

TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 38

TRIMESTRE ABRIL-JUNIO 1988

NUMERO 2

CODEN: TURRAB 38(2)67-153

Alimentación selectiva por especies de <i>Spodoptera</i> (Lepidoptera: Noctuidae) en un campo de frijol con cero labranza. K L Savoie	67
Variación genética en ocho procedencias de <i>Erythrina poeppigiana</i> en Costa Rica. R Salazar, M. Vásquez	71
Parasitoides asociados a <i>Euclides isabella dianas</i> (Cramer, 1782) (Lepidoptera: Heliconiini) em maracujazeiro e aspectos biológicos de <i>Tetrastichus</i> sp. (Hymenoptera, Eulophidae). V H Bueno, A I Fraga	83
Bean accessions with resistance to <i>Rhizoctonia solani</i> under field conditions in Colombia. M.A. Pastor-Corrales, G S. Abawi	87
Conidios secundarios de <i>Septoria apiicola</i> Speg. II. Patogenicidad. S. Wolcan	93
Within-tree variation of wood specific gravity in Ocote pine. D Houkal, E. Ponce, D Villalobos	97
Determinación de las formas de nitrógeno en suelos derivados de cenizas volcánicas de la Sierra Tarasca, Michoacán, México. L Cruz, J. Etchevers	105
Interação entre diferentes tipos de solo e fungos micorrizicos vesiculo-arbusculares na produção de mudas de café (<i>Coffea arabica</i> L.). V. Antunes, A P.D. Silveira, E J B. Cardoso	117
Provenance variation in stem volume and wood density of <i>Pinus caribaea</i> , <i>P. oocarpa</i> and <i>P. patula</i> spp. <i>tecunumanii</i> in Puerto Rico. J A Wright, G L Gibson, R D Barnes	123
Influencia del nitrógeno y la densidad de plantas sobre la producción de maíz. H S Vivas, R. Moresco, S P Gambaudo	127
Effect of some environmental factors on the seasonal occurrence of the cocoa shield bug, <i>Bathycoelia thalassina</i> (Herrich-Schaeffer) (Hemiptera: Pentatomidae) in Nigeria. M.M Omole	133
Incidencia de la aplicación de un compost de basura urbana y diferentes complementos minerales sobre la disponibilidad secuencial de fósforo para la planta. F Gallardo-Lara, R Delgado, R. Nogales	137
Notes on phenological patterns of flowering and flower-feeding beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in two clones of cacao (Sterculiaceae: <i>Theobroma cacao</i> L.) in Costa Rica. A M Young	143
Relationship among seedling and adult plant root system in wheat. S Kuruvadi, T.F. Townely-Smith	149
Estudo da organização xilemática em <i>Coffea arabica</i> L. pela utilização da eosina. L E. Díaz, E.A. Silva Da, V H. Alvarez	155
Potencial de algunas leguminosas de la flora yucatenense como alimento humano o animal. J S Flores, C.A. Martínez, M.A. Olvera, R. Galván, C. Chávez	159
Notas y Comentarios	81, 95, 115, 132, 153



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

San José, Costa Rica

CR ISSN 0041 - 4360

Alimentación Selectiva por Especies de *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae) en un Campo de Frijol con Labranza Mínima¹

K. L. Savoie*

ABSTRACT

Quantitative observations are presented of host plant preference of the generalist herbivores, *Spodoptera sunia* (Gueneé), *S. exigua* (Hubner), and *S. eridania* (Cramer), in a minimum tillage, irrigated field of *Phaseolus vulgaris* (common bean), in which the beans were sown in strips alternately with strips of weeds. *Amaranthus spinosus* and *Portulaca oleraceae*, both potential host plants of *Spodoptera* spp., were the dominant weeds in this agroecosystem. Comparing the number of *Spodoptera* larvae attacking the beans with those attacking the weeds, the first sampling date showed an average of 23 times more larvae on *A. spinosus* than on adjacent bean plants (7.67 per 50 plants versus 0.33 per 50 plants, $P < 0.05$). On the second sampling date, *A. spinosus* was attacked by a significantly higher number of larvae compared to either beans (106.67 per 50 plants versus 5.0 per 50 plants, $P < 0.05$) or *P. oleraceae* (36.67 per 50 plants, $P < 0.05$). The results clearly indicate that *A. spinosus* is preferred over *P. oleraceae* and that both weeds are strongly preferred by *Spodoptera* larvae over common bean, in which these larvae can be significant pests. It is not possible from these preliminary data to determine whether these preferred weeds function in this agroecosystem as "trap crops," protecting beans from damage, or, conversely, act as sources of infestation, attracting *Spodoptera* into the field. The data, however, demonstrate the importance feeding preferences may play in determining predation on various crops by generalist herbivores, and therefore have important implications for control of such pests.

INTRODUCCION

El descubrimiento y ataque a plantas hospederas por insectos herbívoros depende de varios factores, entre ellos, la distribución de los hospederos (10), la densidad de las plantas (9), el tamaño de la parcela (3), la diversidad de las especies

1 Recibido para publicación el 14 de mayo 1987.

La autora agradece a las siguientes personas su ayuda en el desarrollo del presente trabajo; Brian Schultz, Ing. Humberto Tapia, Peter Rosset, y John Vandermeer; a Ivette Perfecto, la revisión del manuscrito. La investigación fue financiada por la Organización de Estados Americanos y el Institute for the Development of Agricultural Alternative, a través de becas otorgadas a la autora.

* Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias, km 12-1/2, Carretera Norte, Managua, Nicaragua.

COMPENDIO

En el presente trabajo se incluyen observaciones cuantitativas acerca de la preferencia por plantas hospederas de los herbívoros generalistas. *Spodoptera sunia* Gueneé, *S. exigua* Hubner, y *S. eridania* Cramer, en un campo de frijol común, bajo riego y con labranza mínima, en el cual el frijol se sembró en franjas alternadas con franjas de malezas. En este ecosistema *Amaranthus spinosus* y *Portulaca oleraceae*, ambas plantas hospederas potenciales de especies de *Spodoptera*, fueron las malezas dominantes. En una comparación del número de larvas de *Spodoptera* atacando al frijol con los que atacan las malezas, se encontró, en el primer día de muestreo, un promedio de 23 veces más larvas en *A. spinosus* que en las plantas de frijol adyacentes (7.67 por 50 plantas versus 0.33 por 50 plantas, $P < 0.05$). En el segundo día de muestreo, *A. spinosus* fue atacado por un número de larvas significativamente más alto, comparado con frijol (106.67 por 50 plantas versus 5.0 por 50 plantas, $P < 0.05$), o *Portulaca* (36.67 por 50 plantas, $P < 0.05$). Los resultados indican claramente que *Amaranthus* es preferido sobre *Portulaca* y que las dos malezas son preferidas por las larvas de *Spodoptera* sobre frijol común, en el cual estas larvas pueden ser plagas significativas. Con estos resultados preliminares no fue posible determinar si estas malezas preferidas funcionan en este agroecosistema como "cultivos trampas", protegiendo los frijoles de daño, o inversamente, actúan como fuente de infestación atrayendo *Spodoptera* al campo. Sin embargo, los datos obtenidos demuestran la importancia de las preferencias alimenticias en determinar el ataque a varios cultivos por herbívoros generalistas y entonces tienen implicaciones importantes para su combate.

dentro de la parcela (2, 12) y la identidad de las plantas no hospederas dentro de una parcela de vegetación mixta (1, 11). También, es de gran importancia si el insecto es generalista o especialista. Debido a que los generalistas responden a una gran diversidad de hospederos potenciales, se espera que los mecanismos empleados para localizar sus hospederos sean menos específicos que aquéllos de los especialistas. Como resultado, los herbívoros generalistas tienen contacto con una variedad amplia de especies de plantas aceptables (y no aceptables).

Además de distinguir las plantas hospederas de las no hospederas, los herbívoros generalistas distinguen entre plantas hospederas potenciales. No todos los hospederos son igualmente preferidos. Jermy (7) su-

girió que, en el caso de un herbívoro generalista, existe una jerarquía de aceptabilidad de hospederos sin límites bien definidos entre los hospederos altamente aceptables y las plantas no hospederas inaceptables. La existencia de una jerarquía de preferencia para plagas agrícolas generalistas sería de gran importancia para el manejo de estas plagas, ya que indica las posibilidades de manipular la comunidad de plantas para lograr el combate de las plagas. El conocimiento de dicha jerarquía permitiría, por ejemplo, identificar "cultivos trampa" potenciales para ser empleados en el combate de plagas y también permitiría identificar fuentes potenciales de infestación, facilitando así su eliminación de los campos cultivados.

Los insectos del complejo de *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae) son herbívoros generalistas que utilizan un rango amplio de hospederos, entre ellos, varios cultivos así como gramíneas y otras malezas (3, 6, 14, 17). En los campos de frijol en Nicaragua, este complejo incluye a *S. sunia* (Gueneé), *S. exigua* (Hubner), *S. frugiperda* (J.E. Smith), y *S. eridania* (Cramer). Las larvas de estas especies también son plagas comunes en algodón, soya, tomate, remolacha y otros cultivos (8). *S. sunia* y *S. exigua* son las plagas más importantes en la zona algodonera del sector pacífico de Nicaragua y debido a sus rangos amplios, tienen el potencial de llegar a ser plagas serias, en cualquier cultivo sembrado en esta región. Las especies de este complejo, especialmente *S. sunia* y *S. exigua*, se encuentran entre las plagas más resistentes a los insecticidas sintéticos en el mundo (15), haciéndose necesario un enfoque más ecológico a su manejo.

Aunque estas especies pueden ser plagas importantes, se conoce poco sobre sus preferencias relativas entre hospederos potenciales y sus preferencias relativas entre hospederos cultivados y no cultivados. En este trabajo se presentan datos que indican una preferencia de larvas del complejo *Spodoptera* por *Amaranthus spinosus* (bledo) y *Portulaca oleracea* (verdolaga), sobre *Phaseolus vulgaris* (frijol común) en el cual, a veces, son plagas importantes.

MATERIALES Y METODOS

Los datos fueron registrados en un campo de producción de frijol común (variedad Revolución 83), bajo riego y con labranza mínima. El campo, de aproximadamente 10 manzanas, está ubicado en la Unidad de Producción Estatal Santa Clara, en León, Nicaragua (12° 25'N, 86° 50'W). Los frijoles (*Phaseolus vulgaris*), fueron sembrados el 24 de marzo de 1986, en franjas alternas de frijol con labranza mínima y malezas, ambas de 5 metros de ancho. Estas franjas de malezas incluyeron una densidad alta de *Amaranthus spinosus*, la cual ha sido descrita como una planta hospede-

ra preferida de las especies de *Spodoptera* (16). Otras malezas comunes en el campo fueron *Cyperus rotundus*, *Pennisetum* sp., *Cenchrus* sp., y *Euphorbia heterophylla*.

La preparación del suelo en el campo fue convencional (a maquinaria), pero no hubo otro uso de maquinaria. No se hizo ninguna aplicación de insecticida en el campo ni aplicación de herbicida. Al sembrar, se aplicó fertilizante (17-35-4 NPK) a razón de 130 kg/ha.

El 18 de abril se contaron las larvas y las masas de huevos de las especies del complejo *Spodoptera* (*exigua*, *sunia* y *eridania*) en tres diferentes localidades de campo. Las muestras se localizaron al azar, dentro de áreas preseleccionadas por su alta densidad de *Amaranthus spinosus* (subjétivamente determinada). La muestra incluyó 50 plantas de frijol y 50 de *A. spinosus* ubicadas en la franja de maleza adjunta a la franja de frijoles. Se examinó la planta entera, como también la superficie del suelo en la base del tallo, en un radio de aproximadamente 10 cm debido a que las larvas maduras de *Spodoptera* muestran fototaxis negativa y frecuentemente se trasladan al suelo durante el día (4). El 27 de abril, se muestreó nuevamente, notándose un cambio significativo en la comunidad de malezas. *Portulaca oleracea*, que también es un hospedero de *Spodoptera* (5, 6), pasó a ser un miembro dominante (determinada visualmente) junto con *A. spinosus* de la comunidad de plantas en las franjas de malezas. En esta segunda muestra se registró el número de larvas de *Spodoptera* en *A. spinosus*, *P. oleracea*, y *Phaseolus vulgaris*.

Las diferencias se analizaron mediante ANDEVA de bloques completos al azar. Se separaron las medias en la segunda fecha, mediante la prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el primer día de muestreo, todas las larvas de *Spodoptera*, con excepción de una, fueron encontradas en (o en la base de) plantas de *A. spinosus*. Sólo una de estas larvas se localizó propiamente en el suelo. Se encontraron tres masas de huevos, todas en las hojas de *A. spinosus*. En el segundo día de muestreo, la mayoría de las larvas de *Spodoptera* también fueron localizadas en *A. spinosus*. No se encontró ninguna masa de huevos en esta fecha.

El número promedio de larvas localizadas en plantas de *A. spinosus* fue significativamente ($P < 0.05$) más alto que el promedio de larvas localizadas en plantas adyacentes de frijol en ambas muestras (Cua-

dro 1, Fig. 1). De hecho, el número promedio de larvas por planta en *A. spinosus* fue 21 y 23 veces más abundante (respectivamente, para las dos fechas de muestreo) que en frijol. Los resultados indican que *Spodoptera* tiene una alta preferencia por *A. spinosus* sobre frijol. Las plantas de *A. spinosus* muestreadas en ambas fechas fueron defoliadas severamente, mientras que en el frijol hubo poco daño. El número de larvas de *Spodoptera* en *P. oleraceae*, fue significativamente más bajo ($P < 0.05$) que en *A. spinosus*, pero significativamente más alto ($P < 0.05$) que en frijol, indicando también una preferencia para esta planta sobre el frijol.

Los resultados indican que las larvas de *Spodoptera* prefieren significativamente a *Amaranthus spinosus* sobre frijol, una preferencia importante porque las especies de *Spodoptera* puede ser plagas severas en este cultivo. La evidencia aquí presentada, no es suficiente para determinar si *A. spinosus* funciona en este agroecosistema como un "cultivo trampa" que atrae las larvas de *Spodoptera*, protegiendo los frijoles del daño causado por este generalista o si, por el contrario, *A. spinosus* funciona como una fuente inicial de infestación, proveyendo un atractivo que lleva las larvas de *Spodoptera* al campo. Es necesario hacer estudios adicionales para poder distinguir entre estas dos alternativas. Sin embargo aquí se presentan datos que, aunque en forma preliminar, demuestran la importancia de la preferencia alimentaria de los herbívoros generalistas para determinar su ataque en varios cultivos, teniendo así implicaciones importantes para el combate de estas plagas.

Si *Amaranthus spinosus* funciona como una "trampa" para las larvas de especies de *Spodoptera*, se podría incorporar como parte de un programa planifi-

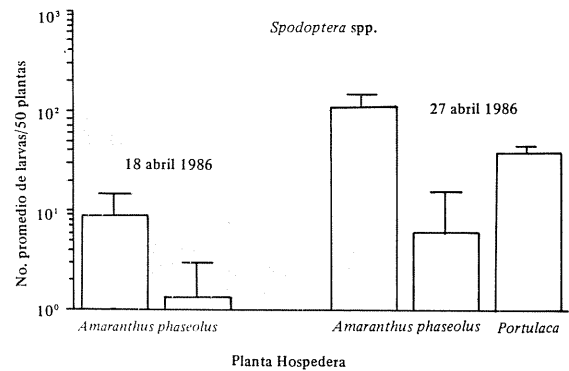


Fig. 1. Número promedio (\pm desviación estándar) de larvas de *Spodoptera* por 50 plantas de *Phaseolus vulgaris*, *Amaranthus spinosus* y *Portulaca* sp.

cado de manejo integrado de plagas. Un ejemplo similar fue descrito por Rosset *et al.* (13) en el cual la preferencia de *S. sunia* (Gueneé) por frijol sobre tomate formó la base de un programa de manejo de plagas para tomate que incluyó un cultivo asociado de frijol y tomate.

Por otro lado, si *A. spinosus* funciona como una fuente de infestación, se necesitaría remover las malezas de los campos de frijol o se podría usar como una trampa aplicando un insecticida en las malezas periódicamente para eliminar las larvas de *Spodoptera* antes de que se dispersen al cultivo. La segunda alternativa tiene la ventaja de evitar aplicaciones en el cultivo, reduciendo así el uso de plaguicidas y ayudando a preservar los enemigos naturales que alberga el cultivo.

Finalmente, ya que las especies de *Spodoptera* en Nicaragua han desarrollado una resistencia extrema a los insecticidas sintéticos y han llegado a ser una de las amenazas más grandes a la producción de algodón —uno de los cultivos de exportación más importantes de Nicaragua—, se aumenta la necesidad de desarrollar alternativas al combate, químico de estas plagas. Un conocimiento de la ecología y las preferencias de hospederos de los herbívoros generalistas constituye una etapa importante hacia el desarrollo de alternativas para controlar los brotes de estas plagas y lograr la reducción en el uso de insecticidas mediante el desarrollo de programas de combate integrado.

Cuadro 1. Número promedio de larvas de *Spodoptera* por 50 plantas*.

Especies	Fechas	
	18 abril	27 abril
<i>Phaseolus vulgaris</i>	0.33 a	5.00 a
<i>Amaranthus spinosus</i>	7.67 b	106.67 b
<i>Portulaca</i> sp.	—	36.67 c

* Los valores señalados por la misma letra no difieren significativamente al nivel de $P < 0.05$ de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Duncan.

LITERATURA CITADA

1. BACH, C. 1981. Effect of plant density and diversity on the population dynamics of a specialist herbivore, the striped cucumber beetle, *Acalymma vittata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Oecologia* 50:370-375.
2. CROMARTIE JUNIOR, W.J. 1975. The effect of stand size and vegetational background on the colonization of cruciferous plants by herbivorous insects. *Journal of Applied Ecology* 12:517-533.
3. CRUMB, S.E. 1927. The armyworms. *Bulletin of the Brooklyn Entomological Society* 22:41-53.
4. GRISWOLD, M.J.; TRUMBLE, J.I. 1985. Responses of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae to light. *Environmental Entomology* 14:650-653.
5. HARDING, J.A. 1976. *Heliothis* spp.: Parasitism and parasites plus host plants and parasites of the beet armyworm, diamondback moth and two tortricids in the Lower Rio Grande Valley of Texas. *Environmental Entomology* 5:669-671.
6. HELLPAP, C. 1985. Ecología poblacional y control biológico-biotécnico de *Spodoptera* en Nicaragua. Tesis Doctoral. Frankfurt Universidad J. W. Goethe.
7. JERMY, I. 1961. On the nature of oligophagy in *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 7:119-132.
8. KING, A.B.S.; SAUNDERS, J.L. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Londres. Administración de Desarrollo Extranjero. 182 p.
9. MAYSE, M.A. 1978. Effects of spacing between rows on soybean arthropod populations. *Journal of Applied Ecology* 15:439-450.
10. PIMENTEL, D. 1961. The influence of plant spatial patterns on insect populations. *Annals of the Entomological Society of America* 54:76-86.
11. RISCH, S. 1980. The population dynamics of several herbivorous beetles in a tropical agro-ecosystem: The effect of interplanting corn, beans, and squash in Costa Rica. *Journal of Applied Ecology* 17:593-612.
12. ROOT, R.B. 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monographs* 43:95-124.
13. ROSSET, P.; VANDERMEER, J.; CANO P, M.; VARRELA O., G.; SNOOK, A.; HELLPAP, C. 1985. El frijol como cultivo trampa para el control de *Spodoptera sunia* Gueneé (Lepidoptera: Noctuidae) en plántulas de tomate. *Agronomía Costarricense* 9(1):99-102.
14. TAYLOR, J.S. 1931. Notes on the biology of *Laphygma exempta* Walk., and *L. exigua*, Hbn. (Lep., Noctuidae). *Bulletin of Entomological Research* 22:209-210.
15. VAUGHAN, M.A.; LEON, G. 1977. Pesticide management on a major crop with severe resistance problems. *International Congress of Entomology* (15, Washington, D.C.) Proceedings. p. 812-815.
16. WENE, G.P.; SHEETS, L.W. 1965. Migration of beet armyworm larvae. *Journal of Economic Entomology* 58:168-169.
17. WILSON, J.W. 1932. Notes on the biology of *Laphygma exigua* Huebner. *Florida Entomologist* 16:33-39.

Variación Genética en Ocho Procedencias de *Erythrina poeppigiana* en Costa Rica^{1/}

R. Salazar*
M.S. Vásquez*

ABSTRACT

Giant poro (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook), a tree species widely used in agroforestry systems, is native to the humid zones from Panama to Bolivia. The species was introduced in Costa Rica at the beginning of this century and its distribution has increased through natural and artificial dissemination to what now is a large part of the Costa Rican Central Plateau and the Atlantic coastal zone. The objective of this study was to evaluate the genetic variation of the species in the nursery and in one planting site in Costa Rica. The characteristics of seeds, plants in nursery and young plants in the field, during their first 120 days of growth, were analyzed. Although genetic variation among provenances was detected in the three stages of evaluation, the greatest variation was observed within provenances.

INTRODUCCION

El poró gigante, *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook), es una de las leguminosas arbóreas más intensamente utilizadas como sombra en cafetales, principalmente en los países de América Latina, tanto por su crecimiento rápido y facilidad de reproducción por estacas como por su buena respuesta a las podas frecuentes. En los años recientes, la especie ha recibido mucha atención no sólo por su importancia en sistemas agroforestales y por la posibilidad de usarla en sistemas silvopastoriles como fuente de proteína, sino también por su potencial como especie para mejorar suelos, dada su capacidad de incorporar materia orgánica y fijar nitrógeno atmosférico. Al respecto, Russo (17) determinó que la especie aporta hasta 13754 kg/ha/año de materia orgánica seca, cuando se planta como sombra en cafetales a 6 m x 6 m de espaciamiento y con dos podas por año. En esta cantidad de materia orgánica hay un aporte aproximado de 269 kg de nitrógeno (2%).

COMPENDIO

El poró gigante (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook), especie ampliamente utilizada en sistemas agroforestales, es originaria de las zonas húmedas comprendidas entre Panamá y Bolivia. Fue introducida en Costa Rica a principios de este siglo y se ha diseminado en forma natural y artificial en gran parte de la Meseta Central y la zona Atlántica del país. El objetivo de este trabajo fue evaluar la variabilidad producida por efectos genéticos que la especie presenta bajo condiciones de vivero y campo en un sitio en Costa Rica. Se analizaron características de las semillas, plántulas en vivero y características juveniles a nivel de campo, durante los primeros 120 días de crecimiento. Aunque en las tres etapas de evaluación se detectó variación genética entre las fuentes de semillas estudiadas, la mayor variación se presentó en las procedencias.

E. poeppigiana pertenece a la familia Papilionacea. En forma natural crece desde el sur de Panamá hasta Bolivia, en climas tropicales y subtropicales húmedos y muy húmedos, casi desde el nivel del mar hasta los 1800 m de elevación. Ha sido introducida en algunas regiones de América Central, África y Malasia (2, 8, 14, 17).

El poró fue introducido a la Meseta Central de Costa Rica a principios de 1900 (8); posteriormente, se extendió por plantación como sombra en cafetales y por reproducción natural hacia gran parte de la zona Atlántica del país, donde hoy se le considera como especie naturalizada. Es frecuente encontrar el poró desde el nivel del mar hasta los 1350 m de elevación, en sitios con temperaturas que varían desde 28 hasta 18°C y con precipitaciones anuales de 4 000 a 1 500 mm (12, 13).

El poró crece en una gama amplia de suelos, como franco arenosos, franco arcillosos, arcillo limosos, residuales aluviales y coluviales, e incluso en sitios planos, sombreados, con problemas de drenaje y sujetos a inundaciones periódicas (13, 20).

En Costa Rica, en condiciones de suelo fértil es usual encontrar árboles hasta de 40 m de altura y 1 m de diámetro a 1.3 m de altura (dap). La copa tiene forma de cono redondeado y el tronco usualmente

^{1/} Recibido para publicación el 15 de marzo de 1988.
Extracto de la tesis para M.Sc de Milton S. Vásquez presentada en 1986 ante el Programa de Estudios de Posgrado CATIE/UCR.

* Investigador del Proyecto Árboles de Uso Múltiple del CATIE y Profesor del estudiante, respectivamente.

es recto pero bifurcado a una altura variable. La corteza presenta espinas en número y disposición variable; éstas también se encuentran en las ramas y raquis de las hojas, lo que dificulta el manejo. La madera es muy blanda por lo que no es utilizada para aserrio ni como leña (15). Las hojas caen durante la estación seca; son trifoliadas, alternas y con un par de nectarios extraflorales en el peciolo, con apariencia de glándulas. Una descripción más detallada de las características botánicas de la especie se puede encontrar en Krukoff (10, 11)

Dada la importancia actual del poró y el poco conocimiento que existe acerca de las características de las semillas, de las plantas a nivel del vivero, del grado de variación genética de distintas características anatómicas, así como la interpretación de estas variaciones, se decidió realizar esta investigación, como un primer intento de cuantificar la variación genética en los primeros estadios de crecimiento de distintas fuentes de semilla.

Material experimental

Se utilizó principalmente material de Costa Rica, pues sólo fue posible obtener semillas de un sitio de la zona de origen; además, cualquier programa de mejoramiento genético para la especie en Costa Rica, tendrá que utilizar el material local disponible.

