant and Soil 19(1):19-32.
13. VANDERMEER, J. 1977. Observations on the root system of the Pejibaye palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) in Costa Rica. Turrialba 27(3):239-242.

Reseña de libros

SIDDIQI, M.R. *Tylenchida, parasites of plants and insects*. Commonwealth Institute of Parasitology. Adquisición: Commonwealth Agricultural Bureaux Farnham House, Farnham Royal, Slough, SL2 3BN United Kingdom. 1986. 645 p.

Durante largo tiempo y debido al aumento en publicaciones referentes a nuevas especies, géneros y otras categorías taxonómicas de los nematodos parásitos de plantas, los nematólogos que trabajamos en este campo habíamos sentido la gran necesidad de contar con una publicación que analizara la información concerniente a los numerosos cambios y las nuevas adiciones taxonómicas, y que además ofreciera un esquema de clasificación ordenado y lógico para todos los taxa descritos hasta el momento. El libro "Tylenchida, parasites of plants and insects", del Dr. M.R. Siddiqi, ha llenado parcialmente esta necesidad, en forma satisfactoria. Digo que parcialmente dado que, como se sabe, en los órdenes Aphelenchida, Dorylaimida y Triplonchida también se encuentran otros nematodos fitoparásitos.

El libro está dividido en siete capítulos: el primero incluye la introducción, una revisión histórica sobre la literatura concerniente al orden Tylenchida y una breve descripción de algunas técnicas utilizadas en el estudio taxonómico de los nematodos. El segundo capítulo ofrece una descripción de los caracteres morfológicos que exhiben los nematodos, así como resumidos comentarios sobre los diversos métodos usados actualmente en estudios taxonómicos. En el tercer capítulo el autor presenta sus especulaciones sobre la filogenia de Tylenchida y sus subórdenes. Incluye además su esquema de clasificación del orden, así como los propuestos en su oportunidad por Allen y Sher y por Andrassy, con fines comparativos; finalmente presenta un diagnóstico sobre el orden Tylenchida y su relación con el orden Aphelenchida. En los capítulos cuatro a siete se presenta la información pertinente a los nematodos de los subórdenes y Tylenchina, Criconematina, Hexatylina y Myenchina, respectivamente. En cada caso el autor inicia el capítulo con un diagnóstico sobre las características del suborden, resaltando en letra negrita los principales caracteres morfológicos; incluye también sus diferencias con los otros subórdenes y algunas observaciones adicionales; seguidamente aparece una clave dicotómica para diferenciar las superfamilias, seguida por su diagnóstico, una clave para diferenciar las familias y su diagnóstico, una clave para diferenciar las subfamilias y su diagnóstico y una clave para diferenciar los géneros de

cada una de ellas; finalmente presenta el diagnóstico de cada género, seguido por la información pertinente a la especie tipo, una lista de las especies nominales, otras observaciones adicionales interesantes y —algo particularmente útil— la etimología del nombre genético. Con pocas excepciones, cada género cuenta con sus respectivas ilustraciones. En total, el Dr. Siddiqi considera válidos 216 géneros y 2200 especies, mientras que 76 géneros y 222 especies son, en su criterio, sinónimos inválidos; además, 120 especies son consideradas inquirendae dubiae o inserta sedis. En la parte final del libro se incluyen 786 referencias y un índice alfabético de todos los taxa de Tylenchida.