La especie tiene poco más de 80 años de haber sido introducida al país; ya se encuentra establecida naturalmente en sitios con características de clima y suelo muy variadas. Esto hace suponer la posibilidad de que hayan ocurrido cambios genéticos considerables como respuesta a las condiciones ecológicas diversas de las zonas que ha ido colonizando.

También existe la posibilidad de que se hayan realizado varias introducciones originales de diversas fuentes. De cualquier forma, es importante detectar los patrones de variación genética existentes para determinar su posible utilización.

Se evaluaron siete procedencias de Costa Rica y una de Colombia. Las semillas de Costa Rica fueron recolectadas en los meses de marzo y abril de 1985 en siete sitios diferentes, definidos de acuerdo con la distribución de la especie en el país y la variación en altitud y zonas de vida. Para la de Colombia no se registró fecha de recolección. Como la semilla fue colectada durante el mismo año, se eliminó el posible efecto de variación debido al año de recolección pero no la variación ambiental debida a sitios. En cada sitio se cosecharon semillas de 15 árboles separados aproximadamente por 100 m sin considerar ninguna

característica en particular. La Fig. 1 y el Cuadro 1 muestran, respectivamente, la localización y las características de clima de los sitios de recolección.

En semillas, se cuantificó la variación fenotípica debida a efectos genéticos y ambientales. También se cuantificó la variación genética entre procedencias, a nivel de plántulas, en vivero y campo en un sitio, hasta 120 días después de plantadas.

Para el estudio a nivel de semillas se utilizó un diseño de bloques completos al azar con ocho procedencias, cinco repeticiones y parcelas de 25 semillas seleccionadas al azar. En cada semilla se evaluaron cuatro variables básicas y dos derivadas:

1. Longitud (L) en (mm)
2. Ancho (A) en (mm)
3. Espesor (E) en (mm)
4. Peso (P) en g
5. Ancho/largo (forma) A/L
6. Volumen (LxAxE) en (mm³)

En la etapa de vivero, las semillas fueron colocadas en agua a temperatura ambiente durante 24 horas, como tratamiento pregerminativo. La siembra directa se realizó en bolsas de polietileno de 22 cm de largo y 17.5 cm de ancho. Se utilizó una mezcla de tierra, arena y compost (1:1:1) para llenar las bolsas y se agregó 0.05 g/bolsa de 10N-30P-10K. Se aplicó riego por aspersión cuando fue necesario y maneb r-80 (4 g/l) (etileno-bisditiocarbamato de manganeso) para prevenir el mal del talluelo.

En esta etapa, se utilizó un diseño de bloques completos al azar con ocho procedencias, cinco repeticiones y parcelas de 25 plantas útiles (una línea de borde); las siguientes variables fueron evaluadas durante los tres meses de crecimiento en vivero:

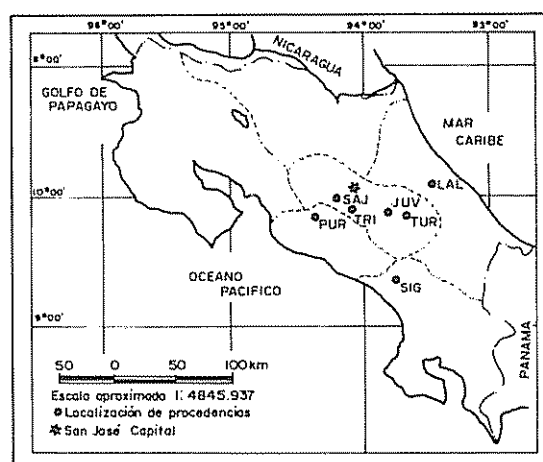


Fig. 1. Mapa de Costa Rica mostrando la localización de procedencias de *E. poeppigiana*.

Cuadro 1. Localización y características climáticas de las procedencias de *Erythrina poeppigiana* incluidas en el estudio en Costa Rica.

Sitio	Código	BLSF* No.	Latitud (N)	Longitud (D)	Elev. (msm)	Temperatura prom. anual (°C)	Precipitación prom. anual (mm)	Meses secos (<100 mm)	Zona de vida**	Germina- ción (%)
La Lola, Limón	LAL	2 164	10°06'	83°23'	40	25.1	3 660	1	bmh-I	81
Turrialba, Cartago	TUR	2 165	09°53'	83°38'	602	21.7	2 661	1-2	bmh-P	74
San Isidro del General, San José	SIG	2 166	09°22'	83°45'	750	24.2	3 092	3-4	bh-P	84
San Joaquín, Heredia	SAJ	2 167	10°00'	84°09'	960	21.5	2 164	4-5	bh-P	57
Santiago de Puriscal, San José	PUR	2 169	09°51'	84°19'	1 020	22.2	2 470	4-5	bmh-P	86
Tres Ríos, Cartago	TRI	2 170	09°55'	84°00'	1 350	17.1	2 713	4	bmh-MB	77
Juan Viñas, Cartago	JUV	2 171	09°54'	83°45'	1 210	20.4	4 287	1-2	bmh-P	79
San José de Apartadó, Antioquía***	SJA	2 172	07°20'	76°37'	25	28.4	2 413	2	bh-I	60

* Banco Latinoamericano de Semillas Forestales, CATIE, Costa Rica

** Sistema Holdridge.

*** Colombia

- 1: Longitud del hipocotilo (L) en mm a los 30 días de la siembra;
- 2: número de hojas verdaderas a los 90 días;
- 3: altura total (h) en mm cada 15 días después de los primeros 30 días;
- 4: diámetro basal (d) en mm al nivel del suelo a los 90 días;
- 5: longitud de raíz principal en cm a los 90 días en cinco plantas por procedencia;
- 6: número de nódulos (> 1 mm de diámetro) a los 90 días en cinco plantas por procedencia;
- 7: peso seco aéreo en g en las mismas plántulas del punto 6, a 70°C;
- 8: peso seco radical en g en las mismas plántulas del punto 6;
- 9: peso seco total en g de la suma de los puntos 7 y 8.

Para la etapa de campo se utilizó el mismo material de la etapa de vivero. El experimento fue establecido en terrenos del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). El sitio se encuentra a 9°54' de latitud norte, 83°41' de longitud oeste y a 605 msnm; tiene una precipitación anual de 2661 mm, 22, 2°C de temperatura media anual y 88% de humedad relativa. La topografía es plana; el suelo es de origen aluvial y moderadamente permeable; la densidad aparente es alta (1.01 a 1.27 g/cc); el contenido de materia orgánica varía de 1 a 6.9%; pH ácido (4.5 a 5.5); textura franco arcillosa y fertilidad de media a baja.

El terreno fue chapeado manualmente, con aplicación posterior de "roundup" (120 cc/bomba de 16 l) (glifosato) para controlar el pasto estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*)

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con ocho procedencias, cuatro repeticiones y parcelas útiles de 20 árboles (4 x 5), con borde de una línea de árboles. Los árboles fueron plantados a 2.5 m x 2.5 m y se realizaron limpiezas manuales a los 30, 60 y 90 días. Las siguientes variables fueron cuantificadas durante los primeros 120 días después de la plantación:

1. Altura total (cm) a 30, 60, 90 y 120 días;
2. diámetro basal (mm) a 30, 60, 90 y 120 días;
3. número de espinas en el eje terminal en una sección de 10 cm, a 5 cm de la terminal hacia abajo a 120 días, en ocho plántulas por parcela;
4. longitud del pecíolo (cm) en tres hojas de la parte central de la copa, a 120 días, en ocho plántulas por parcela;
5. longitud de la hojuela central (cm) de la misma muestra del punto 4;
6. ancho de la hojuela central (cm) de la misma muestra del punto 4;
7. relación ancho/largo de los puntos 5 y 6.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las semillas comenzaron a germinar ocho días después de la siembra; más del 70 por ciento de la germinación ocurrió dentro de los 22 días después de la siembra. Las procedencias San Joaquín de Heredia y San José de Apartadó (Colombia) alcanzaron 57 y 60% de germinación, respectivamente, como los porcentajes más bajos (Cuadro 1). Es posible que las diferencias en porcentaje de germinación obedezcan a diferencias entre árboles; o bien, que, por fluctuaciones climáticas, la semilla cae sin haber

alcanzado la madurez fisiológica como ocurre en varias especies (19).

Las ocho procedencias mostraron un promedio de 4386 semillas por kg; un largo promedio de 12.9 mm; un ancho promedio de 5.8 mm y un espesor promedio de 6.1 mm. Las procedencias de Turrialba, Tres Ríos y Puriscal presentan las semillas con dimensiones mayores; las de Colombia, La Lola y San Isidro del General presentan las más pequeñas. El número de semillas/kg varió desde 3472 para Turrialba (que tiene las semillas más grandes), hasta 5814 para Colombia que muestra las más pequeñas. La Lola presentó las semillas más pequeñas de las procedencias de Costa Rica (4900/kg). El análisis de varianza y la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) (Cuadro 2) confirman estas diferencias, donde las seis variables estudiadas mostraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) Campos (3) y Salazar (18) también encontraron diferencias al estudiar las dimensiones en semillas de *Glyricidia sepium* y *Calliandra calothyrsus*, especies de la región que se encuentran creciendo naturalmente en diversas condiciones de sitio. Los componentes de varianza para las seis variables fluctuaron entre 18 y 88%, aunque las semillas fueron colectadas el mismo año. Estos resultados deben ser interpretados con precaución pues las variables de las semillas pueden ser fuertemente afectadas por las características del medio ambiente; por ejemplo, es posible que las semillas tengan diferencias de hidratación ya que vienen de zonas ecológicamente distintas

Es sabido que el tamaño de las semillas varía según la zona ecológica y según la condición climática del año de producción (7, 19)

Es posible que las dimensiones de las semillas no estén relacionadas con la germinación. La germinación menor de la procedencia de Colombia puede estar relacionada con la edad de la semilla y su procesamiento antes de enviarla a Costa Rica, información que se desconoce. La Fig. 2 muestra que hay una clara tendencia en que a mayor temperatura del sitio de recolección, mayor es el número de semillas/kg ($r = +0.60^{***}$). La literatura menciona que hay una tendencia a aumentar el tamaño de las semillas en zonas altas o secas, como mecanismo de conservación de la especie; esto le permite a la semilla tener mayor contenido de agua y nutrimentos durante la germinación y desarrollo de la plántula (1, 7).

De las características estudiadas a nivel de vivero la longitud del hipocotilo mostró un promedio general de 49.7 mm; la diferencia entre la longitud mayor (Puriscal) y la menor (Colombia) fue de 21 mm. El crecimiento en altura, durante los 75 días de vivero, mostró un comportamiento uniforme en el tiempo. Las procedencias Turrialba, Puriscal, San Isidro del General, Tres Ríos y La Lola mostraron 203 mm de altura promedio (Turrialba, la más alta: 214 mm; San José de Apartadó, la más baja: 116 mm) La procedencia de crecimiento menor en Costa Rica fue

Cuadro 2 Análisis de varianza y prueba de Tukey para las seis variables analizadas en semillas de ocho procedencias de *E. poeppigiana*. Turrialba. Costa Rica

No	Fuentes de variación	gl	Prueba	Largo (mm)			Ancho (mm)			Espesor (mm)		
				CM	Sig.	CO	CM	Sig.	CO	CM	Sig.	CO
1	Bloque (B)	4	3	4.0	NS	1	0.7	NS	0	0.8	NS	0
2	Proc (P)	7	3	147.0	***	42	27.5	***	44	12.1	***	23
3	B * P	28	4	1.5		0	0.4	NS	1	0.5	*	2
4	Semillas	960				57	0.2		55	0.3		75

		Proc	CV	\bar{X}	Tukey	Proc	CV	\bar{X}	Tukey	Proc	CV	\bar{X}	Tukey
		TUR	9	14.3		TRI	9	6.8		TUR	9	6.5	
		PUR	10	13.7		TUR	8	6.4		PUR	11	6.3	
		TRI	9	13.5		SAJ	11	6.3		TRI	9	6.3	
		JUV	10	13.2		JUV	8	6.3		JUV	9	6.1	
		SAJ	9	12.7		PUR	9	6.1		SAJ	8	6.1	
		SIG	10	12.7		SIG	8	5.8		SIG	10	6.0	
		LAL	11	12.4	LAL	8	5.5	LAL	9	5.7			
		SJA	7	10.7	SJA	6	5.4	SJA	6	5.6			

* ($P < 0.05$)
 *** ($P < 0.001$)
 NS no significativa ($P > 0.05$)
 CO (%) = Componente de varianza
 CV (%) = Coeficiente de variación
 Tukey = $P < 0.05$, promedios unidos por la barra

Continuación Cuadro 2.

Volumen (L x A x E) (mm ³)			Relación ancho/largo			Peso (g)							
CM	Sig	CO	CM	Sig	CO	No	Fuentes de variación	gl	Prueba	CM	Sig	CO	
36	NS	0	0 01	NS	0	1	Repl (R)	4	3	0 14	NS	1	
1 057	***	42	0 09	***	18	2	Proc (P)	7	3	4 02	***	88	
16	NS	1	0 01	NS	0	3	Error	28		0 09		11	
10 950		57	0 01		82								

Proc	CV	\bar{X}	Tukey	Proc	CV	\bar{X}	Tukey	Proc	CV	\bar{X}	Tukey
TUR	18	596 3		TRI	15	0 46		TUR	4	7 2	
TRI	22	568 1		SJA	11	0 46		TRI	5	6 5	
PUR	27	538 3		SAJ	13	0 46		PUR	6	6 3	
JUV	21	517 1		JUV	15	0 44		JUV	7	6 0	
SAJ	23	501 1		SIG	13	0 42		SIG	5	5 6	
SIG	23	449 2		PUR	11	0 41		SAJ	8	5 6	
LAL	21	392 4		TUR	15	0 40		LAL	5	5 1	
SJA	14	324 1		LAL	15	0 40		SJA	2	4 3	

San Joaquín de Heredia. Un comportamiento similar se observó para el resto de las variables cuantificadas a nivel del vivero, donde la procedencia San José de Apartadó y San Joaquín de Heredia presentaron los promedios más bajos y se comportaron como poblaciones diferentes. El resto de las procedencias no mostró diferencias significativas a nivel de la prueba de Tukey (Cuadro 3).

Los componentes de la varianza fueron considerablemente altos, a excepción de la variable número de nódulos, donde sólo el nueve por ciento de la variación observada se debe a las procedencias (Cuadro 3).

Los pesos secos de la raíz, la parte aérea y el total de la planta, no mostraron más del 15% de variación genética. En términos generales, los coeficientes de variación dentro de procedencias fueron considerablemente altos, particularmente en el caso de los pesos secos. Esto indica que dentro de las poblaciones hay una variación alta en el crecimiento y morfología de los individuos.

La altura total a los 75 días mostró un ligero grado de asocio con el peso de las semillas ($r = +0.52^{***}$), lo que indica que las semillas grandes producirán plantas grandes en vivero. Resultados similares han sido informados para *G. sepium* por Salazar (18).

Se observó una ligera tendencia de aumento en peso seco de la raíz y el peso seco total, al aumentar la precipitación de la zona de origen de las semillas ($r = +0.40^{***}$; $r = +0.32^{***}$, respectivamente). Es posible que las procedencias de sitios más lluvio-

sos hayan desarrollado un sistema radical mayor para poder así anclar el árbol que es de porte muy alto; y a su vez, esto implica una exploración del suelo más eficiente lo cual se traduce en crecimiento y producción de más biomasa.

El análisis del crecimiento mensual en altura total, durante los primeros cuatro meses en el campo, mostró que las ocho procedencias conservan la misma tendencia de crecimiento, aunque hay ligeras diferencias en altura. A los 120 días, la procedencia La Loía presentó la altura promedio mayor (84.4 cm); la diferencia con San José de Apartadó (la más baja) fue de 23 cm, diferencia que se considera de poca im-

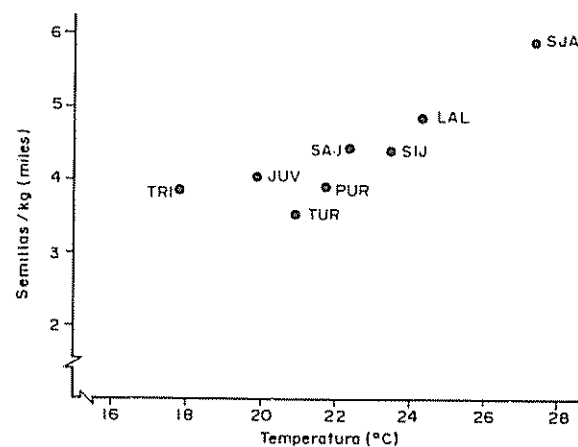


Fig. 2. Variación en el número de semillas por kilogramo en procedencias de *E. poeppigiana* con respecto a la temperatura promedio del origen

portancia práctica. Un comportamiento similar se observó en el diámetro basal. El análisis de varianza y la prueba de Tukey (Cuadro 4) indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas después de los primeros 60 días; igual cosa sucedió para las cuatro variables estudiadas en las hojas. Es interesante apuntar que La Lola, con un crecimiento en altura comparativamente bajo y mayor en dap y biomasa

a nivel de vivero, fue la procedencia con crecimiento mayor a nivel de campo. Es posible que, al pasar esta procedencia al campo, se estimule el desarrollo del sistema radical lo que provoca un crecimiento más acelerado. Las procedencias San José de Apartadó y San Joaquín de Heredia continuaron mostrando los crecimientos más bajos.

Cuadro 3 Análisis de varianza y pruebas de Tukey para 12 variables en plántulas de ocho procedencias de *E. poeppigiana* en la etapa de vivero, Turrialba, Costa Rica

Longitud del hipocotilo (mm)							Número de hojas verdaderas			
No	Fuentes de variación	gl	Prueba	CM	Sig	CO	CM	Sig	CO	
1	Bloque (B)	4	3	1 698	**	3	37	***	4	
2	Proc. (P)	7	3	6 295	***	24	70	***	15	
3	B * P	28	4	323	***	4	4	*	2	
4	Arboles	960		137		69	3		79	
		Proc	CV	\bar{X}	Tukey	Proc	CV	\bar{X}	Tukey	
		PUR	17	57.0		SIG	15	12.0		
		JUV	23	56.0		PUR	17	11.9		
		SIG	25	54.3		TRI	15	11.7		
		TUR	24	53.9		TUR	15	11.4		
		TRI	27	49.3		LAL	14	11.1		
		LAL	25	47.7		JUV	16	11.0		
		SAJ	28	43.4		SAJ	18	10.7		
		SJA	28	36.4		SJA	15	9.8		

Continuación Cuadro 3.

Altura total (mm)															
30 días			45 días			60 días			75 días						
CM	Sig	CO	CM	Sig	CO	CM	Sig	CO	CM	Sig	CO				
2 749	**	3	3 944	**	3	8 292	*	3	37 390	*	5				
15 790	***	36	26 310	***	38	55 120	***	39	138 600	***	34				
539	***	4	904		4	2 186	***	6	9 816	***	11				
193		57	295		55	578		52	1 512		50				
Proc.	CV	\bar{X}	Tukey	Proc	CV	\bar{X}	Tukey	Proc	CV	\bar{X}	Tukey	Proc	CV	\bar{X}	Tukey
PUR	16	77.2		PUR	16	100.3		PUR	16	140.4		TUR	28	214.0	
SIG	21	75.3		SIG	22	96.9		TUR	23	135.7		PUR	19	208.0	
JUV	21	71.2		TUR	22	92.8		SIG	22	135.0		SIG	25	204.9	
TUR	24	71.0		TRI	21	92.6		TRI	20	134.8		TRI	22	199.4	
TRI	23	68.6		JUV	20	88.5		LAL	22	124.9		LAL	23	191.0	
LAL	24	63.2		LAL	23	84.1		JUV	19	121.7		JUV	21	173.5	
SAJ	26	55.5		SAJ	24	72.8		SAJ	23	104.4		SAJ	24	155.2	
SJA	25	43.7		SJA	23	56.4		SJA	23	78.3		SJA	24	115.9	

Continuación Cuadro 3.

Diámetro basal (mm)			Longitud raíz principal (mm)			Número de nódulos			Peso seco aéreo (g)						
CM	Sig.	CO	CM	Sig.	CO	CM	Sig.	CO	CM	Sig.	CO				
509	NS	0	166	NS	3	1 929	NS	10	1 758	*	6				
5 711	***	24	192	*	6	8 834	***	9	2 248	**	15				
299	***	4	72	NS	0	1 436	NS	0	5 097	NS	7				
132		72	74		91	1 329		81	3 430		72				
Proc.	CV	\bar{X}	Tukey	Proc.	CV	\bar{X}	Tukey	Proc.	CV	\bar{X}	Tukey	Proc.	CV	\bar{X}	Tukey
LAL	18	7.9		LAL	22	40.0		LAL	66	80.1		LAL	46	48.2	
PUR	14	7.9		TUR	26	39.0		SIG	61	73.7		SIG	48	44.9	
TRI	17	7.3		JUV	27	38.5		TRI	56	69.2		TUR	54	42.6	
TUR	15	7.1		SIG	24	37.3		TUR	47	61.9		TRI	53	39.8	
SIG	16	7.1		TRI	27	35.6		JUV	65	61.2		JUV	64	39.8	
JUV	16	6.8		SAJ	21	35.4		PUR	50	58.4		PUR	37	36.3	
SAJ	17	6.6		PUR	18	35.3		SAJ	70	48.4		SAJ	60	29.4	
SJA	17	5.8		SJA	25	31.2		SJA	85	19.2		SJA	52	18.6	

* (P < 0.05) CO (%) = Componente de varianza
 ** (P < 0.01) CV (%) = Coeficiente de variación
 *** (P < 0.001) Tukey = P < 0.05. promedios unidos por barra

NS No significativa (P > 0.05)

Continuación Cuadro 3.

Peso seco radical (g)			Peso seco total (g)				
CM	Sig.	CO	CM	Sig.	CO		
78	NS	1	2 517	*	5		
235	**	12	3 880	**	15		
67	NS	7	857	NS	7		
45		80	587		73		
Proc.	CV	\bar{X}	Tukey	Proc.	CV	\bar{X}	Tukey
LAL	43	19.4		LAL	44	67.6	
JUV	52	16.6		SIG	44	61.2	
TUR	40	16.3		TUR	50	58.9	
SIG	47	16.3		JUV	59	56.4	
PUR	39	16.3		TRI	48	55.9	
TRI	46	16.1		PUR	37	52.6	
SAJ	48	12.3		SAJ	49	41.7	
SJA	50	9.4		SJA	50	28.0	

Como en las etapas de semillas y vivero, las diferencias mayores –principalmente en crecimiento– fueron observadas dentro de las poblaciones. Esta condición ofrece una buena alternativa para seleccionar individuos con crecimientos mejores; pero, antes

es necesario determinar la relación que existe entre las variables de crecimiento, y la producción en cortes sucesivos de biomasa la cual es uno de los parámetros de mayor importancia práctica en poró.

Cuadro 4 Análisis de varianza y prueba de Tukey para 13 variables de crecimiento y morfología en plántulas de ocho procedencias de *E. poeppigiana* en la etapa de campo, en Turrialba, Costa Rica.

Altura total (cm)															
No.	Fuente de variación	gl	Prueba	30 días			60 días			90 días					
				CM	Sig	CO	CM	Sig	CO	CM	Sig	CO			
1	Bloque (B)	3	3	1040	NS	5	1873	NS	3	3912	NS	3			
2	Proc. (P)	7	3	1657	**	20	2593	*	11	4205	NS	6			
3	B * P	21	4	381	***	21	924	***	22	2182	***	25			
4	Arboles	605		44		54	117		64	256		66			
				Proc	CV	\bar{X}	Tukey	Proc	CV	\bar{X}	Tukey	Proc	CV	\bar{X}	Tukey
				SIG	21	37.8		SIG	28	52.5		LAL	28	68.5	
				TRI	23	36.5		LAL	26	50.4		SIG	33	68.2	
				LAL	22	35.5		TRI	25	49.8		TRI	30	64.0	
				TUR	24	35.4		TUR	28	46.9		PUR	33	60.4	
				PUR	25	34.6		PUR	28	46.7		TUR	33	57.7	
				JUV	22	33.0		JUV	24	44.6		JUV	27	56.7	
				SAJ	23	28.0		SAJ	27	39.9		SAJ	30	51.1	
				SJA	27	24.6		SJA	28	35.5		SJA	30	49.1	

* (P < 0.05)
 ** (P < 0.01)
 *** No significativa (P > 0.05)
 CO (%) = Componente de varianza
 CV (%) = Coeficiente de variación
 Tukey = P < 0.05, promedios unidos por la barra

Continuación Cuadro 4.

Diámetro basal (mm)																	
120 días			30 días			60 días			90 días			120 días					
CM	Sig	CO	CM	Sig	CO	CM	Sig	CO	CM	Sig	CO	CM	Sig	CO			
6869	NS	2	4378	NS	2	12510	NS	3	21210	NS	1	97640	NS	5			
6645	NS	5	9722	**	13	20060	*	11	27580	NS	4	45640	NS	2			
4157	***	27	1841	***	9	5572	***	12	15470	***	19	37370	***	23			
447		66	574		76	1276		74			76	4884		70			
Proc	CV	\bar{X}	Tukey	Proc	CV	\bar{X}	Tukey	Proc	CV	\bar{X}	Tukey	Proc	CV	\bar{X}	Tukey		
LAL	30	84.4		LAL	18	14.4		LAL	20	19.7		LAL	22	24.7			
SIG	37	84.0		JUV	23	12.9		SIG	22	17.5		SIG	27	22.4			
TRI	33	77.5		SIG	19	12.8		JUV	23	17.4		TRI	22	22.3			
PUR	34	73.2		TRI	20	12.7		TRI	19	17.4		JUV	24	21.9			
JUV	29	68.4		PUR	21	12.7		PUR	16	16.8		PUR	30	21.5			
TUR	38	68.0		TUR	21	12.1		TUR	25	16.2		TUR	31	21.0			
SAJ	34	61.9		SAJ	19	11.3		SAJ	24	15.0		SAJ	24	19.1			
SJA	33	61.0		SJA	20	10.7		SJA	22	14.7		SJA	27	18.2			

Continuación Cuadro 4.