En general, el libro es de una excelente calidad y presenta pocas cosas que estén sujetas a crítica. Dentro de éstas podría mencionar, en primer lugar, algunas inexactitudes, v.g., *Belonolaimus* no está circunscrito geográficamente a Norteamérica, ya que su presencia en Centroamérica, específicamente en Costa Rica, fue detectada desde 1976; el género *Ibipora* no ha sido encontrado en América Central, aunque si en una isla caribeña (Puerto Rico); *Meloidogyne* spp. no son considerados como causantes de daño severo en banano. En segundo lugar, algunos géneros tienen muy pocas ilustraciones (Ej.: *Brachyedorus*, *Discocriconemella*, *Calvatylus*, *Varotylus*); otros no las tienen del todo (*Bursadera*) o sólo hay fotografías (*Crossonema*, *Punctodera*); hay un grupo considerable de géneros en que las ilustraciones pertinentes no están localizadas cerca de la página donde cada uno es descrito (Ej.: *Coslenchus*, *Nothotylenchus*, *Cephalenchus*, *Imphalenchus*, *Criconemella*, *Discocriconemella*, *Paurodontoides*, entre otros); algunas figuras incluyen ilustraciones de dos o tres géneros, ordenadas de una manera tal que las hace enredadas (Figs. 23, 26, 29, 43, 44, 52, 57, 64, 65, 100, 101, 123, 124, 142). En tercer lugar, y si bien el libro presenta algunas, hubiera sido extremadamente conveniente contar con mayor número de fotografías tomadas en el microscopio electrónico de rastreo (MER), en especial de la parte frontal de los nematodos. El uso y accesibilidad del MER han aumentado enormemente en tiempos recientes, por lo que estas ilustraciones podrían haber sido muy útiles a muchísimos colegas en todo el mundo.

Podría mencionar también el hecho de que el autor en muchas oportunidades no explica las razones que tuvo para poner en sinonimia género o especies, por lo que no existe la posibilidad de analizarlas y formar opinión sobre la validez o no de tales decisiones. Finalmente, creo que no se puede pasar por alto el reconocimiento del Dr. Siddiqi en cuanto a la validez del género *Hypsoperine*. Según su diagnóstico, este género se caracteriza principalmente porque las hembras tienen un cuerpo ovalado o en forma de limón, con la vulva y el ano localizados en una protu-

berancia terminal cónica; el macho tiene una regióncefálica continua, es decir, no anillada; estas características están presentes también en hembras y machos de *Meloidogyne exigua* Goeldi, 1887, la especie tipo del género *Meloidogyne*. Dados estos hechos, creo sinceramente que la opinión del Dr. Siddiqi está errada.

La cantidad y calidad de la información que presenta el libro, su ordenado arreglo y la manera clara y agradable en que está escrito son razones suficientes para considerarlo como una obra monumental sobre el grupo más grande de nematodos parásitos de plantas. Su adquisición, por parte de cualquier nematólogo, es imperativa, ya que el libro tiene un valor científico muchísimo mayor que su costo monetario. Es de esperarse que el autor repita este esfuerzo con relación a los otros órdenes de nematodos que incluyen parásitos de plantas, en los cuales es, también, una autoridad de reconocido prestigio mundial.

ROGER LOPEZ CH.
ESCUELA DE FITOTECNIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

TATE III, R.L. y KLEIR, D.A. (eds.) Soil reclamation processes, microbiological analysis and applications. M. Debbes, Inc. New York, USA. 1985. 349 p.

Este libro se dedica a la problemática de la recuperación de tierras seriamente afectadas, comúnmente por actividades mineras o industriales. Este tipo de daño se presenta en escala creciente y ha sido objeto de numerosos estudios químicos y físicos. Sin embargo, los aspectos biológicos y microbiológicos esenciales en el ecosistema del suelo han recibido menos atención que las áreas antes mencionadas. En los diez capítulos de este libro, conocidos expertos de universidades, institutos de investigaciones gubernamentales e industriales discuten diferentes aspectos de la influencia de procesos biológicos y microbiológicos en la recuperación de tierras.

El primer capítulo presenta un tipo de introducción donde se discute el papel de los microorganismos en la recuperación de tierras con residuos de minas y la influencia de la materia orgánica en las minas y los procesos que conducen a su desarrollo. El capítulo finaliza con un estudio del metabolismo del nitrógeno en tierras con residuos mineros. Una amplia bibliografía de 10 páginas, más de un cuarto del capítulo le concluye, lo que es muy útil porque la bibliografía sobre estos temas está dispersa en revistas de diferentes disciplinas y no es fácil de unificar.