No. de espinas en el eje principal			Largo de peciolo de la hoja (cm)			Largo de la hojuela (cm)			Ancho de la hojuela			Relación ancho/largo de la hojuela		
CM	Sig	CO	CM	Sig	CO	CM	Sig	CO	CM	Sig	CO	CM	Sig	CO
301	NS	0	146	NS	0	9537	NS	0	13880	NS	0	0.04	NS	1
802	NS	10	19	NS	0	9739	NS	0	12690	NS	0	0.05	NS	4
362	***	25	259	***	34	25080	***	37	26390	***	38	0.02	***	11
89		65	19		66	1692		63	1673		62	0.00		84

Proc	CV	\bar{X}	Tukey	Proc	CV	\bar{X}	Tukey	Proc	CV	\bar{X}	Tukey	Proc	CV	\bar{X}	Tukey
SAJ	37	35.1		TRI	31	16.0		LAL	24	191.7		LAL	25	181.9	
TUR	33	33.1		SJA	33	15.9		TRI	24	187.7		SJA	29	172.9	
JUV	40	28.7		JUV	27	15.6		SJA	25	180.0		TRI	25	172.2	
TRI	29	28.0		TUR	39	15.4		TUR	30	176.8		SIG	27	165.0	
PUR	39	26.8		LAL	30	15.3		SIG	26	173.2		TUR	32	161.4	
LAL	53	25.1		SIG	28	15.3		PUR	34	169.3		PUR	37	157.1	
SJA	40	24.6		PUR	41	15.1		JUV	26	169.0		JUV	27	151.6	
SIG	42	19.1		SJA	37	14.5		SJA	33	161.5		SAJ	36	148.8	

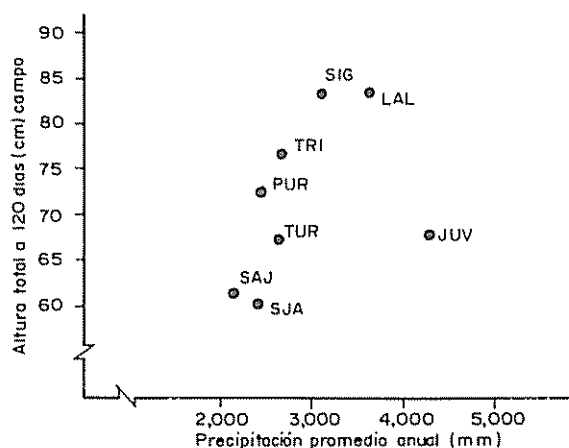


Fig 3 Relación de la altura total a 120 días con la precipitación media anual del sitio de recolección de procedencias de *E. poeppigiana* en Costa Rica.

A los 90 días, la procedencia San Isidro del General presentó un promedio de 19 espinas en la sección de 10 cm de largo, en la parte alta del fuste, como promedio más bajo San Joaquín de Heredia mostró 35 espinas, como el más alto. El coeficiente de variación fluctuó entre 29 y 53%, lo cual indica que existe una variación relativamente alta en la frecuencia de espinas dentro y entre las poblaciones. La Lola, con el coeficiente de variación más alto, presentó tres árboles sin espinas, aspecto muy importante que facilita la poda y el manejo del

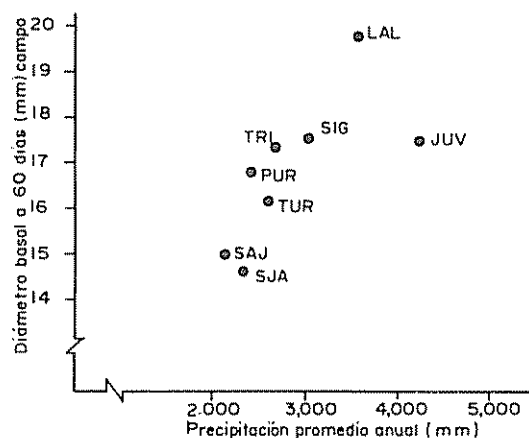


Fig 4 Relación del diámetro basal a 60 días, y la precipitación media anual del sitio de recolección de procedencias de *E. poeppigiana* en Costa Rica.

material como forraje. Esta procedencia mostró las hojas más grandes y San José de Apartadó las más pequeñas. Es posible que esta característica esté asociada con el crecimiento inicial mostrado por las procedencias, aunque también es necesario considerar el efecto del índice de área foliar.

No se detectó ninguna relación entre las características evaluadas en las semillas y el crecimiento a nivel de campo, a excepción de la altura total a 30 días, que sí mostró un ligero grado de asociación positiva con

el peso de la semilla ($r = + 0.44^*$). Esto indica que, posiblemente, las características morfológicas de las semillas en las procedencias estudiadas no son buenos indicadores de la variación genética de los árboles en su estado juvenil. Resultados similares para *G. sepium* han sido informados por Salazar (18).

Se detectó un ligero grado de asocio entre la precipitación de los sitios de origen de las semillas y la altura total a 120 días ($r = + 0.22^{***}$) y diámetro basal a 60 días ($r = + 0.31^{***}$). Estas correlaciones, aunque son bajas, dan una ligera indicación de que las procedencias de los sitios más lluviosos tiene la tendencia a presentar un crecimiento juvenil más acelerado (Figs. 3 y 4). Es posible que las procedencias de los sitios con más meses lluviosos y menos luminosidad, hayan desarrollado un proceso fotosintético más eficiente. Como se indicó anteriormente, esta tendencia de crecimiento mayor parece ser independiente del tamaño de las semillas ya que los sitios de precipitación mayor presentan las semillas más pequeñas.

Las correlaciones entre la altura total y el diámetro basal a 75 días en vivero y 120 días en el campo, también fueron relativamente bajas ($r = + 0.24^{***}$ y $+ 0.35^{***}$). Se observó que las procedencias con desarrollo mayor, a nivel de vivero, tienen la tendencia a conservar un crecimiento ligeramente similar en el campo hasta los 120 días.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este primer análisis de la variación en un sitio, debida a efectos genéticos de *E. poeppigiana* en Costa Rica, indica que la especie posiblemente ha sufrido cambios genéticos durante los 80 años de haber sido introducida en el país, para adaptarse a las distintas condiciones ecológicas que ahora ocupa. Aunque estos cambios, desde el punto de vista morfológico, no son tan profundos, al menos, para las variables estudiadas a nivel de semillas y de estado juvenil, si dan una indicación clara de que algunas poblaciones presentan patrones de crecimiento ligeramente distintos. Sin embargo, es posible que las diferencias observadas se deban a diversas introducciones originales.

Es interesante hacer notar que, para la mayoría de las características estudiadas en semillas y plántulas a nivel de vivero y a nivel de campo, la procedencia de San José de Apartadó de Colombia (única fuente de semilla de la zona de origen de la especie incluida en el estudio) y San Joaquín de Heredia, mostraron los valores más bajos. Esto sugiere que la

introducción original a Costa Rica no fue por vía de Apartadó, Colombia. Posiblemente, la procedencia de San Joaquín de Heredia haya sido derivada de material diferente con calidad genética pobre.

Aunque las diferencias detectadas entre el material de Costa Rica fueron pequeñas si es importante apuntar que, con respecto al crecimiento juvenil, La Lola, San Isidro del General y Tres Ríos mostraron los crecimientos mayores, mientras que la procedencia San Joaquín de Heredia se caracterizó por presentar los crecimientos más bajos. También se observó una relación positiva entre crecimiento en altura total y diámetro basal a los 120 días y la precipitación de la región de origen.

Las procedencias de los sitios con precipitación más alta presentan crecimientos juveniles superiores, posiblemente como resultado de la selección natural para sobrevivir en sitios con exceso de humedad y crecimiento rápido de la maleza. Es importante considerar esta característica al seleccionar material para ser utilizado como sombra de café y para producción de forraje.

Hay diferencia en el tamaño de las hojas entre procedencias; este es un aspecto importante en la producción de forraje y que podría ser considerado en un programa de selección.

Para la mayoría de las variables estudiadas se observó una gran variación dentro de cada población, lo cual es muy importante desde el punto de vista de selección de individuos con características deseables, siempre que la heredabilidad de estos caracteres sea alta.

La presencia de espinas en la especie, que es una característica indeseable, presenta una variación muy alta dentro de las poblaciones y a lo largo del árbol.

Es necesario hacer una evaluación más detallada de esta variable entre y dentro de procedencias cuando el árbol tenga dimensiones mayores; también, es necesario determinar su relación con variables de producción.

Dado que el poró es una especie que usualmente se somete a podas fuertes, es importante evaluar la respuesta de las procedencias a esta práctica, la variación en producción de biomasa y la calidad nutricional de la misma, así como los aspectos de mejoramiento del suelo y posibilidades de utilización en la alimentación de ganado.

LITERATURA CITADA

1. BAKER, H. 1972. Seed weight and relation to environmental conditions in California. *Ecology* 53(6): 997-1010.
2. BORCHERT, R. 1980. Phenology and ecophysiology of tropical trees: *Erythrina poeppigiana* O.F. Cook. *Ecology* 61(5):1065-1074.
3. CAMPOS, A., J.J. 1985. Variación genética e interacción genotipo-ambiente en procedencias de *Calliandra* spp. en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 88 p.
4. COSTA RICA. SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL. 1962. Boletín meteorológico año 1960. San José, Costa Rica. 42 p.
5. COSTA RICA. INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL. 1975. Anuario meteorológico año 1972, San José, Costa Rica.
6. COSTA RICA. INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL. 1981. Anuario meteorológico año 1980. San José, Costa Rica. 243 p.
7. HARPER, J.; LOWELL, P.; MOORE, K. 1970. The shapes and sizes of seeds. *Annual Review Ecology and Systematics*. p. 327-356.
8. HOLDRIDGE, L.R.; POVEDA, L. 1975. Árboles de Costa Rica v. 1. San José, Costa Rica. p. 154-162.
9. JIMENEZ, O.F. 1985. Resumen acumulado de datos agroclimáticos. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1 p.
10. KRUFUFF, B.A. 1939. The American species of *Erythrina*. *Brittonia* 3(2):205-337.
11. KRUKOFF, B.A. 1976. Notes on the species of *Erythrina*. *Physiology* 33(5):342-356.
12. LAMPRECHT, H.; HUECK, K. 1959. Estudios morfológicos y ecológicos sobre la germinación y el desarrollo de la primera juventud de unas especies forestales en Venezuela. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación, Mérida, Venezuela. Boletín No. 3. 37 p.
13. NITROGEN FIXING TREE ASSOCIATION. 1986. *Erythrina* provides beauty and more. Waimanalo, Hawaii. 2 p. (NFTA HIGHLIGHTS).
14. RAVEN, P.H. 1974. 1974 *Erythrina* (Fabaceae): Achievements and opportunities. *Lloydia* 37:321-331.
15. RUSSO, A., R.O. 1983a. Descripción de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 7 p.
16. RUSSO, A., R.O. 1983b. Efecto de la poda de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook (Poró), sobre la nodulación, producción de biomasa y contenido de nitrógeno en el suelo en un sistema agroforestal "Café-poró". Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 108 p.
17. RUSSO, A., R.O. 1984. *Erythrina*. Un género versátil en sistemas agroforestales, revisión bibliográfica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 14 p.
18. SALAZAR, R. 1985. Genetic variation in seeds and seedlings of ten provenances of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. In Symposium on "Establishment and productivity of tree plantings in semi-arid regions". Kingsville, USA, Texas, University. 17 p.
19. TURMBULL, J.W. 1975. Assessment of seed crops and the timing of seed collections. In FAO/DANIDA Training course on forest seed collection and handling v. 2. p. 79-94.
20. WILLIAMS, L. 1942. Exploraciones botánicas en la Guayana Venezolana I. El medio y bajo Caura. Caracas, Venezuela, Ministerio de Agricultura y Cría. p. 252-253.

Notas y Comentarios

Recientes avances en el estudio de la estructura de la célula

Para la mayoría de los biólogos moleculares, en las últimas décadas, el interés primordial ha sido en el DNA. Esta ingeniosa sustancia química contiene no sólo las instrucciones para ensamblar y operar la máquina corporal sino todos los planos para construir el equipo necesario. Su código puede ser leído, escrito y editado. Constituye, obviamente, la cosa por estudiar. Por eso, la gran mayoría de los investigadores en

biología molecular se han dirigido a ubicar genes especiales en el DNA, a incorporar nuevos genes al DNA, multiplicar estos genes en el laboratorio y hacer otras cosas por el estilo.

Como resultado de esa percepción, la mayor parte de las personas interesadas en la ciencia piensa en la célula como conteniendo DNA debidamente ordenado, como un archivador y que el resto es una papilla sin interés. El mismo nombre para el resto de la célula, citoplasma, evoca una imagen de flema amorfa. Esta actitud no podría ser más equivocada. Dentro del citoplasma existe una compleja estructura, llamada el citoesqueleto, que actúa tanto como andamio así como ferrocarril interno. Conforme se han mejo-

rado las técnicas para examinar el citoesqueleto, el interés de los científicos se ha movido hacia esta estructura.

El citoesqueleto está constituido por proteínas, una de las cuales, llamada tubulina, pudo ser ensamblada en unos largos "microtúbulos". Los microtúbulos están presentes en el centro de muchos procesos biológicos. Dos ejemplos. Primero, algunas drogas contra el cáncer funcionan alterando los microtúbulos, destruyendo así el andamio llamado "huso" que se arma en una célula en división para apartar copias del material genético (tanto en la mitosis como en la meiosis). Daña, por consiguiente, a las células cancerosas, las que están, por definición, dividiéndose fuera de control. Segundo, una rara enfermedad, conocida como síndrome de Kartagener, causa infertilidad masculina y problemas respiratorios debido a que quienes la padecen les falta una parte crítica del microtúbulo que causa el movimiento de las colitas de los componentes del sémen y el de los pequeños pelitos que, en los pulmones, barren las partículas de polvo.

Las neuronas, las células que forman los nervios y el cerebro, tienen el citoesqueleto más peculiar. Una sola neurona humana puede tener una longitud de más de un metro, extendiéndose desde el cerebro, a través de todo el espinazo, hasta un miembro, por ejemplo. Las neuronas largas son buenas para el ser humano porque la señal pasa rápidamente a lo largo de un nervio como una pulsación eléctrica; en las conexiones entre células, esta señal toma mucho más tiempo y necesita un relevador químico. Así, cuanto menos relevos haya y cuanto más largos sean los brazos de las neuronas (llamados axones), más rápidamente pueden viajar las señales nerviosas.

Esta gran longitud crea problemas. Todo el equipo químico que una neurona necesita en su extremo, tal como las moléculas que transmiten señales a otras neuronas, son elaboradas en el cuerpo principal de la célula y son transportadas a lo largo del axon. Alguna vez se pensó que este transporte tomaba la forma de un líquido que fluía a través del axon. Ahora se sabe que el citoesqueleto actúa como un ferrocarril. En 1981, el Dr. Roberto Allen, del Woods Hole Marine Biological Laboratory, en Massachusetts, descubrió accidentalmente una hilera de paquetes de sustancias químicas, llamadas vesículas, rodando a lo largo de los microtúbulos extraídos de un axon de un calamar (los calamares tienen axones extremadamente largos)

Experimentos hechos por cuatro científicos de Woods Hole (T. Reece, B. Schnapp, M. Sheets y R. Vale) han identificado tentativamente tanto la locomotora como el combustible de este tren de carga (*Cell*, v. 40, p. 559).

La locomotora para el movimiento en una dirección (alejándose del cuerpo celular) parece ser una proteína que han llamado *kinesin* (la traducimos, también tentativamente, como "cinesina"). El combustible es una molécula rica en energía, el ATP (trifosfato de adenina), el familiar producto transitorio en la fotosíntesis (Cf *Turrialba* 21:4). Al proporcionar ambas sustancias, los microtúbulos extraídos de un axon pueden llevar no sólo vesículas sino también pequeñas bolitas. Los microtúbulos mismos pueden hacerse mover sobre una superficie de vidrio.

Existe buena evidencia de otra locomotora, que funciona en la dirección contraria, llevando sustancias de vuelta al cuerpo celular. Una vesícula u otro cuerpo puede entonces ir en una dirección o en la otra, dependiendo esto de en cuál locomotora se sube. Los objetos pueden ir en diferentes direcciones por el mismo riel.

Pero, está emergiendo evidencia de que los experimentos con bolitas no son representativos de lo que pasa en un axon intacto. Algo más es necesario para mover las vesículas. Otra cuestión fundamental que todavía evade a los investigadores es la forma cómo las vesículas llegan a su destino correcto. El Dr. Schnapp espera que, una vez que puedan ser reensablados en el tubo de prueba, del riel, la locomotora y el combustible, será posible dilucidar todo el proceso.

De todas maneras, el descubrimiento de la "cinesina" es probable que confirme un principio general de la biología: que casi todo movimiento en el mundo biológico es obtenido por proteínas manejadas por el ATP, el cual ejerce fuerzas sobre las fibras y se abre paso sobre ellas, como un ferrocarril funicular. La miosina, el motor del músculo, funciona resbalándose a lo largo de filamentos de otra proteína larga y delgada, llamada "actina". La dineína, que maneja las colas de los espermatozoides y los pelos de las células pulmonares, funciona haciendo que los microtúbulos resbalen unos con otros. Han aparecido recientemente motores similares en algas, gusanos anélidos y amebas A.G.

Parasitóides Associados a *Eueides isabella dianasa* (Cramer, 1782)
(Lepidoptera: Heliconiini) em Maracujazeiro e Aspectos Biológicos de *Tetrastichus* sp.
(Hymenoptera, Eulophidae)¹

V.H.P. Bueno*, A.I.A. Fraga**

ABSTRACT

Species of parasitoids of *Eueides isabella dianasa* (Cramer, 1782) (Lepidoptera: Heliconiini), a pest of passion fruit (*Passiflora* sp.) in Brazil, were identified and some biological aspects of the parasitoid *Tetrastichus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae) were examined. Pupae of *E. isabella dianasa* were collected from a passion fruit grove at "Escola Superior de Agricultura de Lavras", Minas Gerais State, Brazil, during April and May, 1985. Five species of parasitoids were found: *Tetrastichus* sp. (Eulophidae); *Brachimeria* sp. (Chalcididae); *Theronia* (*Neotheronia*) sp., *Tochorychus* sp. (Ichneumonidae) and *Calocarcelia* sp. (Tachinidae). *Tetrastichus* sp. was present in 82.33% of the parasitised pupae. Laboratory studies showed that each female of *Tetrastichus* sp. produced 81.1 ± 17.9 females and 8.7 ± 2.1 males per host pupa; the sex ratio was 0.89 ± 0.02 and the life-cycle of this parasitoid was 22.7 ± 0.5 days.

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de identificar as espécies de parasitóides associados à pupa de *Eueides isabella dianasa* (Cramer, 1782) (Lepidoptera, Heliconiini) e estudar alguns aspectos biológicos de *Tetrastichus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae). As coletas de pupas foram realizadas em maracujazeiros (*Passiflora* sp.) cultivados em áreas do campus da Escola Superior de Agricultura de Lavras - MG, no período de Abril a Maio de 1985. Foram encontradas cinco espécies de parasitóides: *Tetrastichus* sp. (Eulophidae), *Brachimeria* sp. (Chalcididae); *Theronia* (*Neotheronia*) sp.; *Tochorychus* sp. (Ichneumonidae) e *Calocarcelia* sp. (Tachinidae), sendo a primeira espécie responsável por 82.33% do parasitismo observado nas pupas coletadas. No laboratório, uma fêmea de *Tetrastichus* sp. originou, em média, 81.1 ± 17.9 fêmeas e 8.7 ± 2.1 machos por pupa hospedeira. A razão sexual média foi de 0.89 ± 0.02 e a duração do ciclo biológico do parasitóide foi de 22.7 ± 0.5 dias.

INTRODUÇÃO

O gênero *Passiflora* apresenta cerca de 400 espécies, sendo a maioria originária do Novo Mundo (5). Algumas espécies, como *Passiflora edulis* Degener, nativa do sul do Brasil, são conhecidas como maracujazeiros e produzem frutos cujo consumo e demanda crescem em importância industrial, para a preparação de sucos. Essa utilização dos frutos implica na necessidade de um aumento da produtividade e, entre outros fatores, depende da proteção das plantas contra o ataque de insetos pragas.

Diversas pragas danificam a cultura, atacando os frutos e as partes vegetativas da planta. O desfolhamento reduz a capacidade fotossintética das plantas, com reflexos negativos na produção.

Como exemplos de desfolhadores de *P. edulis* na região neotropical tem-se as lagartas *Dryas julia* Riley, *Agraulis vanillae* L., *Eueides isabella* Cramer, *Eueides aliphera* Godart, e *Dione juno* Cramer (7, 8).

A. vanillae e *D. juno* têm sua ocorrência estendendo-se desde a Califórnia (USA) até a Argentina (4, 9, 10) e, segundo Brown (5), devem ser controladas com o emprego de técnicas ecológicas, que visem a preservação da entomofauna benéfica, como polinizadores e agentes de controle natural. Dessa maneira, o implemento de procedimentos de controle de tais pragas pode ser iniciado através do reconhecimento e identificação dos vários inimigos naturais associados a elas.

Murray (11), observou que em condições naturais, muitos dos insetos pragas do maracujazeiro são satisfatoriamente controlados por predadores e parasitos. Almeida (1) encontrou o tachinídeo *Euexorista* sp. parasitando larvas de *E. isabella dianasa* em maracujazeiros cultivados em Maringá - PR.

Objetiva-se, neste trabalho, identificar as espécies mais frequentes de parasitóides associados à pupa de *E. isabella dianasa* e apresentar aspectos biológicos do eulophídeo *Tetrastichus* sp. como subsídios à futuros programas de controle biológico desta praga do maracujazeiro.

1 Recebido para publicação em junho 25 de 1987
Os autores agradecem aos Drs.: José Henrique Guimarães e A.F. Yamamoto pela identificação dos parasitóides; aos Drs.: René L.O. Rigitano e José Claret Matioli, pela revisão do manuscrito, e ao Dr. K.S. Brown Jr. pela identificação de *Eueides isabella dianasa*

* Prof. Adjunto Dr. do Dept.^o de Fitossanidade da Escola Superior de Agricultura de Lavras, MG, Brasil.

** Engenheiro Agrônomo, Escola Superior de Agricultura de Lavras, MG, Brasil.

MATERIAL E METODOS

Foram realizadas três coletadas de pupas de *E. isabella dianas* em maracujazeiros cultivados no campus da Escola Superior de Agricultura de Lavras – MG, durante os meses de abril maio/85. Em cada data de coleta, procurou-se coletar todas as pupas presentes no local, num período estabelecido de uma hora.

As pupas coletadas foram levadas ao laboratório de Entomologia do Departamento de Fitossanidade/ESAL, onde foram contadas e separadas individualmente em tubos de vidro (8 cm de altura x 2 cm de diâmetro), para a verificação da emergência dos possíveis parasitóides.

Foi calculada a porcentagem de pupas parasitadas e os parasitóides emergidos foram identificados.

No laboratório foram determinados alguns aspectos biológicos do parasitóide *Tetrastichus* sp., à temperatura de $26 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14 horas. Foram também observados o comportamento de acasalamento e a oviposição da espécie. Um total de 7 casais foram individualizados em tubos de vidro contendo alimento e uma pupa hospedeira de *E. isabella dianas*. O alimento, uma solução de mel a 10%, era gotejado em uma tira de papel encerado presa à parede do tubo. A razão sexual, a duração do ciclo biológico da progênie e o número de descendentes originados por fêmea por pupa hospedeira, foram avaliados. Para os estudos sobre a longevidade, foram encerrados, individualmente, 10 fêmeas e 10 machos, com e sem alimento em tubos de vidro, que foram observados diariamente.

RESULTADOS

Do total de 271 pupas de *E. isabella dianas* coletadas, 79.34% estavam parasitadas (Tabela 1).

Foram encontradas 5 espécies de parasitóides. O Eulophídeo *Tetrastichus* sp. foi responsável por 82.33% do parasitismo; enquanto que as porcentagens de 6.51%, 7.91% e 3.25% corresponderam respectivamente a um chalcídideo *Brachimeria* sp., a duas espécies de Ichneumonídeos *Theronia (Neotheronia)* sp. e *Toechorychus* sp. e a um tachinídeo (*Calocarcelia* sp.) (Tabela 1).

Na presente pesquisa, com relação aos aspectos etológicos e biológicos de *Tetrastichus* sp. foi observado que, o acasalamento se prolonga por um período de 1 a 2 segundos. O macho, logo após a emergência, procura pela fêmea cavalcando-a; em seguida se posiciona lateralmente ao corpo da fêmea e introduz a sua genitália (aedeagus). Nos momentos finais do acasalamento, o macho vibra as asas, abandona a fêmea e sai a procura de outra, onde o processo é repetido.