El segundo capítulo se dedica al impacto de la microbiología en la recuperación de áreas afectadas por aguas fuertemente ácidas que escapan de minas en explotación o abandonadas, principalmente de carbono. Estas aguas con pH muy ácido; frecuentemente tienen valores de pH de 3.0% menos. Se discuten aquí los principales productos residuales de las actividad minerales y los efectos de estos residuos ácidos sobre los microorganismos y los procesos microbianos globales. Se estudian los procesos de recuperación de la población microbiana de los efectos de residuos ácidos de minas y se presenta de nuevo una amplia bibliografía de casi ocho páginas.

En el tercer capítulo se estudia la presencia de algas y la alteración de los suelos por los procesos de minería. Se ha visto que las algas del suelo permiten estimar en forma rápida y sensitiva la estabilidad de suelos reclamados de residuos mineros.

Se exponen los métodos de estudio y algunos resultados de este tipo de algas en los suelos. Se analizan también los factores en suelos que afectan la ecología de algas en ellos y se propone modelos para representarlos. El tema del cuarto capítulo es el desarrollo microbiano en residuos de pizarras petrolíferas y la influencia de las características geoquímicas del sitio sobre el proceso. La bibliografía informa sobre la cantidad moderada de investigaciones en este campo e indica muchos trabajos poco accesibles si uno no tiene las referencias precisas. Se estudian aquí el inicio de comunidades de microorganismos y su efecto sobre procesos geoquímicos en estos ambientes muy particulares, cuya importancia está reducida por el momento pero sin duda aumentará en el futuro.

El quinto capítulo analiza los enzimas del suelo como criterios para el potencial y del progreso de la reclamación del mismo. Se discuten las enzimas como indicadores del proceso de reclamación y se ilustra éste con un ejemplo sobre recuperación de pizarras petrolíferas.

En el sexto capítulo se analizan las relaciones entre algunos ecosistemas en condiciones críticas y las micorrizas. Se exponen las ventajas que las micorrizas representan por aumentar el volumen de suelo aprovechando por las raíces en absorber nutrientes, especialmente P y agua. Mucha literatura contradictoria es citada lo que indica que, a pesar de que se ha trabajado en este campo por unas dos décadas, hay todavía mucho por aprender.

El manejo de los procesos microbianos en tierras en reclamación derivados por minas abiertas en Canadá es el tema del séptimo capítulo.

Las subdivisiones importantes de este capítulo son: una que describe las propiedades microbianas de suelos resultando de minas abiertas en Alberta, Canadá y otra que se refiere a los métodos recomendados para regenerar la actividad biológica a suelos alterados por minería.

En el octavo capítulo se estudian las posibilidades de una tecnología biológica para la agregación y secamiento de los residuos de las minas de fosfato de roca. Se da una caracterización del material que se obtiene en las minas de P. Se discuten también los polímeros orgánicos que pueden flocular material arcilloso que se produce durante la minería y tratamiento de los materiales en esta industria. Se discuten ampliamente las futuras aplicaciones de estos procesos que todavía no están en uso industrial.

El problema de residuos poco radiactivos en suelos superficiales es el tema del noveno capítulo. Estos se producen en grandes volúmenes, tanto en la industria como en hospitales e instituciones de investigación. Su estudio lleva ahora más de 40 años y se ha concentrado más en los aspectos químicos y físicos que en los biológicos. Hoy se sabe que los microorganismos tienen un papel importante en las transformaciones que sufren los residuos radiactivos, comúnmente sepultados a poca profundidad bajo la tierra. Se discute aquí su influencia sobre materiales inorgánicos y sustancias orgánicas marcadas con ^3H y ^{14}C . Una amplia y actual bibliografía que llega hasta el año 1982 completa el capítulo.

El volumen se concluye con un capítulo general preparado por los dos editores de la obra quienes presentan un resumen breve e interesante titulado: interacciones generales de microorganismos en procesos de reclamación.