Foi observado que a fêmea de *Tetrastichus* sp. demora em média, 2 minutos para a oviposição na pupa hospedeira. Inicialmente ela caminha pelo substrato, encurva o abdome cerca de 90° em relação à pupa hospedeira e introduz o ovipositor para a postura. Observou-se que uma fêmea poderia estar ovipositando e outras caminhando pelo substrato. Essa primeira fêmea não se perturbava pela presença das demais, continuando seu ato de oviposição. Foram observadas de 1 a 20 fêmeas ovipositando, ao mesmo tempo, em diferentes pontos do hospedeiro. A pupa colocada na

Tabela 1. Parasitóides de pupas de *E. isabella dianas* em maracujazeiro. Lavras, MG. Abril-Maio/1985.

Parasitóides	Pupas parasitadas							
	15/04/85		30/04/85		15/05/85		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
<i>Tetrastichus</i> sp.	63	76.83	49	75.40	65	95.59	177	82.33
<i>Brachimeria</i> sp.	4	4.88	8	12.30	2	2.94	14	6.51
<i>Theronia (Neotheronia)</i> sp.	12	14.63	4	6.15	1	1.47	17	7.91
<i>Toechorychus</i> sp.								
<i>Calocarcelia</i> sp.	3	3.66	4	6.15	0	0	7	3.25
Parasitadas	82		65		68		215	
Pupas								
Não Parasitadas	13		4		39		56	

presença dos parasitóides, apresentava movimentos de contorção, que não perturbava os parasitóides posicionados para a oviposição. Os indivíduos oriundos de pupas parasitadas no laboratório eram visualmente menores àqueles provenientes de pupas parasitadas no campo. Isso ocorreu, provavelmente, pela competição entre as larvas de *Tetrastichus* sp uma vez que foi observado o superparasitismo. O fato foi indicado pela relação entre o tamanho e o número de parasitóides emergidos. Quando o número de parasitóides aumentou, o tamanho individual deles decresceu.

Uma fêmea de *Tetrastichus* sp. originou, em média, 81.1 ± 17.9 fêmeas e 8.7 ± 2.1 machos por pupa hospedeira. A razão sexual média foi de 0.89 ± 0.02 e a duração média do ciclo biológico do parasitóide foi de 22.7 ± 0.5 dias (Tabela 2) e Subramanian (2) encontraram *T. israeli* parasitando pupa de *Ne-*

phantis serinopa, na Índia, e observaram, em média, 90 parasitóides emergidos por pupa. O ciclo biológico de *T. spirabilis*, introduzido em Trinidad para controle de *Hypsiophya grandella* é de 20 dias, e os adultos apresentam uma longevidade em torno de 7 dias (3).

Para *Tetrastichus* sp., a longevidade média dos machos com alimento, foi de 9.3 ± 3.5 dias. Em relação às fêmeas, a média foi de 11.9 ± 3.7 dias. A longevidade média do macho sem alimento foi de 4.4 ± 0.5 dias e da fêmea foi de 8.3 ± 1.8 dias (Tabela 3)

Quando o alimento foi colocado na presença dos parasitóides, houve uma rápida atração destes para a solução de mel

No laboratório, foram submetidos como hospedeiros alternativos às fêmeas de *Tetrastichus* sp., pupas

Tabela 2. Número de indivíduos originados/pupa de *E. isabella dianasa*. e duração do ciclo biológico de *Tetrastichus* sp. Lavras, MG.

No. do Casal	No. de indivíduos Originados/Pupa Hospedeira		Razão Sexual	Ciclo biológico da progenie (dias)
	♀	♂		
1	98	9	0.91	23
2	55	9	0.85	23
3	61	5	0.92	22
4	90	10	0.90	22
5	75	8	0.90	23
6	101	12	0.89	23
7	88	8	0.91	23
Média	81 ± 17.9	8.7 ± 2.1	0.89 ± 0.02	22.7 ± 0.5

Tabela 3. Longevidade de machos e fêmeas de *Tetrastichus* sp. Lavras, MG.

No. do espécime	Longevidade (Dias)			
	Com alimento		Sem alimento	
	♀	♂	♀	♂
1	14	8	5	15
2	8	8	9	4
3	11	11	7	4
4	11	4	10	5
5	4	5	11	4
6	16	16	10	4
7	14	8	7	5
8	11	11	9	4
9	14	11	7	4
10	16	11	8	5
Média	11.9 ± 3.7	9.3 ± 3.5	8.3 ± 1.8	4.4 ± 0.5

de *Diatraea saccharalis* Fabricius, *Galleria mellonella* L.; *Dione juno juno* Cramer e *Chlosyne lacina sawndersii* Doubleday e Hewitson. Em todos estes hospedeiros ocorreu o parasitismo e a consequente emergência dos parasitóides.

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Os parasitóides encontrados, principalmente *Tetrastichus* sp., foram responsáveis por um alto nível de parasitismo (79,34%) às pupas de *E. isabella dianas* em condições de campo. Isto indica um elevado

controle natural da praga e programas para o seu controle devem visar a preservação dos parasitóides. Resultados obtidos por (13) em Zambia, mostraram que o efeito do parasitismo de *T. sokolowskii* sobre *Plutella xylostella*, em crucíferas foi de 80% de redução no dano causado pela praga. Na Índia, *T. spirabilis* foi responsável por 45% do parasitismo em pupas da broca do cedro, *Hypsipyla* spp. (12). Por outro lado, pode ser observado através deste trabalho que há um grande potencial para utilização de *Tetrastichus* sp. como inimigo natural de *E. isabella dianas* e certamente de outros lepidópteros desfolhadores do maracujazeiro.

LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, G.S.S. 1986. Um novo inimigo natural para *Eueides isabella dianas* (Cramer, 1782) (Lep., Nymphalidae): *Euxorista* sp. (Diptera, Tachinidae). In Congresso Brasileiro de Entomologia, 10. Rio de Janeiro 1986. Resumos Rio de Janeiro, SEB.
- ALI, K.A.; SUBRAMANIAM, I.R. 1972. On the occurrence of *Tetrastichus israeli* M. & K. (Eulophidae: Hymenoptera) as a pupal parasite of *Nephantes serinopa* Meyr (Cryptophasidae: Lepidoptera) in Tamilnadu. Madras Agricultural Journal 59(11/12):654
- BENNETT, F.E.; YASEEN, M. 1972. Parasite introductions for the biological control of three insect pests in the Lesser Antilles and British Honduras. Pans (UK.) 18(4):468-474.
- BENSON, W.W.; BROWN JUNIOR, K.S.; GILBERT, I.E. 1976. Coevolution of plants and herbivores: passion flower butterflies. Evolution (USA) 29:659-680
- BROWN JUNIOR, K.S. 1978. Heterogeneidade: fator fundamental na teoria e prática de conservação de ambientes tropicais. In IBDF. Encontro Nacional de Preservação da Fauna e Recursos Faunísticos Brasília, 1977. p. 175-183.
- CHACON, P.; ROJAS, M. 1984. Entomofauna associada a *Passiflora mollissima*, *P. edulis* f. *flavicarpa* y *P. quadrangularis* en el Departamento del Valle del Cauca, Turrialba, (C.R.) 34(3):297-311.
- FERNANDEZ YEPEZ, F.; ROSALES, J. 1976. Guía de entomología. Maracay Univ. Centr. Venez., Facul. Agronomía, 238 p.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C. de; BERTI FILHO, E.; PARA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B. 1978. Manual de Entomología Agrícola. São Paulo, Agronomica Ceres, 513 p.
- LORDELLO, L.G.E. 1952. Insetos que vivem sobre o maracujazeiro. I. Notas bionômicas acerca de *Dione vanillae* (L., 1758). Revista de Agricultura (Br.) 27:177-187.
- LORDELLO, L.G.E. 1956. Insetos que vivem sobre o maracujazeiro. III. Notas acerca de *Dione juno* (Cramer) e relação de alguns outros insetos habitualmente coligidos de *Passiflora* spp. Revista de Agricultura (Br.) 29:23-29.
- MURRAY, D.A.H. 1976. Insect pest on passion fruit. Queensland Agricultural Journal (Aus.) 2:146-151.
- RAO, V.P.; BENNETT, F.E. 1969. Possibilities of biological control of the meliaceous shoot borers *Hypsipyla* spp. (Lepidoptera: Phycitidae). Technical Bulletin Commonwealth Institute of Biological Control (Can.) 12:61-81.
- YASEEN, M. 1978. The establishment of two parasites of the diamond-back moth *Plutella xylostella* (Lep.: Plutellidae) in Trinidad, W.I. Entomophaga (Fr.) 23(2):111-114.

Bean Accessions with Resistance to *Rhizoctonia solani* Under Field Conditions in Colombia¹

M.A. Pastor-Corrales*, G.S. Abawi*

ABSTRACT

Selected bean accessions were evaluated in two tests established in a field with a history of severe incidence of *Rhizoctonia solani* (Rs) root and hypocotyl rots at the CIAT Experiment Station near Popayan, Colombia. A total of 113 and 65 accessions were included in the first and second test, respectively. All accessions were evaluated in paired rows with and without artificial inoculation with Rs and were arranged in a randomized block design with three replications. In both evaluations, the bean accessions differed significantly ($P = 0.05$) in emergence, stand count, seed yield, disease severity ratings and adaptation scores. BAT 477, BAT 332, BAT 1753, RIZ 30, EMP 81, A 300 and ICA Pijao were among the accessions most resistant to Rs. In contrast, Sanilac, Mortino, Diacol Calima, Ecuador 605, DOR 210 and Zamudio 1 were among the most susceptible accessions at this location.

INTRODUCTION

R*hizoctonia solani* Kuhn causes seed rot, damping-off, stem cankers, root rot, pod rot and web blight diseases of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in many production areas in Latin America and elsewhere (3, 7, 8, 20). Seed and seedling infections result in reduced plant stands that are often observed in severely affected fields. *Rhizoctonia solani* (Rs), anamorph of *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk, is worldwide in distribution, has an extensive host range, and exists in nature in the form of many anastomosis groups and strains that differ in cultural appearance, physiology, and pathogenicity (5, 12, 20).

¹ Received for publication 13 December 1987.

This study was supported by and conducted at the Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) where the Junior Author was on Sabbatical leave during 1985-1986.

We thank German Llano, Carlos Jara and their assistants for their valuable technical assistance and Leonora Duque for typing the manuscript. Special thanks are due to Drs. A. van Schoonhoven and Julie Kornegay for their critical review of the manuscript.

* Plant Pathologist, Bean Program, CIAT, Cali, Colombia; and Professor, Department of Plant Pathology, N.Y.S. Agricultural Exp. Station, Cornell University, Geneva, NY 14456.

COMPENDIO

Accesiones seleccionadas de frijol fueron evaluadas en dos ensayos en una estación del CIAT aproximadamente a 10 km de Popayan, Departamento del Cauca, Colombia con historia de alta incidencia de pudrición de la raíz y del hipocotilo causado por *Rhizoctonia solani* (Rs). Un total de 113 y 65 accesiones fueron evaluadas en el primero y segundo ensayo, respectivamente. Todos los cultivares fueron evaluados en surcos pares con y sin inoculación artificial de Rs en un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con tres repeticiones. En ambas evaluaciones, se establecieron diferencias significativas ($P = 0.05$) entre las accesiones de frijol por su emergencia, número de plantas por surco, rendimiento, severidad de la enfermedad y adaptación. BAT 477, BAT 332, BAT 1753, RIZ 30, EMP 81, A 300 e ICA Pijao.

Detailed information on bean yield losses attributed to Rs are limited. The authors, however, have observed close to 100% incidence of Rs infections where, at times, complete losses of bean plantings have occurred near Popayan, Colombia; the coastal areas of Peru, and the central and western bean-growing areas of New York State, United States. Close correlation has been reported between initial soil densities of Rs and growth parameters of snap beans grown in field microplots (2, 17). In addition, Beebe *et al* (6) reported that Rs caused an 89% reduction in seed yield of beans in the artificially inoculated plots of the susceptible cultivar Sanilac. It was also reported (6, 25) that severely infected bean plants with Rs emerged, developed slower and yielded less than uninfected plants. Both reports suggested that Rs infections did not affect the overall yield of dry beans unless plant density was severely reduced.

Management of Rs and its damage to snapbean through the implementation of integrated control strategies was recently demonstrated (16, 24). However, the use of resistant bean cultivars is the best and most efficient control strategy, particularly for small farmers with low inputs that predominate in most of the bean-growing regions of Latin America and Africa. Only limited information is available on the reaction of bean germplasm to Rs (6, 7, 13, 26).

The objective of this study was to evaluate selected bean accessions, including breeding lines being used at the Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), for their reaction to Rs under severe natural and artificial soil infestations.

MATERIAL AND METHODS

Two evaluation tests were established at the CIAT's Popayan substation in a field that had a history of severe incidence of Rs root and hypocotyl rots of beans. Infection of beans with Rs has occurred in epidemic proportions within most fields on this farm and often required the application of PCNB (Brasicol 75 wp) as a soil treatment to secure adequate plant densities. The substation is located at about 1850 m above sea level with a mean annual temperature of 17.5°C (27.5°C max. and 10.8°C min.) and a mean precipitation of 1923 mm/yr. The soil of the field used was sandy loam with a pH of 5.5 and 25% organic matter. About 1 t/ha of dolomitic lime is applied prior to each planting.

The plot area was plowed and fitted with tractor-mounted equipment, but was marked and planted manually. A total of 113 and 65 bean accessions were included in the first (planted on September 18, 1985) and second (planted on November 7, 1985) tests, respectively. Many of the accessions selected for testing in this study, in addition to having tropical adaptation, had been previously evaluated under field conditions as intermediate or resistant to other root rot pathogens such as *Macrophomina phaseolina* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* (18, 19). Other accessions included were known for their susceptibility to *R. solani*, while the rest had been used in the bean breeding program at CIAT as parental breeding lines. The accessions were arranged in a randomized block design with three replications. Each plot consisted of three and two rows in the first and second test, respectively, and was 1 m long. The rows were opened manually and fertilized with a complete fertilizer (10-30-10, NPK) at 300 kg/ha. Carbofuran (Furadan) was mixed with the fertilizer at 1 kg a.i./ha to control soil insects. The rows were scratched with a hoe to lightly incorporate the fertilizer and insecticide. Fifteen seeds of each accession were planted in each 1 m row. Prior to covering the seed furrows, seeds in one row (in both the first and second tests) were inoculated with 1 liter of the Rs-infested soil-potato inoculum (2%, v:v; soil inoculum source: field soil) prepared according to the procedure of Ko and Hora (14). Sources of inocula of four isolates of Rs were produced separately and were then mixed in equal volumes to produce the 2% Rs-infested soil-potato inoculum. All isolates were obtained from naturally infected hypocotyls of beans collected

from fields on this same farm and all belonged to anastomosis group 4 (authors' unpublished data). After covering the furrows, the test area was immediately sprayed with a mixture of the herbicides linuron (Afalón), paraquat (Gramoxone) and pentimethalim (Prowl) at 1.3 and 2 liters/ha respectively, diluted in 200 liters of water. The tests were maintained according to the local commercial production recommendations, including the foliar applications of fertilizers with micronutrients, disease and insect control schedule, and manual weeding and irrigation as needed.

Total number of emerged plants were recorded at two weeks after planting. Plants of each accession from the extra noninoculated row planted in the first nursery and from one replicate in the second test were dug up at five weeks after planting. The roots and hypocotyls were washed in water and rated for disease severity using the CIAT scale (8) of 1 (no visible symptoms) to 9 (approx. 70% or more of the hypocotyl and root tissues with lesions and exhibiting severe rotting). Numbers of surviving plants and seed weight per plot were recorded at harvest time.

RESULTS

The 113 and 65 bean accessions evaluated in the first and second tests respectively differed significantly ($P = 0.05$) in their reaction to infection by *R. solani* (Rs) (Table 1). Except for the known susceptible checks, all bean accessions having a susceptible reaction to *Rhizoctonia solani* in the first test were not included in the second test. The incidence and severity of Rs infection in the noninoculated plots was high in both tests, but somewhat greater in the first test as suggested by the seed weight and disease severity data (Tables 1, 2, 3). Therefore, plants artificially inoculated with Rs-infested soil showed a slight additional increase in disease severity and damage to beans. In both tests, significant differences ($P = 0.05$) were detected among the bean accessions in number of emerged plants, number of plants at harvest, seed yield, disease severity and adaptation ratings (Tables 1, 2, 3). The number of plants at harvest was the most consistent parameter in assessing the reaction of bean accessions against Rs. The number of plants surviving severe infection pressure of Rs also correlated highly ($P = 0.05$) with seed weight ($r = 0.595$ and 0.513 for the first and second nurseries, respectively). The bean accession showing the highest resistance to Rs in the first and second nurseries are listed in Table 2 and 3 respectively, along with a few highly susceptible accessions. Many accessions were consistent in their reaction to Rs in both evaluation trials. These accessions included RIZ 30, BAT 477, BAT 1753, BAT 332, EMP 81,

A 300, ICA Pijao and CG 82-106. Diacol Calima, Sanilac, Mortino and Ecuador 605 (Tables 2 and 3) were among the accessions most susceptible to *R_s* in both tests

DISCUSSION

Several bean accessions were found to be highly resistant to *Rhizoctonia solani* (*R_s*) under the severe disease pressure that prevailed during this investigation. Many of these lines with resistance to *R_s* are used by breeders at CIAT as parental germplasm because of other desirable characteristics. For example, RIZ 30 is one of the best nodulating and high N₂-fixing bean accessions (9). BAT 477 and BAT 332 are drought-tolerant and resistant to *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. (10, 18). EMP 81 is highly tolerant to the leafhopper (*Empoasca kraemeri*) (15) and also resistant to bean rust (9).

Beebe *et al.* (6) evaluated numerous bean accessions of Latin American origin for reactions to root

rot pathogens, including *R_s*. Susceptible accessions such as Sanilac and Canario Divex included in their tests were also susceptible in this study. In contrast, ICA Pijao exhibited a resistant reaction in both studies. However, some accessions such as G 00881 (P.I 203958), Diacol Calima, Jamapa and Cornell 2114-12, G 05697 that were resistant to *R_s* in their test exhibited susceptible reactions in our tests conducted near Popayan, Colombia. Many other sources of resistance to *R_s* in dry and snapbean germplasm have been reported from several countries (6, 7, 11, 20, 21, 26). Some of these studies included results obtained from tests conducted in the greenhouse. Results of preliminary tests, where bean accessions were assessed for reaction to *R_s* in the greenhouse at CIAT, did not closely correlate with those obtained under field conditions. For example, Ecuador 605 and Diacol Calima were very susceptible in field tests, but were among the most resistant in greenhouse tests (authors' unpublished data). Many factors may contribute to differences in reaction of bean accessions in field and greenhouse tests. Factors that could influence such results include changes in

Table 1. Range of reactions of bean accessions to infection by *Rhizoctonia solani* in field tests near Popayan, Colombia in 1985-1986.

Parameter Measured	Treatment with <i>R_s</i> inoculum ^a	Range	Average	LSD (P = 0.05)
1st. Nursery (113 accessions):				
Emergence (No /1 m)	-	0.0 - 13.7	9.4	4.8
	+	0.7 - 15.3	9.4	4.8
Plants at harvest (No /1 m)	-	0.0 - 10.3	5.1	4.9
	+	0.0 - 12.0	5.1	4.1
Seed weight (g/ 1 m)	-	0.0 - 196.3	39.9	42.4
	+	0.0 - 149.3	37.6	47.3
Disease severity ratings (1-9)	-	3.5 - 8.6	5.2	2.3
	+	^b - -	-	-
Adaptation (1-9)	-	4.0 - 9.0	7.6	-
	+	4.0 - 9.0	7.7	-
2nd. Test (65 accessions):				
Emergence (No /1 m)	-	2.0 - 14.5	8.6	5.5
	+	3.0 - 13.0	8.3	5.5
Plants at harvest (No /1 m)	-	0.0 - 13.0	6.6	6.2
	+	0.0 - 13.0	5.5	4.9
Seed weight (g/1 m)	-	0.0 - 142.0	51.0	80.2
	+	0.0 - 119.5	44.6	64.4
Disease severity ratings (1-9)	-	2.0 - 6.0	4.6	-
	+	3.0 - 7.0	5.1	-
Adaptation (1-9)	-	4.0 - 9.0	6.8	3.1
	+	4.0 - 9.0	6.9	2.3

a Inocula consisted of composite isolate of *Rhizoctonia* (AG4) and were prepared according to the soil-potato procedure of Ko and Hora (12) at 2% (V:V, *Rhizoctonia* source inoculum: field soil).

b Indicates that data were not recorded or calculated

Table 2. Influence of natural and artificial soil infestation with *Rhizoctonia solani* on selected resistant and susceptible bean accessions planted on September 26, 1985, in a field near Popayan, Colombia. Data from 15 out of 113 accessions are listed below.

Bean Accession ⁶	Emergence ¹ /1 m		Stand Count ² /1 m		Seed W., g ³ /1 m		DSR ⁴	Adapt. ⁵
	Inoc. ⁷	Nat. ⁸	Inoc.	Nat.	Inoc.	Nat.	(1-9) ⁵	(1-9)
BAT 477	15.3	11.3	12.0	8.0	92.3	73.3	5.2	6
RIZ 30	14.0	13.3	11.0	10.3	121.0	116.0	4.3	6
BAT 1385	10.3	9.7	10.3	5.7	31.0	15.0	5.3	7
BAT 332	13.3	7.7	9.3	6.7	118.0	62.3	4.0	6
A 197	11.7	10.3	9.0	7.3	34.3	17.0	6.3	7
A 107	11.0	12.7	8.7	8.7	51.7	83.7	4.1	8
BAT 1753	9.7	12.0	8.3	9.7	63.7	196.3	3.9	7
EMP 81	10.3	12.3	7.0	9.3	32.0	94.0	6.0	5
A 300	8.7	10.7	6.7	5.7	129.0	104.0	4.3	6
CG 82131	11.7	9.0	6.3	4.3	44.3	50.3	6.6	5
ICA PIJAO	7.0	8.3	5.7	6.0	51.0	87.0	4.0	7
D CALIMA	6.7	4.3	1.0	0.7	3.7	1.7	7.7	8
SANILAC	3.7	5.3	1.0	1.0	2.3	3.3	8.6	9
MORTINO	9.3	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	9
ECUADOR 605	12.7	7.7	0.0	1.7	0.0	7.3	6.3	9
LSD (P = 0.05 ⁹)	4.8	4.8	4.1	4.9	47.3	42.4	2.3	—

1 and 2 Emergence and stand counts were recorded at 2 weeks after planting and at harvest time, respectively as number of plants/ 1m row. Fifteen seeds were planted/1 m row

3 Bean pods were shelled and seed weight was recorded

4 Disease severity ratings were recorded at 5 weeks after planting using the CIAT scale (13) of 1 (no visible symptoms) to 9 (approx 70% or more of hypocotyl and root tissues with lesions and exhibiting severe rotting and reduced roots).

5 The adaptation evaluation was recorded at physiological maturity and was based on number and shape of pods, number of seeds per pod and seed size. The CIAT scale (13) of 1 (excellent) to 9 (very poor) was used

6 All bean accessions can be obtained from CIAT, Cali, Colombia as designated above.

7 and 8 refer to plots that were artificially inoculated with *Rhizoctonia* or nontreated, respectively.

9 The LSD reported are those from all the accessions included in the trial

the physiology of the plant, speed of emergence and seedling vigor, characteristic of inocula and environmental conditions. In addition, Sumner (23) demonstrated the differential responses of bean cultivars and accessions to the different anastomosis groups of *Rs* and *R*s-like fungi and suggested the importance of characterizing the prevailing strains of the fungus in the development of resistant bean cultivars. Thus, it would be important to evaluate the identified *R*s-resistant bean accessions in many bean-growing areas. Based on this study, an international *R*s root rot bean nursery consisting of 40 accessions has been established and can be obtained from CIAT in Cali, Colombia. Such nurseries should be established in areas where severe *R*s damage to beans has occurred repeatedly. However, the reaction of bean accessions included in these nurseries specifically to *R*s should be assessed carefully and separately from other root

disease pathogens that may be present. Root rot diseases of beans can be caused by several plant pathogenic fungi and plant parasitic nematodes acting singly or in several combinations, thus the development of root disease complexes (7, 19). In Latin American countries and elsewhere, the major root diseases that limit production generally differ from one bean growing region to another (1). For example, *R*s, root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.), and to a lesser extent *Fusarium solani* (Mart.) Appel and Wr. f. sp. *phaseoli* (Burk.) Snyder and Hans., are the major bean root pathogens in the southern coastal areas of Peru; *F. oxysporum* Schlecht f. sp. *phaseoli* Kendrick and Synder and *Macrophomina phaseolina* are most important in the northeast bean growing region of Brazil, whereas *R*s alone is the major root pathogen in the Popayan area in Colombia. Accordingly, it is critical to identify other root pathogens present in

Table 3. Influence of natural and artificial soil infestation of *Rhizoctonia solani* on selected bean accessions in a field near Popayan, Colombia when planted on November 26, 1985. Data from 15 of the 65 accessions are listed below.