Con un índice bastante amplio termina el libro que, globalmente considerando, presenta mucha información e ideas novedosas, poco asequibles al investigador latinoamericano. Por desgracia el material no incluye las limitadas experiencias en los trópicos aunque éstas existan. Capítulo once referente a estos procesos en condiciones tropicales podría haber sido una adición muy útil si hubiera incluido información, por ejemplo, de Jamaica, Brasil y México.

Se recomienda la obra a bibliotecas con interés en conservaciones de la naturaleza y microbiología de suelos, igual como a los especialistas en estos campos.

ELEMER BORNEMISZA
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

TINSLEY, J. DARBYSHIRE, J.F. (eds.). Biological Processes and Soil Fertility. M. Nijhoff Dr. W. Junk Publ. La Haya, Holanda, 1984. 403 p.

Este volumen presenta la mayoría de los trabajos presentados en la reunión de las Comisiones III y IV de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo que se realizó en Reading, Reino Unido, en conjunto, con la Sociedad Británica de la Ciencia del Suelo.

En la introducción de esta conferencia, el conocido experto en fertilidad de suelos, Profesor Cooke, indicó que la fecha de la reunión era muy apropiada ya que permitía revisar lo alcanzado en estos campos como bases para desarrollar nuevas tecnologías para la producción agrícola.

Indicó el profesor que la reunión coincide con la necesidad de revisar muchos de los conceptos de la agricultura intensiva moderna. Sugirió la importancia de sintetizar los conceptos de la agricultura orgánica con aquéllos de la producción máxima.

Como tercera razón, mencionó la situación alarmante de los alimentos en el mundo, que requiere aumentos considerables en un futuro próximo para alimentar a la población del globo en rápido crecimiento.

Los trabajos se dividieron en siete secciones, cada uno de los cuales se inician con una conferencia invitada por un experto de fama mundial.

La primera sección consiste de seis trabajos; se refieren al problema del ciclo del nitrógeno en sistemas suelo y planta. Aunque el trabajo introducido consideraba también sistemas del trópico y las otras cinco presentaciones informaron sobre la problemática en ecosistemas de zonas templadas.

La segunda sección incluía solamente cuatro trabajos sobre los efectos de los microbios y de los animales sobre la fertilidad del suelo. Estos trabajos eran de tipo más general discutiendo el papel de los microorganismos sobre la disponibilidad de los nutrientes en suelos, el efecto del encalado, el desarrollo de hongos de las micorrizas vesiculares arbusculares y el efecto de las lombrices en la fertilidad de los suelos. El cuarto trabajo discute el efecto de varios factores sobre el crecimiento y fijación de N por el trébol blanco, en el Reino Unido.

La tercera sección se dedica al tema poco examinado de las mediciones de las poblaciones microbianas y de su biomasa y de sus papeles en procesos edafológicos. Los trabajos se inician con una presentación introductoria sobre análisis biológico y bioquímico de

suelos, un campo bastante menos explorado que los aspectos químicos de las mismas tierras. Se dedican no menos de cuatro trabajos de los siete que forman la sección a la dinámica de los procesos microbianos en el suelo bajo diferentes condiciones.

La cuarta sección, una de las más cortas, incluye cuatro trabajos referentes a procesos anaeróbicos en los suelos y a la pérdida gaseosa del nitrógeno. Dos presentaciones especiales, una sobre procesos anaeróbicos en suelos y otra sobre denitrificación en suelos en condiciones de campo, presentan información escrita por especialistas de alto nivel sobre estos fenómenos, bastante menos conocidos que otros. Un trabajo sobre nitritos como compuestos clave en los procesos de pérdida de N en condiciones ácidas, concluye la sección. La dinámica y los modelos de transformación del carbono, nitrógeno y fósforo orgánico en suelos agrícolas son explicados. La Sección 5 contiene no menos de tres conferencias introductorias escritas por expertos de fama mundial, como los Profesores Tate, Paul, Frissel y Ladd, sobre las transformaciones de P, N y C y en general, de la materia orgánica del suelo.

La sexta sección estudia las interacciones entre organismos, materia orgánica y manejo del suelo y su influencia sobre la estructura de los suelos. En esta sección se presentan seis trabajos analizando la influencia de procesos biológicos sobre la estructura del suelo.