Bean Accession ⁶	Emergence ¹ /1 m		Stand Count ² /1 m		Seed Wt. g ³ /1 m		DSR ⁴		Adapt ⁵	
	Inoc. ⁷	Nat. ⁸	Inoc.	Nat.	Inoc.	Nat.	Inoc.	Nat.	Inoc.	Nat.
RIZ 30	12.0	10.0	13.0	11.0	118.0	76.0	4	2	5.0	5.0
BAT 1753	11.7	10.7	11.0	10.5	99.0	106.5	4	5	5.0	5.0
EMP 81	9.7	9.0	10.0	9.5	92.5	102.5	3	4	6.0	5.5
BAT 477	12.0	11.5	10.0	9.0	58.0	122.0	5	4	5.0	5.0
ICA-Linea 24	13.0	13.0	9.0	12.0	35.0	66.0	4	3	5.0	5.0
ICA Duva	10.7	10.0	9.0	10.0	81.0	88.0	5	4	5.0	5.0
CG 82-131	9.0	9.7	9.0	8.0	58.5	94.0	5	3	5.5	5.5
ECUADOR 1056	11.3	11.3	9.0	8.5	18.0	16.0	7	6	8.0	8.0
ICA Pijao	8.3	8.7	8.5	9.0	100.0	95.0	4	3	4.0	4.0
BAT 332	11.5	12.0	6.0	9.0	49.0	52.0	4	4	6.0	6.0
A 300	4.3	7.7	4.0	7.5	103.0	142.0	3	3	5.5	5.5
D. CALIMA	5.0	10.0	2.5	9.0	16.0	46.0	6	5	6.5	6.0
SANILAC	3.0	4.7	0.0	0.5	0.0	1.5	7	6	8.5	8.5
ECUADOR 605	11.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7	6	9.0	9.0
MORTINO	7.0	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	7	5	9.0	9.0
LSD (P = 0.05)	5.5	5.5	4.9	6.2	64.4	80.2	--	--	2.4	3.1

For footnotes see Table 2.

the evaluation site in addition to Rs. The latter can be accomplished by the inclusion in the nursery of susceptible and resistant bean accessions to the suspected root rot pathogens present. Many bean accessions with resistance to *M. phaseoli* and *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* have been recently identified (18, 19).

The Rs-resistant bean accessions identified in this study had rapid emergence, high seedling vigor and greater plant survival at harvest time as compared to susceptible accessions. These results are in agreement with those reported by Beebe *et al.* (6), who concluded that plant survival under severe attack is a better criterion for assessing resistance to Rs than disease

severity assessment or other parameters. However, van Bruggen *et al.* (25) reported that Rs delayed emergence, growth development and maturation of dry beans, but it did not reduce the overall yield in artificially infested field microplots. Their inocula consisted of sclerotia of Rs produced on autoclaved green bean pods and were added to soil at a density of 500 sclerotia/liter of air-dried soil. The dry individual sclerotial inoculum may not function as rapidly or be as aggressive as other form of natural and artificial inocula in causing damage to bean seeds and seedlings. Hypocotyls of bean tissues are highly susceptible to infection by Rs during the first two weeks after planting, but become progressively resistant thereafter (4, 22).

LITERATURE CITED

1. ABAWI, G.S.; PASTOR-CORRALES, M.A. 1986. Enfermedades radicales del frijol: Avances en su investigación. Hojas de frijol (Col) 8:1-4
2. ABAWI, G.S.; COBB, A.C. 1984. Relating soil densities of *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* and *Thielaviopsis* to disease severity and yield of snap beans in microplots. Phytopathology 74:813
3. ABAWI, G.S.; CROSIER, D.C.; COBB, A.C. 1985. Root rot of snap beans in New York. New York Food and Life Science Bulletin 110:7.
4. BATEMAN, D.F.; LUMSDEN, R.D. 1965. Relation of calcium content and nature of the pectic substances in bean hypocotyls of different ages to susceptibility to an isolate of *Rhizoctonia solani*. Phytopathology 55:734-738.
5. ANDERSON, N.A. 1982. The genetics and pathology of *Rhizoctonia solani*. Annual Review of Phytopathology 20:329-347.
6. BEEBE, S.E.; BLISS, F.A.; SCHWARTZ, H.F. 1981. Root rot resistance in common bean germplasm of Latin American origin. Plant Disease 65:485-489.

7. BOLKAN, H.A. 1980. Root rots. In Bean production problems: diseases, insects, soil and climatic constraints of *Phaseolus vulgaris*. Ed. by Schwartz, H.F.; Galvez, G.E. Cali, Col. CIAT. 424 p.
8. CIAT (COL.). 1987. Standard system for the evaluation of bean germplasm. Cali. 53 p.
9. CIAT (COL.). 1985. Bean program annual report. Cali. 372 p.
10. CIAT (COL.). 1984. Bean program annual report. Cali. 311 p.
11. DICKSON, M.H.; BOETTGER, M.A. 1977. Breeding for multiple root rot resistance in snapbeans. Journal of the American Society for Horticultural Science 102:373-377.
12. GALINDO, J.J.; ABAWI, G.S.; THURSTON, H.D. 1982. Variability among isolates of *Rhizoctonia solani* associated with snapbean (*Phaseolus vulgaris*) hypocotyls and soils in New York. Plant Disease 66:390-394.
13. HAGEDORN, D.J.; RAND, R.E. 1980. Wisconsin (RRR) 46 snapbean breeding line. HortScience 15: 529-530.
14. KO, W.; HORA, F.K. 1971. A selective medium for the quantitative determination of *Rhizoctonia solani* in soil. Phytopathology 61:707-710.
15. KORNEGAY, J.L.; CARDONA, C.; VAN SCHOONHOVEN, A. 1986. The mechanisms of resistance in common beans to the leafhopper *Empoasca kraemeri*. Entomologia Experimentalis et Applicata 40:273-279.
16. LEWIS, J.A.; LUMSDEN, R.D.; PAPAVIDAS, G.C.; KANTZES, J.G. 1983. Integrated control of snap bean diseases caused by *Pythium* spp. and *Rhizoctonia solani*. Plant Disease 67:1 241-1 244.
17. PAPAVIDAS, G.C.; ADAMS, P.B.; LUMSDEN, R.D.; LEWIS, J.A.; DOW, R.L.; AYERS, W.A.; KANIZES, J.G. 1975. Ecology and epidemiology of *Rhizoctonia solani* in field soil. Phytopathology 65:871-877.
18. PASTOR-CORRALES, M.A.; ABAWI, G.S. 1988. Reaction of selected bean accessions to infection by *Macrophomina phaseolina*. Plant Disease 72:39-41.
19. PASTOR-CORRALES, M.A.; ABAWI, G.S. 1987. Reaction of selected bean germplasms to infection by *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. Plant Disease 71:990-993.
20. *RHIZOCTONIA SOLANI*, biology and pathology. Ed. by Berkeley, University of California Press. 255 p.
21. SILVA, G.H.; HARTMAN, R.W. 1982. Inheritance of resistance to *Rhizoctonia solani* Kuhn in snapbeans (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of the American Society of Horticultural Science 107:653-657.
22. STOCKWELL, V.; HANCHEY, P. 1984. The role of the cuticle in resistance of beans to *Rhizoctonia solani*. Phytopathology 73:1 640-1 642.
23. SUMNER, D.R. 1985. Virulence of anastomosis groups of *Rhizoctonia solani* and *Rhizoctonia*-like fungi on selected germplasm of snapbean, lima bean and cowpea. Plant Disease 69:25-27.
24. SUMNER, D.R.; SMITTLE, D.A.; THREADGILL, E.D.; JOHNSON, A.W.; CHALFANT, R.B. 1986. Interactions of tillage and soil fertility with root diseases in snapbean and lima bean in irrigated multiple-cropping systems. Plant Disease 70:730-734.
25. VAN BRUGGEN, A.H.C.; WHALEN, C.H.; ARNESON, P.A. 1986. Emergence, growth, and development of dry bean seedlings in response to temperature, soil moisture, and *Rhizoctonia solani*. Phytopathology 76:568-572.
26. ZAUMEYER, W.J.; MEINERS, J.P. 1975. Disease resistance in beans. Annual Review of Phytopathology 13:313-334.

Conidios Secundarios de *Septoria apiicola* Speg. II. Patogenicidad¹

S.M. Wolcan*

ABSTRACT

The aim of this paper was to test the pathogenicity of *Septoria apiicola* Speg. secondary conidia. Celery plants were inoculated with pycnidiospore or with secondary conidia suspensions adjusted to 10^4 , 10^5 , 10^6 and 10^7 spore/ml concentrations. The plants were kept at $15^\circ - 20^\circ\text{C}$. It was shown that secondary conidia produced identical symptomatology (quantity and lesion type) to pycnidiospores in the same incubation period. The use of secondary conidia as inoculum in artificial infections is proposed, on the basis of their advantage in regard to handling. Their role in nature is discussed.

INTRODUCCION

En ensayos conducidos en laboratorio o en campo, que exigen la infección artificial de plantas de apio con *Septoria apiicola* (Por ejemplo: búsqueda de productos terapéuticos o de variedades resistentes, etc.), comúnmente se emplean como inóculo las suspensiones de picnidiosporas producidas por este hongo.

Sin embargo, como ocurre con otras especies del género *Septoria* tales como *S. tritici* (2) y *S. lycopersici* (3), este patógeno también desarrolla sobre medios de cultivo artificiales una cobertura inicial de conidios secundarios. Estos son esporas libres producidas por brotación de micelio joven, germinación de picnidiosporas y división binaria o germinación de otros conidios secundarios (2). Profundizando el estudio de este tipo de esporas producidas por *S. apiicola*, se observó que en cultivo artificial muestran el mismo comportamiento que las picnidiosporas, ofre-

COMPENDIO

El presente trabajo tuvo por objetivo probar la patogenicidad de los conidios secundarios producidos por *Septoria apiicola* Speg. Se inocularon plantas de apio con suspensiones de picnidiosporas y de conidios secundarios, ajustadas a concentraciones de 10^4 , 10^5 , 10^6 y 10^7 esporas por ml. Se mantuvieron a $15 - 20^\circ\text{C}$. Se probó que los conidios producen idéntica sintomatología (cantidad y tipo de lesiones) que las picnidiosporas, en igual período de incubación. Debido a las ventajas que ofrece el manejo de los conidios secundarios sobre el de las picnidiosporas, se propone su uso como inóculo en las inoculaciones artificiales. Se discute su papel en la naturaleza.

ciendo sobre ellas la ventaja de poder obtenerlos en un lapso menor y en mayor cantidad (4).

El objeto de este trabajo fue probar la patogenicidad de los conidios secundarios de *S. apiicola* sobre plantas de apio.

MATERIALES Y METODOS

Obtención del inóculo. De acuerdo con lo ensayado previamente (4), se utilizó el medio APG para obtener conidios secundarios y el agar Czapek Dox V8 (ACDV) (1) modificado (800 ml de solución Czapek Dox, 200 ml de jugo V8 y 17 g de agar) para obtener picnidiosporas. En ambos casos se sembraron conidios secundarios en extendido, incubando el APG durante 7 días y el ACDV durante 14 días en cámara a $20 \pm 1^\circ\text{C}$, con alternancia de 12 h de luz y 12 h de oscuridad.

Inoculación. Las suspensiones de esporas se pasaron agregando a los tubos agua destilada y raspando la superficie de las colonias con ayuda de un ansa. Las concentraciones se ajustaron a 10^4 , 10^5 , 10^6 y 10^7 esporas por ml, con la cámara de Neubauer. Se inocularon tres plantas de apio con cinco hojas de cada una, por tratamiento, depositando la suspensión sobre ambas caras de las hojas por medio de un pincel de cerdas suaves. Los testigos se pincelaron con agua destilada. Se mantuvieron durante 96 h en cámara húmeda a

¹ Recibido para publicación el 20 de junio de 1987.
Trabajo realizado en la Cátedra de Fitopatología, Facultad de Agronomía, UNLP
La autora agradece al Ing. R. Boggio su colaboración en el análisis estadístico de este trabajo y al Ing. H. Alippi por la lectura crítica del manuscrito

* Becaria del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas bajo la dirección de los Ings. Agrs. H. Alippi y L. Ronco. Cátedra de Fitopatología, Facultad de Agronomía, 60 y 119, C.P.: 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina

15 – 20°C. Las observaciones se hicieron a los 14 días. Se evaluó el daño de cada foliolo de acuerdo con la superficie aproximada del mismo, cubierta por lesiones, estableciendo una escala con valores de 0 a 4: 0 = ninguna lesión; 1 = hasta 30% de cobertura; 2 = hasta 60% ; 3 = hasta 90% y 4 = hoja totalmente atizonada pero sin que se distingan manchas típicas. Estadísticamente, el estudio consistió en un ensayo con muestras y submuestras. Se aplicó el análisis de varianza factorial de 2 (tipos de esporas) x 4 (concentraciones de esporas) y la prueba de Tukey.

RESULTADOS

En la Fig. 1 se aprecia el grado de infección en cada tratamiento, de acuerdo con la escala establecida. Según el análisis estadístico, la descomposición de la varianza correspondiente a tratamientos demostró que no hubo diferencia significativa entre las inoculaciones con conidios secundarios o con picnidiosporas. Sí tuvo significancia la diferencia entre las distintas concentraciones. La prueba de Tukey demostró que la infección obtenida con la concentración de 10^4 esporas/ml fue significativamente inferior a la de las restantes ($DMS_{1\%} : 1.17$)

En el momento de la observación, las lesiones producidas en cualquiera de los tratamientos (distinto tipo de inóculo y distinta concentración) e inclusive, dentro de la misma planta, fueron indistintamente de 2 tipos: (a) manchas pequeñas (2 – 4 mm de diáme-

Valores de la escala de infección (0 a 4)

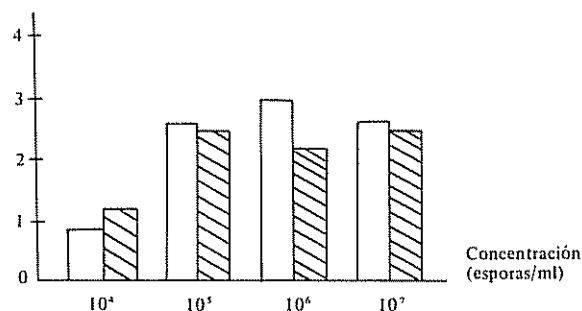


Fig. 1. Infección en plantas de apio inoculadas con distintas concentraciones de picnidiosporas y de conidios secundarios de *S. apiicola*. Observación a los 14 días. □ : picnidiosporas; ▨ : conidios secundarios.

tro), angulosas, con abundantes picnidios oscuros visibles y (b) circulares – ovales (hasta 9 mm de diámetro mayor) de aspecto oleoso, con pocos picnidios color marrón claro.

DISCUSION

En estudios anteriores (4) se observó que los conidios secundarios de *S. apiicola* tienen pocas exigencias en el aspecto nutricional. Se planteó la posibilidad de que se encuentren en la naturaleza, aún en condiciones desfavorables para el desarrollo de las picnidiosporas, con la función de perpetuar o propagar la enfermedad.

Jones y Lee (2) opinan que si la formación de conidios secundarios de *S. tritici* se produjera naturalmente, podría representar un modo de dispersión por medio del viento o de las salpicaduras de lluvia. Con respecto a los conidios de *S. apiicola*, se considera que probablemente puedan ser dispersados por acción de salpicaduras de lluvia o del agua de riego, más que a causa del viento.

Kurozawa y Balmer (3), al probar el efecto patógeno de los conidios secundarios de *S. lycopersici*, observaron que fue semejante al de las picnidiosporas. Pero, como la suspensión de inóculo que emplearon incluyó fragmentos de micelio, ellos no aseguran que la infectividad se deba exclusivamente a los conidios.

En el presente ensayo se usó suspensión de conidios puros y se pudo observar que las lesiones que originaron, no difieren en nada de aquellas causadas por acción de las picnidiosporas. Este nuevo dato, conjuntamente con el anterior (4), permitiría suponer que las lesiones naturales, en ciertas circunstancias, podrían ser consecuencia de la infección de conidios secundarios.

CONCLUSIONES

El efecto de los conidios secundarios de *S. apiicola*, en inoculaciones de plantas de apio, es exactamente igual al de las picnidiosporas en lo que a sintomatología se refiere.

Considerando que se pueden obtener en forma más rápida y abundante que las picnidiosporas, se sugiere su empleo como inóculo en inoculaciones artificiales.

LITERATURA CITADA

1. COOKE, B.M.; JONES, C.D. 1970. A field inoculation method for *Septoria tritici* and *Septoria nodurum*. *Plant Pathology* 19:72-74.
2. JONÉS, G.; LEE, N. 1974. Production of secondary conidia by *Septoria tritici* in culture. *Transactions of British Mycological Society* 62(1):212-213.
3. KUROSZAWA, C.; BALMER, E. 1977. Efeito de fatores nutricionais, iluminação e cepas na formação de "conídios secundarios" de *Septoria lycopersici* Speg. *Summa Phytopathologica* 3(1):59-65.
4. WOLCAN, S. 1987. Conidios secundarios de *Septoria apicola* Speg. I. Comparación con las picnidiosporas. Medios de cultivo que estimulan la producción de los dos tipos de esporas. *Turrialba* 37(3):239-244.

Notas y Comentarios

La revolución verde en Rusia

Mikhail Gorbachev conoce una o dos cosas sobre agricultura. Uno de sus grados académicos fue en ciencias agrícolas y él fue el jefe supremo del sector agrícola del partido comunista de 1978 a 1983. Obviamente, no tuvo éxito en ese cargo: presidió este sector durante repetidos fracasos de las cosechas, lo que no podría atribuirse solamente a repetida mala suerte con el clima. Pero, toma algún tiempo el revertir los largos años de trauma y descuido en los campos de cultivo que comenzaron con la colectivización hecha por Stalin. El Sr. Gorbachev continúa impulsando sus reformas en la agricultura a sabiendas de que éstas pueden ayudar a romper sus reformas en las fábricas. Porque, a menos que él pueda anunciar a los obreros soviéticos que podrán por lo menos comer pronto, algo mejor, será difícil convencerlos de que en toda la "reestructuración" que se demanda de ellos, vale la pena el esfuerzo que tendrán que hacer.

Según comenta *The Economist* (No. 7513, p. 33), su esperanza es que la agricultura soviética haya alcanzado ya una encrucijada: las inversiones hechas en años recientes deben comenzar a producir resultados y de productividad debe mejorar dramáticamente conforme se les dé a los agricultores más libertad para trabajar la tierra como ellos saben hacerlo mejor que nadie. Los resultados del año pasado (1986) fueron medianamente alentadores. La producción agrícola subió en un cinco por ciento, y la cosecha de cereales, de 210 millones de toneladas, fue la mejor desde 1978. Las predicciones de observadores occidentales sugieren que en el presente año (1987) la cosecha de cereales será un poco más baja: alrededor de 205 millones de toneladas, que fue la producción promedio en 1976-80 y está bastante lejos de las esperadas 232 millones de toneladas.

Lo que pasará en los próximos dos o tres años en la agricultura podría ser decisivo para la fe en el Sr.

Gorbachev de la gente común y corriente. Los rusos no padecen de hambre; el ruso promedio consume tantas calorías como el alemán occidental promedio, pero ellos quieren comer mejores alimentos y emplear menos tiempo haciendo colas para obtenerlos: en las ciudades provinciales, la carne buena es un lujo raro; las amas de casa a menudo tienen que contentarse con salchichas de pobre calidad que se vuelven grises en la nevera. El abastecimiento de fruta fresca y verduras es igualmente errático.

La agricultura no es ya la vaquita lechera de la economía soviética. Por el contrario, devora casi la tercera parte de las inversiones y los subsidios a la alimentación suman unos 50 mil millones de rublos por año, o sea, un 15 por ciento del presupuesto del Estado. El Sr. Gorbachev reconoce que arrojar más rublos a las fincas no es la respuesta. Los fondos disponibles tienen que ser gastados mejor. Le gustaría encauzarlos más cuidadosamente hacia la obtención de tecnologías que puedan mejorar los rendimientos y hacia mejores caminos y estructuras de almacenamiento para reducir las pérdidas del producto: para algunos cultivos, se pierde hasta un 30 por ciento de la cosecha entre los campos y los sitios de venta. Por lo pronto, se ha anunciado que habrá grandes bonificaciones financieras para inventores y administradores de empresas agrícolas que introduzcan nueva tecnología con éxito.

Los esfuerzos del Sr. Gorbachev para aerodinamizar la burocracia del sector agrícola han sido también dirigidos a reducir el desperdicio. En 1985, se fusionaron cinco ministerios relacionados con la agricultura en un nuevo "superministerio", llamado *Gosagroprom*. La idea en éste y en cambios similares de organización desde la cabeza y a través de toda la jerarquía, fue el vencer las barreras burocráticas que son la desesperación de los agricultores razonables. (Por ejemplo, el Ministerio A suministra el fertilizante, pero el Ministerio B falla en proveer las máquinas para esparcirlo, por lo que el fertilizante se desper-

dicia) En la práctica, la reorganización está probando ser de una dudosa eficiencia. En Moscú, Gosagroprom tiene apenas la mitad del personal de los cinco ministerios que reemplazó, pero todavía es un gigante torpe; en las provincias, el efecto puede haber sido simplemente añadir un nivel extra de burocracia.

Pero, es en el propio campo donde están ocurriendo los cambios más significativos. En un discurso al Comité Central del Partido Comunista, el Sr. Gorbachev se pronunció fuertemente a favor de algunas ideas que sus más pomposos camaradas consideran difíciles de aceptar. Habló a favor de las granjas privadas, el tres por ciento de las tierras agrícolas en las cuales se cosecha por lo menos la cuarta parte de la producción agrícola soviética. No hay excusa, dijo, para negarse a satisfacer la demanda del pueblo por estos terrenos. Para ayudar en este problema, se debe permitir al pueblo tomar en arriendo las casas de campo que no se usan y las tierras que las rodean, en las haciendas colectivas y estatales, con la condición de que entreguen una parte de la producción a las haciendas.

El Sr. Gorbachev también apoyó vigorosamente a los "contratos de grupo", los cuales promovió primero en sus días como Secretario del Comité Central de Agricultura. Bajo este sistema, pequeñas brigadas de agricultores entran en un contrato con la hacienda; se les asigna una cantidad fija de recursos (un pedazo de tierra, por ejemplo, o un número de cabezas de ganado) y se les paga de acuerdo con sus resultados. Los equipos parecen funcionar bien donde han sido puestos en prueba, pero, muy pocas regiones los han introducido con el entusiasmo que el Sr. Gorbachev desearía.

En su discurso en el Comité Central, el Sr. Gorbachev llevó la idea más lejos de lo que había hecho en el pasado: habló aprobando, no sólo el "contrato de grupo", sino también el "contrato familiar", bajo el cual unidades familiares entran en acuerdos con las granjas colectivas. La sospecha persiste hondamente en el partido, sobre cualquier idea que podría minar el "espíritu colectivo" en el campo. Pero, el Sr. Gorbachev está claramente impresionado por el éxito de China en organizar las fincas alrededor de la familia. Su nuevo mensaje es que ya es tiempo de hacer a los campesinos rusos los "amos de la tierra" asignada a ellos. Ha prometido que el Comité Central tendrá una mirada atenta en estas nuevas ideas sobre la agricultura en los años inmediatos.

Todo esto, según el Sr. Gorbachev, es compatible con el socialismo. El cambio de China hacia la agricul-

tura familiar virtualmente disolvió las grandes comunas. La meta del Sr. Gorbachev, al parecer, es no romper con las grandes haciendas de su país, sino hacerlas producir más mediante contratos de trabajo con unidades pequeñas. Ha entregado a los administradores de las granjas colectivas un incentivo para mejorarlas: ha prometido mantener sus planes por cinco años y dejarlos retener el 30 por ciento de su producción planificada de frutas y hortalizas (así como también cualquier cosa que ellos puedan producir que sobrepase lo planeado) para que la vendan a precios más altos en los mercados semilibres de las granjas colectivas (*kolkhoz*), o en la red de cooperativas.

Recordemos que la colectivización de la tierra agrícola fue la conversión de la propiedad rural privada en grandes granjas colectivas y es el sistema de agricultura que predomina en la mayor parte de los estados comunistas, con la excepción de Polonia y Yugoslavia. Se deriva, con ciertas variaciones locales, del sistema implantado en Rusia en 1930. Se llevó a cabo con métodos draconianos que encontraron una resistencia amarga entre los campesinos: millones de ellos murieron de hambre o fueron arrestados y deportados a lugares lejanos. En Rusia, el *kolkhoz*, la granja colectiva, se debe distinguir del *sovkhoz*, la granja estatal, en la cual los campesinos son empleados del Estado. Los *kolkhozy* son, legalmente hablando, propiedad conjunta de sus miembros que reciben pagos según las utilidades de la granja. La forma original de la "comuna", que fue el objetivo más alto —tanto del anarquismo como del comunismo— fue pronto abandonado, en gran parte, en favor del menos riguroso "artel", nombre de las corporaciones o gremios medievales en Rusia, en el que al campesino se le permitía una pequeña parcela privada y una o dos vacas. Una de las razones de este cambio fue la declinación de la producción agrícola: los campesinos muestran un mayor grado de productividad al cultivar sus propios lotes.

¿Son suficientes estos cambios para realizar en Rusia una revolución verde? El éxito en el campo dependerá todavía mucho de cosas fuera del control de los agricultores: del clima, por supuesto, y de si la industria soviética produce suficiente maquinaria agrícola y fertilizante de calidad aceptable. Aún así, como sus reformas para la industria tomarán años en hacerse sentir, el Sr. Gorbachev espera una rápida mejora en la agricultura. En la sesión del Comité Central proclamó que Rusia era capaz de un "salto hacia adelante" en la producción agrícola en los próximos dos o tres años. A. Gorbitz.