El efecto de materiales tóxicos sobre los procesos biológicos en suelos fue el tema de la última sección, bastante breve, con solamente tres trabajos; uno de ellos (escrito por invitación de los editores) trata sobre el efecto de los plaguicidas y de los metales pesados sobre las actividades biológicas en los suelos.

Todos los trabajos tienen su bibliografía la cual, en algunos casos, llega hasta 1983. Debido a que el tema del volumen no es muy corriente, las bibliografías no son muy largas debido a la moderada cantidad de información existente.

Un índice ayuda a los lectores a encontrar materias de su interés. Este volumen es una contribución muy valiosa a la literatura sobre suelos y llena un vacío en su campo. Su adquisición se recomienda a las bibliotecas agrícolas, especialmente a aquéllas con interés en fertilidad y biología de suelo. Es una lástima que no se hubiera ampliado la temática de esta obra para discutir los ecosistemas de los trópicos que, con frecuencia, son diferentes a los ecosistemas de zonas templadas.

ELEMER BORNEMISZA
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Notas y comentarios

Premio Nobel de Fisiología y Medicina de 1986

El Premio Nobel de Fisiología y Medicina de 1986 ha sido otorgado a Stanley Cohen y a Rita Levi-Montalcini por su trabajo sobre los factores de crecimiento. Estos son unas pequeñas proteínas que suministran información vital para las células en los animales en desarrollo. Debido a que regulan el crecimiento, podrían tener aplicaciones valiosas para curar tejidos dañados. El hecho de que las células cancerosas gozan de un desarrollo incontrolado significa que un conocimiento de los factores de crecimiento puede proveer una mejor comprensión de las consecuencias del mal funcionamiento de las células.

Cohen es ahora profesor de bioquímica de la Vanderbilt School of Medicine, en Nashville, Tennessee, aunque es nativo de Brooklyn, New York. En sus declaraciones, después de recibida la noticia, dijo que sabía que un premio Nobel por los factores de crecimiento "era una posibilidad". Pero sostuvo que los científicos no se preocupan de la posibilidad de premios. "La mayoría de nosotros no trabajamos así", agregó, "Trabajamos porque somos medio locos y queremos respuestas a las incógnitas que encontramos en nuestro trabajo".

Rita Levi-Montalcini es directora del Laboratorio de Biología Celular en el Consiglio Nazionale delle Richerche, en Roma, pero también tuvo una larga asociación con la Washington University, en St. Louis, Missouri. Es la cuarta mujer que gana el premio de Medicina y Fisiología.

Fue en esta universidad, a fines de los novecientos cuarenta y comienzos de los novecientos cincuenta, que ella llevó a cabo los experimentos que condujeron al descubrimiento del factor del crecimiento de nervios (NGF). Cohen era un bioquímico que se unió al grupo en los novecientos cincuenta y purificó con éxito la molécula.

La ruta hacia el éxito de Rita Levi-Montalcini se inició en las peores circunstancias. Tras de haber luchado con su padre, jefe de una familia judía-italiana de Turín, de tradiciones muy severas, para poder asistir a la escuela de medicina, su graduación fue casi inmediatamente seguida por persecución de las autoridades a las actividades de los no-arios y por el estallido de la guerra. Convirtió entonces su dormitorio en un laboratorio y fue ayudada por su antiguo profesor Giuseppe Levi, quien, como judío, también había perdido su trabajo. Realizaron allí estudios de-

tallados sobre el desarrollo del embrión de los pollitos, tratando de determinar la influencia relativa de los factores genéticos y ambientales. En estas condiciones precarias, ella obtuvo buenos resultados, que fueron publicados en una revista de Bélgica. Pero, cuando los alemanes ocuparon Italia, ella tuvo que esconderse bajo un nombre falso.

Después de la guerra, Viktor Hamburger, jefe del Departamento de Zoología de la Universidad de Washington, Mo., la invitó a trabajar con él. Ella se trasladó a los Estados Unidos en 1947, donde repitió sus investigaciones en condiciones más favorables. Hamburger había mostrado, antes de la guerra, que el quitar un miembro a un embrión de pollito causaba que se muriesen las células nerviosas destinadas a aquél miembro. Una yema de un miembro incipiente injertado inducía la formación de más células nerviosas que la usual para el desarrollo. El y Levi-Montalcini descubrieron en 1949 que el sistema nervioso en desarrollo producía mucho más células que las que necesitaba; una proporción de ellas iba a morir y el número que sobrevivía dependía del volumen de tejido al que ellas tenían que servir.

Esto condujo a la idea de que había alguna forma de relación entre las células nerviosas y el tejido que era su objetivo. Pero ¿cómo funcionaba? Levi-Montalcini descubrió que trasplantando un pedazo de tumor de un sarcoma de ratón en un miembro incipiente (yema) en el embrión, resultaba en una producción aún más grande de células nerviosas. "Tales efectos", cuenta la científica, "que representaban una desviación flagrante de los procesos neurogenéticos normales, ocuparon todos mis pensamientos, hasta que en un día de primavera en 1951 el escollo mental fue finalmente eliminado y me di cuenta que... el tumor... emitía un factor de crecimiento, de naturaleza desconocida, responsable de estos efectos novedosos".

Para probar la existencia del factor de crecimiento desarrolló las observaciones embriológicas originales hasta llegar a un bioensayo que pudiese detectar la presencia del NGF. Ella tomó ganglios, esos racimos de células nerviosas, y los colocó en medios de cultivo, con o sin el tumor. En unas pocas horas, los ganglios con tumor produjeron un denso manojo de fibras nerviosas. Esto probó que el tumor secretaba un factor de crecimiento en el medio de cultivo.

En este punto, en la mitad de los novecientos cincuenta, un joven bioquímico, Cohen, resultó involucrado en los esfuerzos para identificar el NGF. Purificó los productos químicos producidos por el sarcoma y terminó con un extracto que poseía la actividad biológica estudiada, pero no podía afirmar si la sustancia era un ácido nucleico o una proteína.

Para aclarar este problema, Cohen trató la estructura con enzimas capaces de destruir proteínas o ácidos nucleicos. La fuente más potente de enzimas anti-nucleicas era el veneno de serpientes. Como parte del experimento, Cohen tuvo que probar el efecto del veneno puro de serpiente en el ensayo biológico, y, sorprendentemente, el veneno de serpiente tenía una enorme actividad como productor de factores de crecimiento nervioso (NGF). Cohen abandonó entonces el sarcoma como fuente de NGF y en su lugar empleó el veneno ofídico.

El veneno de serpiente es una saliva modificada, producida por glándulas homólogas a las glándulas salivares de los mamíferos. En una búsqueda de una fuente de NGF más fácil de conseguir y de manejar, Cohen y Levi-Montalcini probaron varias especies de mamíferos, y descubrieron que las glándulas salivales de ratones machos adultos contenían aún más NGF que el veneno de serpientes. El NGF puro permitió a Levi-Montalcini realizar un experimento crucial. Cohen creó un anticuerpo al factor y ella lo inyectó a ratas recién nacidas. El sistema nervioso del gran simpático de las ratas falló en desarrollarse propiamente, debido a que el anticuerpo había eliminado al NGF. Posteriormente, Cohen ha encontrado otros factores de crecimiento, como el epidermal (EGF).

El Comité Nobel, además de señalar el descubrimiento de estos dos factores de crecimiento, ha agregado que estos descubrimientos han aumentado la comprensión de lo que es una enfermedad. Como dijo Cohen, lo interesante sobre el descubrimiento de los factores de crecimiento fue que conectó dos áreas diferentes de la ciencia. "Siempre aprendemos más de la conexión que de los hechos aislados," dijo él, "¿Cómo activan las hormonas a los receptores? ¿Cómo algunos virus de tumores causan tumores? Ambos activan la misma enzima. Esto condujo a la conexión de dos áreas distintas de la biología".