Within-Tree Variation of Wood Specific Gravity in Ocote Pine¹

D. Houkal*, E. Ponce*, D. Villalobos*

ABSTRACT

Wood specific gravity (S.G.) was examined in 15 ocote pine (*Pinus oocarpa* Schiede) trees from the central Honduran highlands. The mean tree S.G., determined from unextracted increment core samples taken at 1.5 m height, was 0.517 ± 0.022 with 95% confidence. No significant relationship was found between growth rate or percent latewood and whole core density. A definite pattern of within-tree variation in stemwood S.G. was observed. Below 10.5 m, S.G. was greatest at the pith. S.G. decreased rapidly moving out from the pith to ring five and then began a gradual increase to ring 18, where it stabilized. Corewood S.G. decreased up the stem, but this decrease was less significant in the mature wood zone. The earlywood-latewood transition was mild, suggesting a uniform overall quality. Mean branches S.G. was 0.618 and was not related to stemwood S.G.

INTRODUCTION

Ocote pine (*Pinus oocarpa*) is an important component of the coniferous forest of Mexico and Central America. In Honduras, it is the primary source of raw material for forest industry. Of possibly greater significance is the potential use of this species in exotic plantations throughout the tropical zones of the world. Despite the apparent utility of ocote pine, little attention has been given to the quality of its wood.

Wood specific gravity (S.G.) is an easily determinable trait often used to express wood quality. The specific gravity of wood is commonly defined as the ratio of the weight of the oven-dry wood to the weight of a volume of water equivalent to the overall volume of the wood (5). Elliott (3) reviewed S.G. variation in conifers and found that it shows much variation among species, among trees within a species

COMPENDIO

El presente trabajo resume los resultados de un estudio de peso específico en 15 árboles de *Pinus oocarpa* Schiede, de las montañas centrales de Honduras. Las muestras se tomaron con barreno a 1.5 m de altura. El valor promedio fue de 0.517 ± 0.022 g/cm³, con una confianza de 95%. La relación significativa entre la tasa de crecimiento y el porcentaje de madera de verano. Se observó una variación en el peso específico de adentro hacia fuera de la médula.

and within trees. The high degree of variability of S.G. is believed to be a major problem confronting the wood utilization industry (13). Furthermore, because S.G. varies greatly within a single tree, extrapolation of breast height increment core value to whole tree estimates is difficult.

Published results of S.G. surveys of unextracted breast height increment core samples of ocote pine from Honduras have included a broad range of sites, age classes and sample sizes (6, 9, 10, 20). Notwithstanding, an overall estimate of the average S.G. can be but at around 0.509 for mature trees (i.e. 40-45 years old). Where pine is grown as an exotic, S.G. has generally been found to be considerably lower (1, 4, 7, 19), presumably due to the accelerated growth rates and younger ages of the material. A comparison of S.G. of six geographic seed sources from throughout Central America in a replicated provenance trial in the Ivory Coast showed no significant differences among seed sources at age eight (1).

Comparisons of S.G. among ocote pine populations within Honduras have demonstrated considerable variation (10, 20). When comparing 11 disjunct populations, the variation found was not related to either geographic location or evaluation (10). Guevara (6) did, however, find a significant decrease in S.G. with increasing evaluation after examining two natural stands in Honduras.

Studies of within-tree variation in S.G. of ocote pine (1, 6, 7, 18, 19) indicate that S.G. increase with age or distance from the pith and decrease with

¹ Received for publication 24 August 1987.

The authors wish to thank Mr. Orlando Cuestas for his efforts in laboratory analysis of sample material.

* At the time of preparation of this manuscript, the authors were Research Forester and Assistant Research Foresters, Escuela Nacional de Ciencias Forestales, Siguatepeque, Honduras. Dana Houkal is currently Research Scientist, Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait.

height up the stem. Palmer and Gibbs (15) found that variation was greater within a single stem than among trees when examining a small population from Belize. Earlywood-latewood differences in S.G. are small and ocote pine wood is considered rather even-textured (7). Plumtre *et al* (17) concluded that the low density central core is less pronounced in ocote pine than in either *Pinus caribaea* or *Pinus kesiya* from Nigeria

This paper examines several aspects of among-tree and within-tree variation in ocote pine from Honduras.

MATERIALS AND METHODS

In October 1981, 15 ocote pine trees were selected from an uneven-aged natural stand occupying a homogeneous site surrounding Siguatepeque, Honduras (14 50°N and 87.80°W; altitude 1 000-1 100 m). Individual trees were separated by at least 0.5 km and possessed good stem and crown form. In order to insure equal repetition of internal stem measurements, trees in the 28-32 year age class (determined by ring count at 1.5 m height) were selected.

Once selected, trees were felled at ground level. A 5 cm thick disc was removed from the base of the stem and every 1.5 m thereafter to the stem apex. From three to five branchwood samples were collected per tree at various heights by removing a 5 cm thick disc 10 cm up the branch from the main stem. In the laboratory, a pie-shaped wedge including the pith was cut from each disc. At this time, a 12 mm diameter increment core sample was extracted from the wedge sampled at 1.5 m height. In all instances, care was taken to avoid inclusion of reaction wood.

A series of subsamples was then separated from the stemwood wedges. Variation in the radial direction was examined by sampling all rings at the 1.5 m height. Initially, total width and width of the latewood were measured to the nearest 0.1 mm for each ring. Rings were then carefully separated with a wood chisel. Longitudinal stem variation from a fixed annual ring number from the pith was examined by removing rings 2 and 3 (juvenile wood) and rings 14 and 15 (mature wood) from each height. Longitudinal variation in a continuous annual growth sheath was also examined. In this case, rings 24 and 25 from the pith were designated in the basal stem section and the number of rings from ring 25 to the secondary cambium noted. At subsequent heights, rings 24 and 25 were identified by counting the determined number of rings in from the cambium and were then removed. Variation between early wood and latewood in the stem was examined by

removing rings 2 and 4 (juvenile wood) and rings 8, 15 and 22 (mature wood) from the 1.5 m wedge. Earlywood and latewood subsamples were then separated with a wood chisel. Branchwood variation was examined by dividing samples into radially equal inner (i.e. adjacent to the pith) and outer sections.

In a previous study (10), the alcohol-benzene extractable constituents of the mature wood of ocote pine were found to be less than 3% of the extracted dry weight. Therefore, S.G. determinations in this study were made on unextracted samples. Due to the small volume of many of the samples, Smith's (21) maximum moisture content method was used to determine S.G. Prior to measurement, samples were submerged in water and subjected to an oscillating vacuum until fully saturated. The saturated weight of each sample was measured on an analytical balance to the nearest microgram. Samples were then oven-dried at 105°C to a steady state and re-weighed. The formula used to calculate S.G. as described by Smith is;

$$\text{Specific Gravity} = \frac{1}{\frac{W_s - W_d}{W_d} + 1.53}$$

where W_d = dry weight (g)

W_s = saturated weight (g)

1.53 = the specific gravity of the solid wood fraction

RESULTS

Among-Tree Variation

Data of whole increment cores collected at 1.5 m height for individual trees are presented in Table 1. The mean S.G. is 0.517 ± 0.022 with 95% confidence which concurs with previous information for ocote pine from Honduras (10).

A large portion of the tree-to-tree variation in S.G. in conifers has been associated with differences in percent latewood and/or growth rate (12, 22). The mean latewood percent for the trees is $25.5 \pm 0.9\%$ with 95% confidence and is fairly consistent. Furthermore, simple linear correlation analysis of individual tree whole core S.G. with percent latewood was insignificant ($r = 0.32$ with $N = 15$). Growth rate, expressed as core length/age, was subjected to the same analysis, revealing an insignificant relationship ($r = 0.45$ with $N = 15$). This apparent lack of

Table 1. Increment core data at 1.5 m.

Tree No.	Age (Years)	Core Length (cm) (inside-bark)	S.G.	Latewood (%)
1	29	12.5	0.538	24
2	30	9.5	0.545	29
3	30	11.0	0.562	26
4	29	12.6	0.495	27
5	30	14.1	0.581	28
6	30	13.7	0.438	27
7	30	13.9	0.534	28
8	29	13.0	0.538	28
9	30	15.0	0.526	26
10	28	14.8	0.482	20
11	29	14.4	0.467	25
12	32	14.3	0.551	25
13	31	17.0	0.487	26
14	29	14.7	0.500	19
15	29	15.9	0.514	24

association of S.G. to either percent latewood or growth rate needs critical evaluation. Guevara (6) concluded that variation in percent latewood accounted for a sizeable proportion of the S.G. variation among 48 ocote pines from Honduras. The 15 tree sample in this study is too small to make any confident evaluation of the association of these characters. Furthermore, Spurr and Hsuing (22) pointed out that changes in growth rate effect changes in many other characters which directly or indirectly influence S.G., greatly confounding its interpretation.

Radial Variation

Population mean S.G. values and their coefficients of variability (CV) for annual rings at 1.5 m height are presented in Table 2. Whole ring density is greatest in ring 1, followed by a rapid decrease to ring 5. S.G. gradually increases from ring 5 to ring 19, where it levels off. Among-tree variability is greatest in rings near the pith and is considerably less in the remaining rings. The greater S.G., and greater variability in S.G. formed in rings near the pith, are probably associated with variable levels of deposition of extractives in this corewood zone. Accumulation of chemicals such as fatty acids, resin acids and essential oils is usually greatest near the pith in pines (23).

In an effort to more accurately describe the radial variation pattern and to develop a method of predicting the S.G. of individual rings, regression analysis was performed on the mean values shown in Table 2

(including only means based on ≥ 14 observations). Because the pattern found near the pith is so divergent from that found closer to the bark, separate equations were developed. Fig. 1 illustrates the plotted actual means, calculated regression curves and their equations. Surprisingly, the curve developed for rings 5 through 29 shows a definite downward slope after ring 22. Normally, S.G. in pines does not begin to decrease in the mature wood portion of the stem until the pines are relatively old and growth rates have declined (12). In Fig. 1, the downward slope of the regression line beyond ring 20 may be an artifact resulting from the variability of S.G. of rings nearer to the bark.

Longitudinal Variation

Longitudinal variation in S.G. up the stem for rings 2, 3, 14 and 15 from the pith and in a continuous growth sheath (rings 24 and 25 as determined at the base) is shown in Table 3. Values are means of all 15 trees and their corresponding coefficients of variability (CV). In the juvenile wood zone (rings 2 and 3), S.G. is greatest at the base of the stem and decreases rapidly to 1.5 m. Thereafter a gradual decline is noted to around 16.5 m. In the mature wood zone (rings 14 and 15), S.G. gradually decreases from the base upwards. Rings 24 and 25 show a similar pattern. Guevara (6) found a decrease in S.G. with increasing stem height for both unextracted samples of ocote pine from Honduras. Although he found that absolute S.G. values were significantly reduced following extraction, the degree

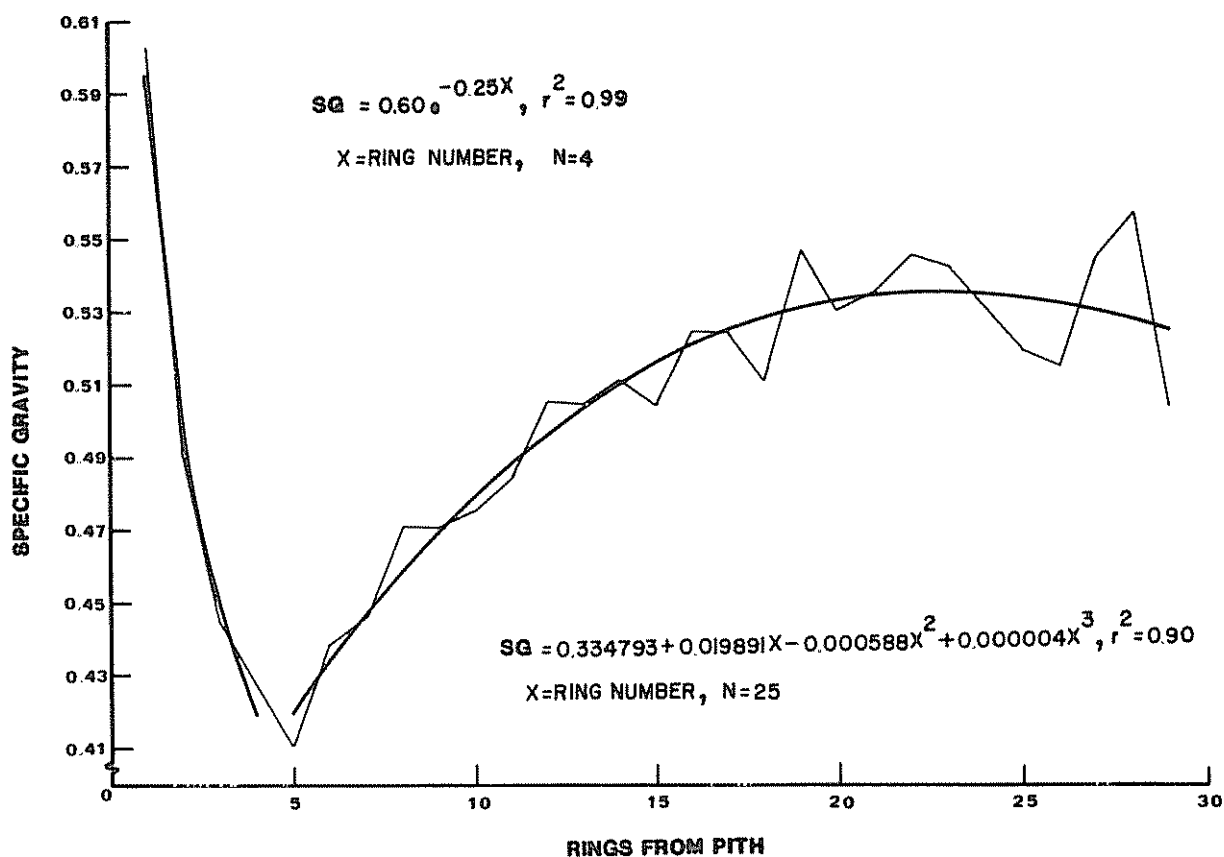


Fig. 1. Regression curves of radial variation in S.G. at 1.5 m.

Table 2. Radial variation of S.G. at 1.5 m.

Ring No. from pith	S.G.	CV	Ring No. from pith	S.G.	CV
1	0.602	33	17	0.524	9
2	0.491	36	18	0.51	11
3	0.445	31	19	0.547	11
4	0.427	19	20	0.530	13
5	0.411	13	21	0.535	12
6	0.439	11	22	0.546	5
7	0.446	12	23	0.542	14
8	0.471	8	24	0.530	14
9	0.470	10	25	0.518	13
10	0.475	8	26	0.516	13
11	0.483	8	27(14)	0.545	13
12	0.505	9	28	0.557	11
13	0.504	9	29(14)	0.503	20
14	0.511	7	30(12)	0.560	15
15(14)*	0.503	9	31(2)	0.470	22
16	0.524	10	32(1)	0.516	-

* Indicates number of observation if less than 15.

of change in S.G. with increasing height up the stem coincides with results reported here. It is likely that the increased density in the juvenile wood zone at the base of the stem is related to increased extractive deposition as suggested by Taras and Saucier (23) for a number of pines

Regression analyses of pooled data combining rings 2 and 3, rings 14 and 15 and ring 24 and 25 were performed to produce predictive equations (Fig. 2). Linear regressions adequately described variation patterns for rings 14 and 15 and rings 24 and 25, but a polynomial gave the best fit for the curvilinear function of rings 2 and 3. In all three cases, height accounted for a significant portion of the variation in S.G.

Earlywood – Latewood Variation

Mean earlywood and latewood S.G. values for rings 2, 4, 8, 15 and 22 at 1.5 m height for the 15 trees along with their standard deviation(s) are shown in Table 4. Paired t-tests comparing mean earlywood and latewood values within each ring showed highly significant differences for rings 4, 8, 15 and 22. Simple linear regression analysis demonstrated that latewood S.G. significantly increased with increasing ring number while earlywood S.G. remained rather constant, which is normal for pines.

The ratio of latewood to earlywood S.G. can be used to evaluate wood quality and, when large

enough, can predict serious problems in utilization (11). For ocote pine, pooling of all the individual latewood and earlywood estimates produced a ratio of 1.2 to 1. This figure is lower than those reported for seven other pine species by Kollman and Côté (12) and concurs with Harris' (7) observation that the wood of ocote pine is even-textured in terms of the latewood – earlywood transition

Branchwood Variation

Mean branchwood S.G. values for individual trees are presented in Table 5. The overall mean branchwood S.G., calculated from tree means, is 0.618 ± 0.028 with 95% confidence. A paired t-test showed this mean to be significantly different from the mean increment core density of 0.517. This finding is contrary to that of Phillips *et al.* (16), where the branchwood of four southern pines was significantly less dense than the stemwood. Table 5 shows that inner samples of branchwood have lower S.G. values than outer samples of branchwood. This implies that smaller diameter branches would have a lower S.G. than large diameter branches and agrees with previous observations (16).

Comparison of mean branchwood and stem S.G. as measured by increment core samples at 1.5 m height produced an insignificant correlation coefficient (r = 0.14, N = 15). However, our sample was small and our estimate on mean branchwood S.G. is not

Table 3. Longitudinal variation of S.G.

Hgt. (m)	Ring 2		Ring 3		Ring 14		Ring 15		Ring 24		Ring 25	
	Mean	CV	Mean	CV	Mean	CV	Mean	CV	Mean	CV	Mean	CV
0.0	0.600	26	0.503	25	0.518	16	0.544	10	0.550	11	0.555	9
1.5	0.491	36	0.445	31	0.511	7	0.505	9	0.551	10	0.539	14
3.0	0.485	19	0.415	20	0.505	10	0.518	10	0.530	14	0.533	13
4.5	0.498	29	0.422	29	0.478	12	0.496	7	0.506	12	0.525	11
6.0	0.445	28	0.409	23	0.471	8	0.488	8	0.489	11	0.494	11
7.5	0.437	34	0.387	32	0.460	10	0.462	7	0.483	9	0.489	13
9.0	0.401	20	0.363	10	0.508(11)	21	0.500(11)	15	0.478	12	0.484	10
10.5	0.378	20	0.384	10	0.507(4)	10	0.526(4)	10	0.487	14	0.487	13
12.0	0.363	16	0.377	12	0.611(1)	–	0.635(1)	–	0.477	12	0.491	12
13.5	0.370	16	0.373	10	0.564(1)	–	0.534(1)	–	0.466	9	0.466	10
15.0	0.371	22	0.392	14	0.510(1)	–	0.509(1)	–	0.467	10	0.454	12
16.5	0.363(9)*	10	0.387(9)	8	–	–	–	–	0.434(9)	9	0.462(9)	11
18.0	0.366(1)	–	0.456(1)	–	–	–	–	–	0.489(1)	–	0.507(1)	–
19.5	0.443(1)	–	0.421(1)	–	–	–	–	–	0.476(1)	–	0.496(1)	–
21.0	0.437(1)	–	0.416(1)	–	–	–	–	–	–	–	–	–
22.5	0.519(1)	–	0.561(1)	–	–	–	–	–	–	–	–	–

* Indicates number of observations if fewer than 15

precise since we made no attempt to estimate S.G. of the total branch. In any case, since even the inner branchwood S.G. is greater than stemwood S.G., it is concluded that branchwood is more dense than stemwood.

Discussion and Conclusions

This study examined the variation of unextracted wood S.G. in 15 ocote pine trees from Honduras. The mean tree density, as determined from increment core samples, is 0.517. This value compares favourably with estimates for other economically important pine species (8, 22, 24). Of possibly greater importance is how this density varies within the sample population. Larson (13) considers variation in wood character to be major problem for the wood industry.

The first level of variation to be considered here is that found among trees. The small population of this

study was selected for homogeneity of age and form and originated from a uniform macro-environment. Under such conditions, among-tree S.G. values would be expected to be relatively consistent. S.G. ranged from 0.438 to 0.581, with the mean having a standard deviation of 0.039. Comparisons with findings for other pines are difficult; however, a broad review of the literature indicates that tree-to-tree variation in ocote pine is within normal limits.

Within-tree variation in S.G. has been found in many species, but only recently have researchers such as Echols (2) and Olson and Arganbright (14) attempted to quantify it. These authors have proposed the creation of uniformity factors to assess the internal homogeneity of S.G. for individual trees or species. An attempt was made to apply this method to ocote pine by Resch and Bastendorff (19). Their findings showed ocote pine to be slightly superior to *Pinus caribaea* Morelet, but they did not make an

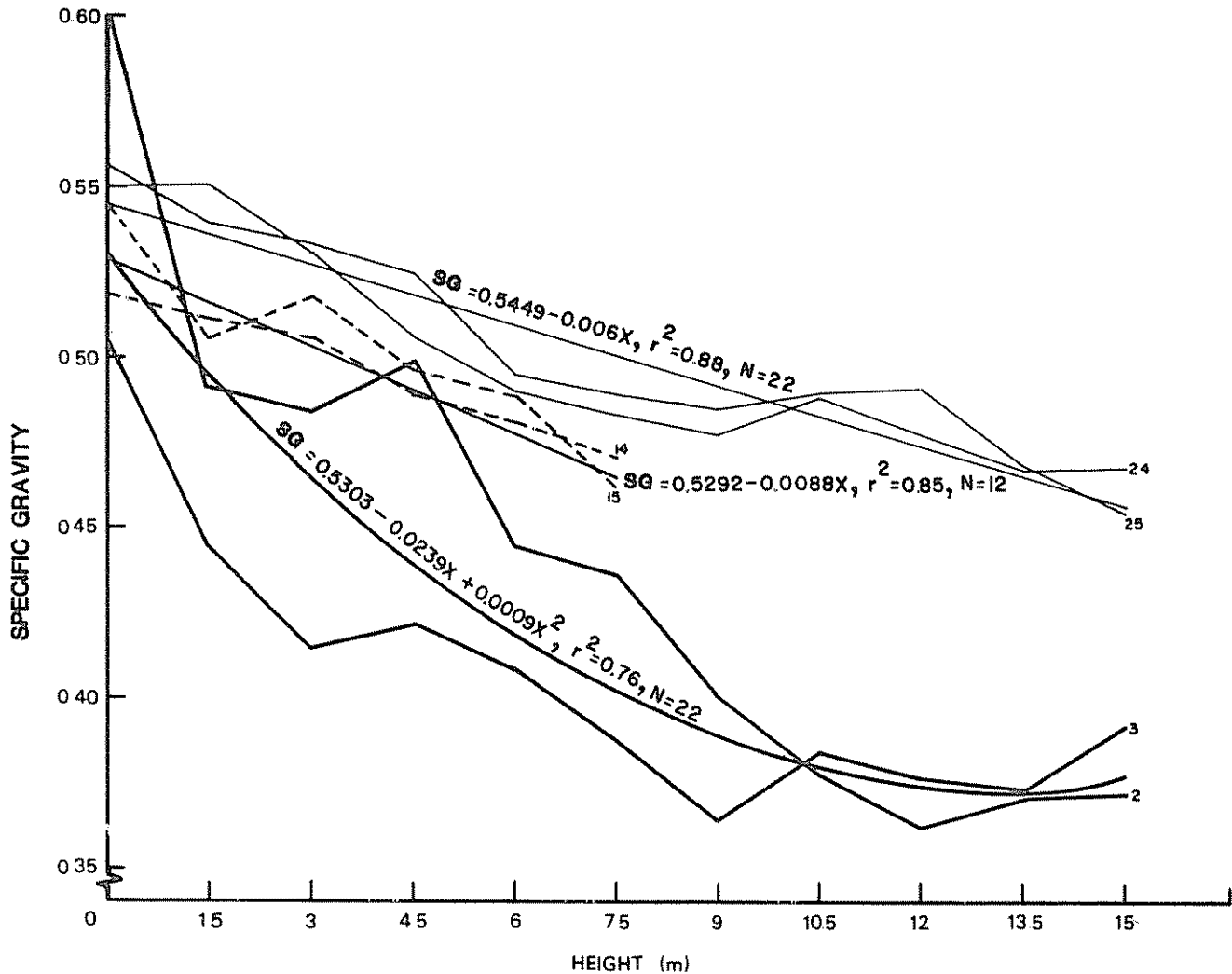


Fig 2 Regression curves of longitudinal variation in S.G. for various ring pairs

overall statement on qualitative wood uniformity. The present study did not directly measure intra-tree uniformity of S.G., but the latewood-earlywood transition indicates little variation within annual rings.

The overall pattern of variation in stem S.G. is similar to that described for other pines (3). It is concluded that the wood quality of ocote pine as determined from the analysis of wood S.G. is comparable to that of many other commercial pine species.

Table 4. Earlywood and latewood S.G. of various rings at 1.5 m height

Ring No.	Earlywood		Latewood		t-value
	Mean	s	Mean	s	
2	0.477	0.170	0.486	0.160	0.286
4	0.401	0.054	0.495	0.108	3.550**
8	0.425	0.070	0.562	0.086	5.875**
15	0.435	0.066	0.598	0.089	5.065**
22	0.450	0.080	0.583	0.077	10.221**

Tabular $T_{(0.01), N=15}$ is 2.977

Table 5. Branchwood S.G.