Rita Levi-Montalcini atribuye el reciente aumento en el interés en el NGF al descubrimiento en 1983, por científicos de Alemania Occidental, Suiza, y su propio grupo en Roma, de que el NGF afecta los nervios del cerebro y de la médula espinal. Cuando se hizo el descubrimiento del NGF en los novecientos cincuenta, se supuso que este factor afectaba solamente a los nervios periféricos responsables de la sensibilidad y para controlar el sistema nervioso simpático. "Fue una especie de preconcepto", dice doña Rita. "Al comienzo, y durante dos décadas, no verificamos si tenía algún efecto sobre el sistema nervioso central (CNS). Era demasiado remoto; parecía algo enteramente distinto". La razón era que los nervios estudiados por ellos eran derivados de una estructura embrionarial llamada la cresta neutral. "Supusimos que el NGF sólo afectaba los tejidos derivados de la cresta

neutral y nadie está muy interesado en regenerar nervios periféricos". Sin embargo, ahora se perciben tremendas posibilidades clínicas para el NGF. "Lo que es vital, es ser capaz de regenerar el deterioro del sistema nervioso central.

Es algo prematuro pensar en las aplicaciones que pueden tener los NGT, pero lo cierto es que hay ahora un gran interés en los centros de investigación en varias partes del mundo. Como dice Debora MacKenzie, editora europea de *New Scientist*: "Debe haber cierta ironía si Levi-Montalcini, quien todavía toma activo interés activo en su laboratorio a la edad de 77, cinco años después de su retiro, pueda resultar ser alguien que encontró el tratamiento de enfermedades como la demencia senil". Adalberto Gorbitz.

Crece el interés por un árbol insecticida

Las propiedades insecticidas del árbol "neem" o "margosa", *Azadirachta indica* (Meliácea), siguen despertando interés fuera de su país nativo, la India, cuyos habitantes han estado explotando estas propiedades durante más de mil años. Hace dos décadas se comenzó a investigar seriamente, primero en Inglaterra (*Nature New Biology*, Vol. 236, p. 159), y después en los Estados Unidos (Agricultural Research, March 1979), trabajos que fueron comentados en estas páginas (Cf. *Turrialba* 18:97; 22:242; 29:241). Ahora ha recibido un interés mucho mayor, al dedicársele una sesión especial en una de las secciones de la reunión anual de la American Association for the Advancement of Science, realizada en mayo de 1985, en Los Angeles, California.

Saleem Ahmed, del East-West Center, situado en Hawaii, informó a la reunión que el neem merece ser llamado una planta maravillosa. En la India, unos 14 millones de árboles plantados a lo largo de los caminos, producen frutos, madera y hojas, todos con usos especiales en las aldeas de este país.

Partes del árbol tienen fuertes propiedades insecticidas. Ahmed describió como, en la India, él había visto en los puestos de venta en los mercados frutas envueltas en hojas de neem. A una pregunta suya, los vendedores dijeron que probablemente los productores las ponían para mantener frías las frutas, pero él sospechó que era algo que tenía que ver con las propiedades de control de plagas de las hojas.

Los agricultores han estado aprovechando estas propiedades durante siglos contra los insectos y nema-

todos que prosperan en el clima de la India. Algunos simplemente mezclan las hojas del neem con el grano almacenado. Otros agricultores hacen un extracto machando la fruta en agua, para asperjar el líquido sobre los cultivos. La torta que queda después del prensado también tiene sus usos: puede ser enterrada con cultivadoras como materia orgánica, donde actúa como fertilizante y como controlador de los nemátodos del suelo.

Un plaguicida natural ideal debe tener ciertas propiedades especiales. Debe provenir de una planta perenne, que no necesite cuidados para crecer una vez plantada; que no sea destruida en el momento de la cosecha y, debe preferentemente tener también otros usos. De mayor importancia, debe ser segura y económica, lo que significa que no debe ocasionar gastos en plaguicidas, fertilizantes y agua de riego.