Tree No.	No. of samples	Inner mean	Outer mean	Overall mean
1	4	0.505	0.660	0.662
2	3	0.528	0.701	0.658
3	3	0.419	0.578	0.538
4	4	0.424	0.585	0.545
5	4	0.470	0.668	0.618
6	5	0.433	0.642	0.589
7	5	0.706	0.625	0.645
8	5	0.653	0.716	0.700
9	5	0.510	0.651	0.616
10	4	0.525	0.641	0.612
11	5	0.393	0.579	0.532
12	5	0.507	0.700	0.651
13	5	0.799	0.668	0.701
14	5	0.436	0.692	0.628
15	5	0.491	0.655	0.641

LITERATURE CITED

- DURAND, P.Y. 1980. Variations in wood properties and pulping characteristics of some tropical pines grown in plantations. Presented at the IUFRO symposium on genetic improvement and productivity of fast growing forest species. Aguas do São Paulo.
- ECHOLS, R.M. 1973. Uniformity of wood density assessed from x-rays of increment cores. Wood Science and Technology 7(1):34-44.
- ELLIOTT, G.K. 1970. Wood density in conifers. Technical Communication no. 8. Oxford, England. Commonwealth Forestry Bureau. 44 p.
- FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P.Y. 1978. Programme for genetic improvement of populations of *Pinus oocarpa* Scheida in Brazil. IPEF p. 643-654.
- FORESTRY HANDBOOK. 1961. Ed. by R.D. Forbes. New York; The Ronald Press Co.

6. GUEVARA, R.M. 1979. Variation in the specific gravity of *Pinus oocarpa* Schiede in the Compayagua and Olancho regions of Honduras. Unpublished M.S. thesis on file at the University of Idaho Library 81 p.
7. HARRIS, J.M. 1979. Note on wood density of *Pinus caribaea* Morelet grown under temperate, subtropical and tropical conditions, Rotorua, New Zealand. For. Res. Inst.
8. HEGER, L. 1974. Longitudinal variation of specific gravity in stems of black spruce, balsam fir and lodgepole pine. Can. J. For. Res. 4:321-326
9. HESS, R.W.; WANGAARD, F.F.; DICKINSON, F.E. 1950. Properties and uses of tropical woods, II. New Haven, Yale Univ. School of Forestry. 132 p. Tropical Woods no. 97.
10. HOUKAL, D. 1981. Variación geográfica de la densidad básica de la madera de *Pinus oocarpa*, y *Pinus caribaea* en Honduras. Escuela Nacional de Ciencias Forestales, Siguatepeque, Honduras. 11 p. (Artículo Científico no. 4)
11. IFJU, G. 1969. Within-growth-ring variation in some physical properties of southern pine wood. Wood Science 2(1):11-19.
12. KOLLMAN, F.F.P.; COLE JUNIOR, W.A. 1968. Principles of wood science and technology I: Solid Wood. Berlin. Springer-Verlag. p. 168-179.
13. LARSON, P.R. 1969. Wood formation and the concept of wood quality. Yale Univ. Sch. For. Bull. no. 74
14. OLSON, J.R.; ARGANBRIGHT, D.G. 1977. The uniformity factor: A proposed method for expressing variation in specific gravity. Wood and Fiber 9(3): 202-210.
15. PALMER, E.R.; GIBBS, J.R. 1976. Pulping characteristics of *Pinus oocarpa* grown on the Mountain Pine Ridge, Belize. Tropical Products Institute Publication L 44. 21 p.
16. PHILLIPS, D.R.; CLARK, A.; TARAS, M.A. 1976. Wood and bark properties of southern pine branches. Wood Science 8(3):164-169
17. PLUMIRE, R.A.; BAILEY, C.G.; AUSTIN, S. 1976. Report on wood density of *Pinus kesiya*, *Pinus oocarpa* and *Gmelina arborea* from Nigeria. Oxford, U.K. Commonwealth Forestry Institute. 2 p.
18. PONCE, E.G.; AVILA, A. 1977. Determinación de la variación de peso específico de los *Pinus oocarpa*, *Pinus caribaea*, *Pinus pseudostrobus*. Thesis. Siguatepeque, Honduras. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. 22 p.
19. RESCH, H.; BASTENDORFF, K. 1978. Some wood properties of plantation pines *Pinus caribaea* and *Pinus oocarpa*. Wood and Fiber 10(3):210-217.
20. SCHAFER, E.R.; CHIDESTER, G.H. 1961. Pulping and paper-making experiments on certain pines of Mexico and Central America. Madison, Wis. Forest Products Laboratory, Forest Service, U.S. Dept. of Agr. Report 2217. p. 17.
21. SMITH, P.M. 1954. Maximum moisture content method for determining specific gravity of small wood samples. U.S. Forest Service Forest Products Lab. Madison, Wis. Report 2014. 8 p.
22. SPURR, S.H.; HSUING, W.Y. 1954. Growth rate and specific gravity in conifers. Journal of Forestry 52:191-200.
23. TARAS, M.A.; SAUCIER, J.R. 1967. Influence of extractives on specific gravity of southern pines. Forest Products 17(9):97-99.
24. ZOBEL, B.J.; KELLISON, R.C.; MATTAHAIS, M.F.; HATCHER, A.V. 1972. Wood density of the southern pines. N.C. State Agric. Exp. Sta.

Determinación de las Formas de Nitrógeno en Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas de la Sierra Tarasca, Michoacán, México¹

L. Cruz Huerta*, J.D. Etchevers**

ABSTRACT

The soils of the Tarascan Plateau of Michoacán, Mexico are derived from volcanic materials showing several degrees of weathering. These soils contain allophane, an amorphous clay mineral, and exhibit a slow rate of organic matter mineralization. Both characteristics have been held responsible for some fertility problems encountered in these soils. The objectives of the present work were: determine chemical characteristics of these soils; fraction the nitrogen they contain and establish the relationship between the former and latter determinations. Observations and analyses practiced in samples obtained at 10 sites (0 to 20 and 20 to 40 cm depth) along a soil transect 80 km long (2200 to 2700 meters) showing a Udic soil moisture regime indicated Andic characteristics in most soils. Oxalate extractable Al and percentage P fixation ranged from 1.0 to 8.4% and 44 to 99%, respectively. Percentages of organic matter in the first depth increment were high (1 to 15%), and the allophane ranged from 0.9 to 16.7%. The relationship between the two former variables was very high ($r = 0.98$) and suggested the existence of some organic-mineral complex. Main N fractions were: insoluble-N, hydrolyzable-N and inorganic soluble-N, which represented 23 to 75, 20 to 41 and 1 to 16% of the total N, respectively. Fixed NH_4 varied from 5 to 52% of the total N. Most of the above fractions were closely associated with the Andic properties. The inorganic-N and the hydrolyzable-N, which represent the available N and the N-mineralizable in the short term, respectively, were not lacking in these soils. The above finding suggested that the low levels of available N are due to factors other than those considered, perhaps denitrification or NO_3^- -N lixiviation.

COMPENDIO

Los suelos de la Meseta Tarasca de Michoacán, México, que se derivan de materiales volcánicos, presentan diversos problemas nutricionales relacionados principalmente con el nitrógeno, tal vez debido a la presencia de alofán y a la escasa mineralización de la materia orgánica. Los objetivos del presente trabajo fueron: caracterizar el material volcánico y las fracciones de nitrógeno orgánico e inorgánico y establecer relaciones cuantitativas entre ellos con el fin de tratar de explicar las variaciones de las últimas. En el estudio realizado en 10 sitios (0 a 20 y 20 a 40 cm de profundidad) de un transecto de 80 km (2200 a 2700 msnm), localizado en la Meseta Tarasca, resultó que la mayoría de los suelos presentaron características ándicas. El índice de correlación entre los porcentajes de materia orgánica y alofán fue muy alto ($r = 0.98$) lo que indicaría la existencia de complejos de gran estabilidad. Las principales fracciones de nitrógeno fueron: la insoluble, la hidrolizable y la inorgánica (23 a 75%, 20 al 41% y de 1 a 16.4% del N-total, respectivamente); una proporción importante (4.7 a 52% del N total) correspondió a amonio fijo. La mayoría de estas fracciones se asociaron con las propiedades ándicas. Las fracciones inorgánica e hidrolizable, corresponden al nitrógeno mineralizable a corto y a largo plazo, respectivamente. Los niveles de ambas fracciones deberían ser suficientes para abastecer las necesidades de las plantas, lo cual aparentemente no ocurre.

INTRODUCCION

Los Andosoles constituyen un 4.3% de la superficie total de México. Estos suelos poseen, en general, un gran potencial productivo. Sin embargo, exhiben propiedades químicas peculiares que afectan negativamente su fertilidad. Entre ellas, se puede mencionar las altas capacidades de fijación de P y tampón, el elevado contenido de Al extractable y la acumulación de materia orgánica (M.O.). Esta última

condición posiblemente es causada por una baja tasa de la mineralización, lo cual se refleja en una escasa disponibilidad de N para las plantas. Tanto la acumulación de M.O., como la baja tasa de mineralización de estos suelos, determinan la necesidad de tener que adicionar fertilizantes nitrogenados para lograr rendimientos aceptables, lo cual constituye una paradoja, dado el alto porcentaje de N total que contienen.

¹ Recibido para publicación el 10 de enero de 1987

* Investigador Auxiliar Adjunto, Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Estado de México

** Profesor Investigador, Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Estado de México, México.

El conocimiento de los mecanismos de mineralización del N orgánico y los pasos que la bloquean, así como de los mecanismos responsables de la acumulación de la M.O., pueden contribuir a diseñar prácticas de manejo más adecuadas para estos suelos. El paso previo a la obtención de este conocimiento

es realizar un recuento de las formas en que se encuentra el N en el suelo para, posteriormente, estudiar su susceptibilidad a ser mineralizado

Las formas más importantes de N inorgánico en los suelos son: nitratos (N-NO_3^-), nitritos (N-NO_2^-) y amonio intercambiable y fijado (N-NH_4^+). Las tres primeras se consideran disponibles para las plantas; sin embargo, existen en el suelo en muy pequeño porcentaje (26). Por ejemplo, el contenido de N mineral (N-NO_3^- y N-NH_4^+) en muestras húmedas en andosoles chilenos es, en general, menor a 20 ppm (4). Sin embargo, el amonio fijado puede alcanzar proporciones considerables. En suelos hawaianos de origen volcánico, Mikami y Kanegiro (20) encontraron concentraciones desde 0 a 585 ppm de amonio fijado, lo cual equivalía del 0 al 32% del N total. En andosoles de la Sierra Tarasca de México, Velázquez (33) determinó que el amonio fijado nativo oscilaba entre 10 y 87 ppm y que éste se relacionaba con el contenido de M O, el tipo predominante de mineral arcilloso y la cantidad de K intercambiable. Como se puede observar, esta fracción puede llegar a constituir una proporción importante del N-total en suelos volcánicos y aparentemente no ha recibido la suficiente atención. Particularmente, poco se sabe sobre el papel que tal fracción juega en la escasa disponibilidad del N que exhiben estos suelos.

Sowden *et al.* (28) estudiaron la distribución de N en algunos suelos volcánicos tropicales de la región del Caribe y encontraron que, del 80 al 98% del N total, era hidrolizado por HCl 6M. La principal fracción de N orgánico en estos suelos era la aminoácida y oscilaba de 39 al 50%, decreciendo con la profundidad. Entre un 20 y 24% del N total se captó como N-NH_4^+ , el cual se incrementaba ligeramente con la profundidad y se cree que se deriva de la descomposición de amidas y de algunos aminoácidos, del amonio fijado a las arcillas y de materiales que contienen N no identificado. El N de aminoazúcares fue casi constante. Del 9 al 20% de N-hidrolizable no pudo ser identificado.

El N orgánico se encuentra en la mayoría de los suelos y particularmente en los volcánicos en forma de complejos estables, que, bajo ciertas circunstancias, dificultan su mineralización. Existen varias teorías para explicar este fenómeno pero dos de ellas parecen ser las más viables por lo que han recibido mayor atención. La primera postula que los compuestos de N son estabilizados por reacción con otros constituyentes orgánicos del suelo, en tanto que la segunda supone que los compuestos orgánicos del N son estabilizados a través de la adsorción sobre minerales arcillosos (7). Esta última teoría se ve apoyada por los resultados de las investigaciones conducidas en

México por Moncada (21), Aguilera (1, 2) y Cervantes (8), quienes coincidieron en señalar a los contenidos de arcillas alofánicas y de sesquióxidos de hierro y aluminio como posibles causantes de la lenta mineralización de la M O.

Como consecuencia de la estabilización del N orgánico resulta que sólo una pequeña fracción (aproximadamente un 3%), es mineralizada por los microorganismos (7). Este hecho tiene una gran importancia práctica porque limita la disponibilidad de N para las plantas.

Los objetivos del presente trabajo fueron: a) caracterizar el material volcánico, particularmente aquellas propiedades que pudieran relacionarse con el fenómeno de acumulación de la M O y mineralización del N, y b) caracterizar las diferentes fracciones de N orgánico e inorgánico y establecer relaciones cuantitativas entre estas fracciones y ciertas propiedades químicas, que ayuden a explicar su variación.

MATERIALES Y METODOS

Los suelos estudiados provinieron de la Meseta Tarasca, ubicada en la parte central del Estado de Michoacán, México; han sido reconocidos como pertenecientes al Orden Inceptisol en la Taxonomía de Suelos (8) y como Andosoles húmicos, mólicos y ócricos en el sistema FAO/UNESCO.

El muestreo (0 a 20 y 20 a 40 cm) se realizó en el mes de enero de 1983 en 10 sitios representativos de un transecto de aproximadamente 80 km que comprende altitudes desde 2200 a 2700 msnm.

Caracterización del material volcánico

Para la caracterización química de los suelos se emplearon suelos secos al aire y procedimientos recomendados por ICOMAND, es decir, Al extractable en oxalato ácido (Al_O) (5), fijación de P (5) y el porcentaje de vidrio volcánico (34). La densidad aparente se determinó en terrones secos al aire cubiertos con parafina (27), debido a que esa era la humedad de campo en el momento de muestreo. También se llevaron a cabo otras pruebas comúnmente empleadas en los laboratorios para determinar el carácter ácido de los suelos derivados de cenizas volcánicas, como son el pH en NaF (15), contenido de alofán calculado a partir de los resultados obtenidos por disolución selectiva con ditionito-citrato-bicarbonato (alofán_{dcb}) (3), alofán oxalato-pirofosfato (alofán_{p-o}) determinado por el procedimiento recomendado por Russell *et al.*, (23) y la prueba de la toluidina (32).

Se determinaron las siguientes fracciones de Al extractable: en $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1N pH 4.8 (19), con ditionito-citrato-bicarbonato (Al_{dcb}) por el método de Aomine y Jackson (3), con pirofosfato de sodio 0.1 M (Al_p) por el método descrito por Wada e Higashi (31) y la diferencia entre los dos métodos anteriores ($\text{Al}_{\text{dcb-p}}$) se obtuvo mediante el procedimiento descrito por Wada y Gunjigake (30).

Fraccionamiento del nitrógeno

El N total se determinó por el método Kjeldahl estándar, usando ácido salicílico para incluir nitratos (16) con suelo tamizado a través de malla 1.68 mm. Las determinaciones de N inorgánico incluyeron las fracciones N-NO_3^- , N-NH_4^+ y N-NO_2^- . Su extracción se hizo con KCl 2 M. Los extractos tratados con óxido de magnesio se destilaron por arrastre de vapor para determinar N-NH_4^+ y posteriormente con aleación de Devarda para evaluar el N-NO_3^- (6). El N-NO_2^- se cuantificó por el método colorimétrico de Illosvay modificado por Griess (6). La determinación de amonio fijado se realizó por el método de Silva y Bremner (25). Las fracciones orgánicas de N-NH_3 , de aminoácidos; aminoazúcares; y de naturaleza desconocida, (NND), se determinaron siguiendo la metodología descrita por Bremner (6).

Para relacionar los diferentes parámetros se estableció una matriz de correlación lineal. Para ello, se empleó el programa CORR de SAS 822 (24).

RESULTADOS Y DISCUSION

Caracterización del material volcánico

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de la caracterización química de los suelos seleccionados para el estudio. Estos se discuten en otro trabajo (11). Nueve de los 10 sitios satisficieron la mayoría de los requerimientos para ser considerados como Andisoles, de acuerdo con uno de los criterios propuestos por ICOMAND específicamente para ciertos suelos de México (17). Este señala que, si el régimen de humedad del suelo es ústico, el porcentaje de Al soluble en oxalato ácido debe exceder el 1%, el porcentaje de fijación de fósforo alcanza un valor mayor de 60% y posee una densidad aparente menor de 0.9 g/cm^3 . La última condición fue satisfecha sólo por cuatro de los 10 sitios experimentales. Este hecho podría deberse a que los suelos fueron muestreados durante el período invernal, después de un proceso natural de secado. Kubota (16) encontró cambios irreversibles en el volumen de este tipo de suelos que afectarían su densidad aparente. A este respecto, Etchevers e Hidalgo (12) observaron que el secado al aire de suelos volcánicos de la Sierra Nevada, México, se traducían en au-

mentos de la densidad aparente. Ello significaría que esta característica hay que juzgarla con reserva ya que de haberse muestreado y procesado los suelos en la forma recomendada por ICOMAND (18) es posible que las densidades hubiesen sido menores. El carácter ándico de los sitios experimentales se manifestó además por el incremento del pH en NaF, respecto del pH en agua y por la reacción positiva o dudosa en ciertos casos, a la prueba de la toluidina propuesta por Wada y Kakuto (32) y por los niveles relativamente elevados de alofán.

Fraccionamiento del nitrógeno

Los resultados de las determinaciones de N total, M.O. y las fracciones inorgánicas de N se presentan en el Cuadro 2 y las asociaciones de éstas con el Al y el alofán, determinado por diferentes procedimientos, se incluyen en el Cuadro 3.

El porcentaje de N total varió de 0.03 a 0.63% y el de M.O. de 0.9 a 15.4%. Las diferencias entre la primera profundidad (0 a 20 cm) y la segunda (20 a 40 cm) fueron, en general, pequeñas y reflejan la uniformidad relativa de las propiedades de la parte superficial de estos suelos (Cuadro 1). Sólo un suelo exhibió menos de un 1% de M.O., pero seis de ellos presentaron más de 3.5%, considerado como un valor adecuado en suelos no volcánicos. Tres de estos últimos exhibieron porcentajes superiores al 10% de M.O., considerado elevado para cualquier tipo de suelo. Los niveles de M.O., y por ende, los de N, deberían ser suficientes para sostener una producción vegetal elevada, en la mayoría de los casos. Sin embargo, información sobre el estado nutricional de las plantaciones de maíz de la zona señala que los niveles de este nutrimento en las plantas son deficientes durante la época de inicio de formación de la mazorca (13). Este hecho señala claramente alguna distorsión en el mecanismo de mineralización de la M.O., su inaprovechabilidad por las plantas o la pérdida desde el perfil.

Los sitios con mayores porcentajes de N y M.O. se encuentran más alejados del volcán Parícutín, en tanto que los que tienen menores porcentajes se localizan en la cercanía de su base. Esto conduce a concluir que, a mayor distancia del volcán, tanto el N como la M.O. se acumulan a una tasa mayor o la descomposición de la última es más lenta. Ello podría deberse a la naturaleza de las sustancias que constituyen la fracción coloidal de estos suelos. Se ha informado que la M.O. forma asociaciones complejas, particularmente con el alofán, lo cual le conferiría cierta resistencia a la descomposición debido a su alta estabilidad (7). La existencia de este tipo de asociaciones ha sido observada por los autores en preparaciones microscópi-

Cuadro 1. Resultados de las pruebas para determinar el caracter ándico de los suelos de un transecto de la Sierra Tarasca, Michoacán, México.

Profundidad	Al Oxalato ácido	P Fijado NZBS	Densidad aparente	pH			Alofán		Prueba de toluidina
				H ₂ O 1:2	NaF 2'	60'	dc ^b 1	o-p ²	
cm		%		g/cm ³			%		
Zacan									
0 - 20	1.3	48	1.01	6.3	10.9	11.4	1.3	8.9	+/-
20 - 40	2.4	75	0.96	6.5	11.3	11.7	1.7	16.7	+/-
San Felipe									
0 - 20	1.8	71	1.07	5.9	10.7	11.1	2.6	11.3	-
20 - 40	2.1	72	0.82	6.3	10.7	11.1	3.8	12.7	-
Pomacuarán									
0 - 20	2.1	44	1.15	6.6	10.1	10.5	1.3	12.3	-
20 - 40	1.1	52	1.24	6.7	10.1	10.5	0.9	7.6	-
Quinceo									
0 - 20	3.9	88	1.27	6.5	10.9	11.5	3.3	25.0	-
20 - 40	4.7	88	1.22	6.7	10.9	11.4	2.9	28.0	-
Arantepacua									
0 - 20	2.6	73	1.21	5.7	10.9	11.1	2.4	14.2	-
20 - 40	2.6	71	1.08	6.3	10.4	11.0	3.5	14.3	-
Sevina									
0 - 20	5.8	97	0.85	5.8	11.8	12.0	10.3	30.1	-
20 - 40	6.6	98	0.75	6.4	12.0	12.2	11.0	33.6	-
San Juan Tumbio									
0 - 20	2.4	82	1.04	6.0	10.6	11.0	2.7	13.0	-
20 - 40	2.4	85	1.04	6.2	10.7	11.0	2.8	13.3	-
Lázaro Cárdenas									
0 - 20	3.4	95	0.91	6.1	11.0	11.5	4.0	20.0	-
20 - 40	2.9	93	0.91	6.5	11.1	11.6	4.1	17.0	-
San Gregorio									
0 - 20	6.6	98	0.80	5.8	12.1	12.3	15.6	33.5	+/-
20 - 40	6.6	99	0.77	6.3	12.1	12.3	16.7	37.8	+/-
Paso del Muerto									
0 - 20	8.4	98	0.82	5.5	11.9	12.2	15.4	44.7	+/-
20 - 40	8.2	99	0.96	5.5	12.1	12.4	15.2	42.2	+/-

1 El alofán dc^b se estimó calculando el porcentaje de SiO₂ y sumando el 21% de su valor, adicionándole los porcentajes de Al₂O₃ y de Fe₂O₃.

2 El alofán o-p se obtuvo sumando al porcentaje de Al₂O₃ (donde el Al se obtuvo del % Al₀ - % Al_p), el porcentaje de SiO₂ (% Si₀), más un 30% de agua.

3 El signo negativo indica que hubo metacromosis lo que significa la ausencia de alofán emogolita. El signo +/- indica que la prueba no fue conclusiva, que la intensidad del color del azul de toluidina disminuyó en gran medida.

Cuadro 2. Resultados de nitrógeno total, materia orgánica, y las fracciones inorgánicas de un transecto de la Sierra Tarasca, Michoacán, México.

Profundidad	Nitrógeno total (< 1.68 mm)	% Materia Orgánica	N-NH ₃ Fijado p.p.m.		N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ interc.	N-NO ₂ ⁻	Nitrógeno inorgánico
cm					%			
Zacán								
0 - 20	0.05	1.5	304.0	38.1	27.41	9.34	0.2	4.62
20 - 40	0.08	2.4	253.3	22.6	31.04	11.95	0.2	3.86
San Felipe								
0 - 20	0.16	4.1	272.7	14.0	30.86	13.26	0.1	2.27
20 - 40	0.16	4.4	296.6	15.0	26.79	15.65	0.1	2.15
Pomacuarán								
0 - 20	0.04	0.9	368.5	45.2	28.83	24.52	0.1	6.52
20 - 40	0.03	0.9	305.8	52.6	22.58	19.61	0.4	7.34
Quinceo								
0 - 20	0.07	2.7	261.6	26.1	13.75	15.72	0.1	2.96
20 - 40	0.06	2.4	257.9	27.6	17.69	20.52	0.2	4.13
Arantepacua								
0 - 20	0.12	2.9	313.2	20.24	150.76	19.04	0.1	10.62
20 - 40	0.11	2.9	283.7	20.00	27.51	12.09	0.1	2.80
Sevina								
0 - 20	0.34	10.1	298.5	8.10	44.98	29.18	0.2	2.01
20 - 40	0.36	10.4	261.6	6.70	17.99	24.70	0.1	1.10
San Juan Tumbío								
0 - 20	0.16	4.1	233.3	12.8	32.60	21.73	0.2	2.98
20 - 40	0.12	3.4	289.3	18.8	13.23	25.26	0.2	2.51
Lázaro Cárdenas								
0 - 20	0.15	3.8	313.2	17.10	25.79	18.95	0.2	2.44
20 - 40	0.12	3.8	282.8	18.70	20.40	13.60	0.4	2.28
San Gregorio								
0 - 20	0.52	15.4	324.3	5.90	34.53	28.04	0.2	1.13
20 - 40	0.42	13.0	283.7	6.20	30.26	24.86	0.2	1.22
Paso del Muerto								
0 - 20	0.63	13.7	331.6	4.90	66.69	28.43	0.1	1.42
20 - 40	0.60	15.2	285.6	4.70	40.59	19.25	0.3	0.99

cas hechas con las fracciones arena y limo grueso de estos suelos, pero este aspecto no se discute aquí.

El porcentaje de N total se asoció en alto grado con todas las formas de aluminio extractable, de alo-

fán_{deb} y el alofán_{o-p}. Esta es una asociación indirecta debido a que la M.O. y el N total, se encuentran íntimamente relacionados ($r = 0.98$) y en estos suelos es la primera la que se halla unida al alofán.

Cuadro 3. Índices de correlación entre la materia orgánica, nitrógeno total y la fracción inorgánica de N y las diversas formas de Al extractado y alofán, en suelos de la Meseta Tarasca, Michoacán, México.