"El neem parece cumplir todos estos requisitos" dijo Ahmed. En los últimos años, el mensaje ha sido recogido, y el árbol se está esparciendo en África, el Medio Oriente, y el Asia Oriental. Parece crecer en cualquier parte, a excepción de suelos empantanados. El gobierno de Filipinas ha plantado 40 mil árboles de neem como resultado de un proyecto.

En el continente americano se introdujo el árbol a varias colecciones forestales y en unos pocos países se han realizado estudios, mencionados en algunos de los comentarios anteriores sobre el tema que citamos al comenzar el presente. Uno de los lugares en los que se introdujo el neem es Haití, donde se plantaron árboles en algunas plazas y avenidas de su capital, Puerto Príncipe, los que se desarrollaron muy bien. Con sus hojas, los investigadores haitianos, Ariel Azael, G L Maurice y M. Rimpel, mostraron su poder insecticida contra el gusano cogollero del maíz, (*Spodoptera frugiperda*), con resultados satisfactorios (Turrialba, 30:137).

En Costa Rica, fue plantada en Turrialba, hace unos 25 años, la especie *Melia azederach* en lo que es ahora el CATIE (Centro Tropical Agronómico de Investigación y Enseñanza) en tres lugares: el Arboretum, el lote "Puente Cajón" y en el llamado "Florencia Norte" (1). Los árboles empezaron a morir a partir del segundo año y en la actualidad no sobrevive ningún ejemplar. Esta especie parece distinta a la *Azadirachta indica*, pero algunos autores las consideran una sola especie y otros sostienen que las dos contienen el principio activo, azadirachtin, de efectos insecticidas (Turrialba 22:242) y, por último, Willis (2) considera que los límites específicos del género *Melia*

son muy inciertos. El éxito de los árboles plantados en Puerto Príncipe podría indicar que esta planta se adaptaría a zonas más bajas que Turrialba (600 msnm), que no tengan noches frescas.

En los Estados Unidos, investigadores agrícolas del gobierno han estado estudiando el neem y sus propiedades en los últimos cinco años. La industria ha mostrado cierto interés. Martin Johnson, del Departamento de Agricultura, informó en la reunión de Los Angeles, que la Agencia de Protección Ambiental está por aprobar un producto derivado del neem para proteger cultivos no alimenticios como las flores y que espera que, después de un tiempo, conceda también permiso para su uso en cultivos alimenticios.

¿Por qué, se preguntó en la reunión de la AAAS, ha tomado tanto tiempo para que los plaguicidas naturales lleguen a ser el foco de investigaciones? Por lo menos se conocen 2 000 plantas que tienen propiedades plaguicidas; sin embargo, sólo dos, el piretro y el tabaco, se explotan comercialmente en gran escala. Comentaristas en la reunión sugirieron que, debido a que los plaguicidas naturales tienden a alterar el comportamiento de los insectos en vez de matarlos, los investigadores han creído que en realidad no son eficaces. Sólo recientemente se ha reconocido el potencial de alteraciones fisiológicas y de comportamiento en el manejo de las plagas. Otro problema es que las sustancias naturales no son productos simples, como los plaguicidas sintéticos y son, por consiguiente, más difíciles de comprender y de sintetizar. Sin embargo, las mezclas de sustancias pueden ser mucho más eficaces para controlar plagas, que se vuelven muy rápidamente inmunes a un sólo producto químico tóxico.

Otro comentarista, al parecer fanático de la conservación de la vida silvestre, apuntó: "Una actitud sabia hacia una filosofía del control de plagas sería útil para promover el uso de medios botánicos de control de plagas. Matar y destruir insectos no es necesario si estos pueden ser incapacitados de manera distinta".
A.G.

Literatura citada

1. COMBE, J.; GEWALD, N. (Eds.) 1979. Guía de campo de los ensayos forestales del CATIE en Turrialba. Turrialba, Costa Rica, CATIE 378 p.
2. WILLIS, J.C. 1966. A dictionary of the flowering plants and ferns. 7th edition. Cambridge University Press, 1 267 p.