Determinación química	Al inter. CH ₃ COONH ₄	Al _o	Alp	Al _{dcb}	Al _{dcbp}	Alofán _{dcb}	Alofán _{o-p}
	r						
M Orgánica	0.86*	0.91*	0.98*	0.96*	0.90*	0.98*	0.88*
N Total	0.80*	0.91*	0.96*	0.94*	0.89*	0.96*	0.88*
N-NO ₃	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N-NH ₄ interc	0.52	0.62	0.60	0.55	0.62	0.61	0.58
N-NH ₄ fijado	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

El N-NH₄⁺ fijado en la primera profundidad (0 a 20 cm) varió de 233 a 369 ppm y en la segunda (20 a 40 cm) de 258 a 305 ppm. Las diferencias entre ambos estratos no fueron de mayor importancia. Los valores de N-NH₄⁺ fijado obtenidos en el presente experimento son mayores que aquellos encontrados por Velázquez (33) para los suelos de la misma zona, pero concuerda con los de Young y Aldag (35) para suelos colombianos de origen volcánico. El N-NH₄⁺ fijado fue relativamente constante en los distintos suelos, lo cual también significa que su variación con respecto al porcentaje de N total, al contenido de arcillas y a otras características que confieren el carácter ándico de los suelos —tales como el contenido de Al o el porcentaje de alofán— no fue significativa. Ello hace suponer que el método empleado no cuantificó adecuadamente la cantidad real del N-NH₄⁺ fijado en el suelo. La magnitud de esta fracción, así como la naturaleza de la fijación y los métodos analíticos para su determinación, merecen mayor atención.

La mayor contribución a la fracción inorgánica la hizo el N-NO₃⁻. Generalmente, la concentración de este ión fue mayor que la de N-NH₄⁺ intercambiable. Este comportamiento es normal y señala que la microflora funciona adecuadamente. Las concentraciones de N-NO₃⁻ en las profundidades 0 a 20 y 20 a 40 cm, variaron de 14 a 151 de 13 a 41 ppm, respectivamente. Las concentraciones de este ión se consideran como muy altas, comparadas con las observadas en otros suelos (22). El hecho que los resultados de esta prueba no se correlacionen con otros parámetros, tales como N total, sugiere la independencia de estos dos factores. El N inorgánico (N-NO₃⁻ + N-NH₄⁺) de los suelos del transecto estudiado alcanzó valores muy superiores a los esperados.

Las concentraciones máximas de N-NH₄⁺ se observaron en los sitios de Sevina, San Gregorio y Paso del Muerto que son los suelos con características ándicas más pronunciadas, con mayor proporción de alofán

y humedad residual, después de secados al aire. Las concentraciones de N-NH₄⁺ determinadas en estos suelos se consideran elevadas y no existe una explicación evidente para este hecho. En contraste con la concentración de N-NH₄⁺ y de N-NO₃⁻ soluble la de N-NO₂⁻ fue menor a 1 ppm en todos los suelos; dada su poca importancia no será discutida. Sin embargo, este valor señala que el proceso de la nitrificación es bastante activo, porque, de no ser así, se produciría una acumulación de este ión.

Las muestras de suelo empleadas para la determinación de N-inorgánico soluble e intercambiable (N-NH₄⁺, N-NO₂⁻ y N-NO₃⁻) fueron obtenidas durante la estación seca (invierno), cuando sus contenidos de humedad eran relativamente bajos. Con objeto de uniformar estos valores los suelos se secaron al aire. Debido al bajo contenido inicial de agua, se supuso que los cambios que ocurrieron debido al proceso de secado, fueron mínimos. En consecuencia, los valores de las diversas fracciones de N inorgánico deberían ser similares a las que se encontrarían en el suelo al final de la estación seca, aún cuando, Bernardi *et al.* (4) encontraron que la concentración de N inorgánico en suelos de Ando se incrementaba sustancialmente con el tiempo, después del muestreo. Ello podría deberse a que estos suelos retienen, aún después de secos al aire, porcentajes de humedad relativamente altos lo cual puede permitir la continuación de la mineralización de la M.O. y al hecho de que, al secarse un suelo, aumenta la fracción de N mineralizable. El porcentaje de N inorgánico con respecto al del N total (orgánico + inorgánico) varió para la primera profundidad de 1.1 a 10.6% y la segunda de 1.0 a 7.3%. Estos niveles deberían ser suficientes para abastecer las necesidades de las plantas, lo cual aparentemente no ocurre. Posiblemente, los métodos empleados no fueron lo suficientemente exactos para medir las concentraciones de estos iones o alternativamente el N inorgánico, inicialmente presente en el perfil, se pierde por medio de

algún mecanismo antes que la planta pueda aprovecharlo, lo cual debería ser motivo de otra investigación.

En el Cuadro 4 se presentan las concentraciones de N de las diversas fracciones orgánicas y en el Cuadro 5 la asociación de éstas con diversas formas de Al y alofán, respectivamente

Los porcentajes de N orgánico variaron desde 0.043 y 0.026% (primera y segunda profundidad) en el sitio de Pomacuarán, hasta 0.63 y 0.57 para idénticos estratos en Paso del Muerto. En general, el porcentaje de N orgánico en el primer estrato fue mayor o igual que en el segundo. Según Fassbender (14), la fracción orgánica de N varía comúnmente del 85 al 95% del N total, pero, en los suelos del presente trabajo, ella constituyó entre el 50 y el 94% de éste. La primera cifra ocurrió en Pomacuarán el cual demostró ser un sitio atípico desde el punto de vista de sus propiedades ándicas, en tanto que el otro extremo se presentó en el sitio Paso del Muerto, un Andisol típico. Los sitios que presentaron más del 90% del N total en forma orgánica (Sevina, Paso del Muerto y San Gregorio) también tuvieron los más altos porcentajes de alofán, lo que sugiere que este mineral impide de alguna manera la mineralización de la M.O. que contiene el N. En general, se puede decir que la proporción de N orgánico en los sitios más cercanos al volcán es menor que la observada en los otros suelos. Esto significaría que la fracción inorgánica en estos lugares es relativamente más abundante, particularmente el N-NH_4^+ fijado. Esta fracción requiere de mayor estudio en los suelos de ando con problemas de abastecimiento de N para las plantas

El porcentaje de nitrógeno total hidrolizable (NTH) representa la fracción de N que es susceptible de ser mineralizada, por lo que es importante conocer su magnitud. Esta fracción en los suelos estudiados varió de 0.012 a 0.155%. En seis de los 10 sitios, el porcentaje de NTH fue mayor en los suelos superficiales. Los valores más altos (0.124 a 0.155%) se encontraron en los sitios de Sevina, Paso del Muerto y San Gregorio. La fracción del NTH varió respecto del N total de 20 a 41% para la primera profundidad y 22 a 38% para la segunda. El porcentaje de NTH es el parámetro que se asoció más estrechamente con los porcentajes de M.O. con algunas formas de Al extractable y con el alofán_{dc} y alofán_{o-p}.

El nitrógeno insoluble en ácido (NIA) se considera como una fracción no mineralizable de este elemento, por lo que difícilmente las plantas podrían disponer de ella. El porcentaje de NIA varió de 0.014 a 0.50% lo que representó entre un 23 y un 75% de N total. En los sitios Paso del Muerto, Sevina y San Gre-

gorio, es decir los que presentaron fuertes características ándicas se observaron las proporciones más altas de NIA (57 a 75%), lo cual concuerda con las observaciones hechas por Dalag (9, 10), quien señala que los porcentajes de NIA en suelos de origen volcánico son mayores que en los suelos de otro origen. Los porcentajes de NIA respecto del N total encontrados en este trabajo parecen inusualmente altos si se comparan con los encontrados por Stevenson (29), los cuales son del orden del 20 al 35%. El porcentaje de NIA se correlacionó estrechamente con el porcentaje de alofán_{dc} ($r = 0.82$) y alofán_{o-p} ($r = 0.72$). Esta asociación probablemente está relacionada con la baja tasa de mineralización que se le atribuye a estos suelos (28) y requiere de mayores estudios

Los porcentajes de N-NH_3 variaron para la primera profundidad (0 a 20 cm) de 0.008 a 0.038% y para la segunda (20 a 40 cm) de 0.007 a 0.041%, observándose los más altos en San Gregorio, Paso del Muerto y Sevina. Los porcentajes de N-NH_3 con respecto al del N total, en la primera profundidad (0 a 20 cm) variaron de 5 a 15% y en la segunda (20 a 40 cm) de 6 al 12%. Aparentemente estos valores son bajos comparados con las estimaciones presentadas por Stevenson (29) que alcanzan del 20 al 30% para suelos superficiales. Según Dalag (9, 10), el N-NH_3 es más cuantioso en suelos derivados de origen volcánico que en aquéllos que no lo son. La concentración de N-NH_3 se correlacionó significativamente con el porcentaje de M.O., con el N total, con las fracciones de Al extractable y con el alofán_{o-p} y _{dc}. El N-NH_3 puede ser mineralizado por los microorganismos y ello explicaría el por qué presentó valores bajos

El N-aminoácido también forma parte de la fracción hidrolizable y se encuentra en estos suelos en concentraciones del 0.002 al 0.043%, para la primera profundidad (0 a 20 cm), mientras que para la segunda (20 a 40 cm), los valores oscilaron desde 0.002 a 0.032%. Los porcentajes de N-aminoácidos con respecto al N total fueron del 3 al 10% para la primera profundidad (0-20 cm) y del 2 al 8% para la segunda (20-40 cm). Los porcentajes de N-aminoácidos se correlacionaron significativamente con los porcentajes de M.O., de N total, con las diversas fracciones de Al extractable y con el alofán_{dc} y _{o-p}.

El N-aminoazúcares contribuye a la fracción hidrolizable, aunque en un pequeño porcentaje, debido tal vez, a que son ampliamente preferidas por la microflora. Los porcentajes de N-aminoazúcares presentes en la primera profundidad (0 a 20 cm) variaron de menos de 0.001% a 0.009% y en la segunda de menos del 0.001% a 0.004%. Los porcentajes de N-aminoazúcares respecto al de N total fueron desde menos de 1% al 6%. Estos valores no se asociaron significativa-

Cuadro 4. Fracciones orgánicas del nitrógeno en suelos derivados de cenizas volcánicas de la Sierra Tarasca, Michoacán, México.

Profundidad cm	N Total	N-Hidrolizable				N N D	NIA N insoluble	N orgánico cofracción del total
		NTH	N-NH ₃	N-aminácidos	N-aminoazúcares			
					%			
Zacan								
0 - 20	0.080	0.029 (36)	0.012 (15)	0.005 (7)	0.003 (6)	0.009 (11)	0.019 (24)	60
20 - 40	0.112	0.042 (38)	0.011 (10)	0.004 (4)	<0.001 (4)	0.026 (23)	0.040 (36)	73
San Felipe								
0 - 20	0.195	0.051 (26)	0.015 (8)	0.006 (3)	0.003 (2)	0.026 (13)	0.112 (57)	83
20 - 40	0.198	0.057 (29)	0.016 (8)	0.005 (2)	0.002 (<1)	0.035 (18)	0.106 (54)	83
Pomacuarán								
0 - 20	0.082	0.020 (24)	0.008 (10)	0.002 (3)	0.003 (4)	0.007 (8)	0.023 (28)	52
20 - 40	0.058	0.012 (24)	0.007 (12)	0.002 (3)	0.002 (4)	0.002 (3)	0.014 (23)	45
Quinceo								
0 - 20	0.100	0.041 (41)	0.013 (13)	0.010 (10)	<0.001 (<1)	0.019 (19)	0.029 (29)	71
20 - 40	0.093	0.036 (38)	0.012 (13)	0.007 (8)	0.003 (3)	0.014 (15)	0.028 (30)	68
Arantepecua								
0 - 20	0.160	0.042 (27)	0.014 (9)	0.005 (3)	<0.001 (<1)	0.023 (15)	0.078 (50)	77
20 - 40	0.142	0.037 (26)	0.012 (8)	0.004 (3)	<0.001 (<1)	0.021 (15)	0.072 (51)	77
Sevina								
0 - 20	0.369	0.125 (34)	0.022 (6)	0.009 (3)	0.009 (3)	0.084 (23)	0.212 (57)	91
20 - 40	0.390	0.124 (32)	0.030 (8)	0.017 (4)	0.004 (1)	0.073 (19)	0.230 (61)	93
San Juan Tumbio								
0 - 20	0.183	0.046 (25)	0.021 (11)	0.011 (6)	<0.001 (<1)	0.013 (7)	0.112 (61)	86
20 - 40	0.154	0.046 (30)	0.014 (9)	0.010 (7)	0.002 (1)	0.019 (13)	0.075 (49)	80
Lázaro Cárdenas								
0 - 20	0.184	0.050 (28)	0.015 (8)	0.007 (4)	<0.001 (<1)	0.028 (15)	0.043 (52)	79
20 - 40	0.151	0.095 (29)	0.013 (9)	0.007 (5)	<0.001 (<1)	0.023 (15)	0.075 (50)	78
San Gregorio								
0 - 20	0.554	0.155 (28)	0.038 (7)	0.043 (8)	0.005 (1)	0.068 (12)	0.361 (65)	93
20 - 40	0.454	0.134 (30)	0.029 (6)	0.032 (7)	<0.001 (<1)	0.072 (16)	0.286 (63)	93
Paso del Muerto								
0 - 20	0.670	0.131 (20)	0.035 (5)	0.002 (3)	0.003 (<1)	0.071 (10)	0.500 (75)	94
20 - 40	0.606	0.155 (26)	0.041 (7)	0.004 (8)	0.002 (<1)	0.067 (11)	0.417 (69)	94

1. Calculado a partir de la sumatoria de los porcentajes de N⁺H, NIA y nitrógeno inorgánico.

2. Los valores entre paréntesis son los porcentajes respecto de nitrógeno total.

3. Porcentajes de N-orgánico respecto de N-total, es igual a la sumatoria del N⁺H más NIA

Cuadro 5. Coeficientes de correlación entre las fracciones orgánicas de Al extractable y el alofán en suelos de la Sierra Tarasca, Michoacán, México.

Fracción Orgánica	Al							
	NTH	CH ₃ COONH ₄	Al _o	Al _p	Al _{dcb}	Al _{dcb-p}	Alofán _{dcb}	Alofán _{o-p}
	r							
NTH	—	0.854*	0.913*	0.972*	0.951*	0.886*	0.972*	0.883*
NIA	0.858*	0.673*	0.753*	0.855*	0.835*	0.783*	0.816*	0.719*
N-NH ₃	0.956*	0.829*	0.893*	0.947*	0.916*	0.847*	0.938*	0.855*
N-aminoazúcares	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N-aminoácidos	0.876*	0.872*	0.810*	0.987*	0.882*	0.84 *	0.593*	0.789*
NND	0.934*	0.767*	0.876*	0.891*	0.899*	0.808*	0.912*	0.847*

NS = No significativo.

* = < 0.01

mente con ningún otro parámetro debido probablemente a que ellos fluctuaron en un rango muy estrecho.

Los porcentajes estimados del nitrógeno hidrolizable de naturaleza desconocida (NND) variaron para la primera profundidad (0 a 20 cm) de 0.007 a 0.084% y para la segunda (20 a 40 cm) de 0.002 a 0.073%. Los valores más altos se observaron en Sevina, Paso del Muerto y San Gregorio. Los porcentajes de NND con referencia a los de N total fueron, para la primera profundidad, de 7.3 a 22.9% y en la segunda de 2.9 a 23.2%. En algunos sitios los porcentajes fueron ligeramente mayores al 20%, lo cual coincide con las estimaciones sugeridas por Stevenson (29). El porcentaje de NND se correlacionó estrechamente con los porcentajes de M.O., N total, con las diversas fracciones de Al extractable y con el alofán_{dcb} y o-p.

CONCLUSIONES

La mayoría de los suelos de un transecto de aproximadamente 80 km de longitud, ubicado en la Sierra Tarasca, Michoacán, México, presentó características ándicas y por lo tanto, puede ser considerado como Andisoles. La intensidad de las propiedades ándicas aumentó con la distancia al volcán.

El porcentaje de N total varió de 0.03 a 0.63%, exhibiendo diferencias entre la primera (0 a 20 cm) y la segunda (20 a 40 cm) profundidad. Siete de los 10 suelos presentaron porcentajes de N mayores de 0.11%. En general, los porcentajes de N fueron mayores en aquellos suelos con propiedades ándicas más intensas.

La fracción inorgánica (N-NO₃⁻, N-NO₂ y N-NH₄⁺ intercambiable), la cual representa el N inmediatamente disponible, se encontró en niveles considerados suficientes (11 a 16.4% del nitrógeno total) y debería abastecer las necesidades de N de las plantas.

El N-NH₄⁺ fijado representa una proporción importante del N total (5 a 53%) y se considera que debe ser estudiada en mayor detalle ya que constituye una forma de competencia para las plantas y los microorganismos.

La estrecha asociación que se observa entre los porcentajes de alofán y los de M.O., N total y sus fracciones, sugieren la existencia de complejos de gran estabilidad entre ellos y requieren de mayor atención.

La fracción orgánica mineralizable a largo plazo corresponde al nitrógeno total hidrolizable y varió de 20 a 41% con respecto al N total. Los porcentajes más altos se presentaron en los sitios con características ándicas más intensas.

El N orgánico constituyó del 50 al 94% del N total. Los sitios con mayor contenido de alofán presentaron más del 90% de su N total en forma orgánica.

El N insoluble en ácido es la fracción más cuantiosa y no mineralizable; varió del 23 al 75% respecto del N total. Los valores altos se presentaron en los sitios con características ándicas más intensas. Este parámetro se asoció estrechamente con los porcentajes de alofán y esto se relacionaría con la baja tasa de mineralización que exhibirían estos suelos.

LITERATURA CITADA

1. AGUILERA H., N. 1961. Suelos de Ando: Génesis, Morfología y Clasificación ENA/CP. Chapingo, México (Serie de Investigación no 6).
2. AGUILERA H., N. 1969. Distribución geográfica y características de los suelos derivados de cenizas volcánicas de México. In Primer Panel sobre Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas de América Latina. Turrialba, Costa Rica.
3. AOMINE, S.; JACKSON, M.L. 1959. Allophanic determination in Ando soil by cation exchange capacity delta value. Soil Science Society Proceeding 14:210-214.
4. BERNARDI, C.; SAN MARTIN, E.; MELENDEZ, E.; AOMINE, S. 1973. Nitrogen and organic matter of volcanic ash soils of Santa Barbara association in Chile. Soil Science Plant Nutrition 19:139-146.
5. BLAKEMORE, L.C.; SEARLE, P.L.; DALY, B.K. 1977. Soil Bureau Laboratory Methods: A method for chemical analysis of soils. New Zealand Soil Bureau Sci. Rep.
6. BREMNER, J.M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. In Methods of soil analysis. Ed by C.A. Black *et al* Part 2 Agronomy 9:1179-1237.
7. BREMNER, J.M. 1967. Nitrogenous compounds. In Soil biochemistry. Ed by A.D. McLean; G.H. Peterson New York. Marcel Dekker.
8. CERVANTES R., G. 1965. Génesis y clasificación de algunos suelos en la Meseta Tarasca, Edo de Michoacán, Chapingo, México. Colegio de Postgraduados (Tesis de Maestría).
9. DALAY, R.C. 1978a. Distribution of organic nitrogen in organic volcanic and nonvolcanic tropical soils. Soil Science 125:178-180.
10. DALAY, R.C. 1978b. The nature and distribution of soil nitrogen in tropical soils. Tropical Agriculture 55:369-376.
11. ETCHEVERS, B.; J.D.; CRUZ H., L.; HIDALGO M., C. 1985a. Criterios analíticos para la clasificación del nuevo orden Andisoles. In Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo (18., La Paz, Baja California). Resúmenes. La Paz, Baja California.
12. ETCHEVERS, B.; J.D.; HIDALGO M., C. 1985b. Determinación de la densidad aparente en suelos de ando. In Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo (18., La Paz, Baja California). Resúmenes. La Paz, Baja California.
13. ETCHEVERS B.; J.D.; IRINIDAD S., A.; GUERRERO N., S.; PEREZ G., A.; GARCIA L.D.; MORFIN R., G. 1985c. Levantamiento nutricional del maíz en suelos de la Sierra Tarasca de Michoacán. Agrociencia 60:143-154.
14. FASSBENDER, W.H. 1984. Química de suelos. San José, Costa Rica, IICA.
15. FIELDS, M.; PERROIS K., W. 1966. The nature of allophane in soils. III. Rapid test for laboratory and field for allophane. New Zealand Jour. Sci. 9:623-629.
16. KUBOTA, T. 1972. Formation of aggregate of allophanic soils. Effect of drying on the dispersion of the soils. Soil Science and Plant Nutrition 18:79-87.
17. LEAMY, M.L. 1984. ICOMAND. New Zealand. Soil Bureau, DSIR, Lower Hut. Circular letter no. 6.
18. LEAMY, M.L. 1984. ICOMAND. New Zealand, Soil Bureau, DSIR, Lower Hut. Circular letter no. 7.
19. McLEAN, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. In Methods of soil analysis and microbiological properties. Ed by A.L. Page. Madison, Wisconsin USA p. 1988-224.
20. MIKAMI, D.I.; KANEHIRO, Y. 1968. Native fixed ammonium in Hawaiian soils. Soil Science Society of America Proceedings 32:481-485.
21. MONCADA DE LA F., J. 1960. Estudio fisicoquímico de algunos suelos de origen volcánico del Edo. de Michoacán, México. Tesis de Maestría. Chapingo, México. Colegio de Postgraduados.
22. ORTEGA T., E. 1981. Química de suelos. Chapingo, México UACH.
23. RUSSELL, M.; PARFITT, R.; CLARIDGE, G.G. 1981. Estimation of the amounts of allophane and other materials in the clay fraction of an Egmont Loam protile and other volcanic ash soils. Australian Journal of Soil Research 19:185-195.
24. SAS INSTITUTE. 1982. SAS user's guide. Raleigh N.C.
25. SILVA J.A.; BREMNER, J.M. 1966. Determination and isotope - ratio analysis of different forms nitrogen in soils. 5. Fixed ammonium. Soil Science Society of America Proceedings 30:587-594.
26. SMITH, S.J.; YOUNG, L.B. 1975. Distribution of nitrogen forms in virgin and cultivated soils. Soil Science 120:354-360.
27. SOIL CONSERVATION Service. 1973. USDA. Investigación de suelos. Trad. al español por A. Contin. Editorial Trillas, México, D.F.
28. SOWDEN, F.J.; GRIFFITH, M.; SCHNITZER, M. 1976. The distribution of nitrogen in some highly organic volcanic soils. Soil Biology and Biochemistry 8:55-60.
29. STEVENSON, F.J. 1982. Organic forms of soil nitrogen. In Nitrogen in agricultural soil. Ed. by F. Stevenson. Madison Wisconsin USA p. 67-122.
30. WADA, K.; GUNJIGAKE, N. 1979. Active aluminum and iron and phosphate adsorption in Ando soils. Soil Science 128:331-336.

31. WADA, K.; HIGASHI, T. 1976 The categories of aluminum and iron humus complexes in Ando soils determined by selective dissolution. *Journal Soil of Science* 27:357-368.
32. WADA, K.; KAKUTO, Y. 1985. A spot test with toluidine blue for allophane and imogolite. *Soil Science Society of America Journal* 49:276-278.
33. VELAZQUEZ H., A. 1971. Determinación de NH_4^+ no intercambiable y la capacidad de fijación de NH_4^+ en distintos suelos de México. Tesis de Maestría. Chapingo, México. Colegio de Postgraduados.
34. WALLACE, R.C.; STEWART, R.B.; NEALL, V.E. 1985. Volcanic glass field laboratory test. Massey University. Department of Soil Science. Occasional Report no. 7)
35. YOUNG, J.L.; ALDAG, R.W. 1982. Inorganic forms of nitrogen in soil. In *Nitrogen in agricultural soil*. Ed. by F.J., Stevenson. Madison, Wisconsin, USA. p. 43-66.

Notas y Comentarios

Premio Nobel de Química de 1987

El Premio Nobel de Química de 1987 fue concedido a dos estadounidenses, Charles Pedersen y Donald Cram, y a un francés, Jean-Marie Lehn. El galardón honra sus contribuciones al estudio del reconocimiento molecular, conocido como la química "hospedante - huésped" ("host-guest").

Los químicos comprenden ahora, por ejemplo, cómo una molécula grande, tal como una proteína, puede reconocer y reaccionar selectivamente con otra. El reconocimiento molecular ha permitido a los biólogos comprender cómo los antígenos conocen a sus anticuerpos. Usando los mismos principios, los químicos están diseñando nuevos sensores químicos para detectar metales específicos y sustancias letales en el ambiente.

En medicina, el reconocimiento molecular está conduciendo a nuevos sistemas de aplicar drogas a órganos y tejidos específicos. Y los químicos pueden producir pequeñas moléculas que realizan las mismas reacciones altamente selectivas que las enzimas. El futuro puede ser aún más excitante.

El concepto del reconocimiento molecular se remonta en el tiempo a un descubrimiento casual hecho por Charles Pedersen, hace 25 años. Pedersen, quien tiene ahora 84 años y está retirado, nació en Corea, de padres noruegos. Mientras trabajaba como investigador químico para Du Pont, en Wilmington, Delaware, hizo un descubrimiento por pura casualidad. En una de sus reacciones, usó algún material inicial que estaba contaminado. Como resultado, obtuvo una pequeña cantidad de un subproducto conjuntamente con el principal compuesto que estaba elaborando.

Siendo un químico cuidadoso, no arrojó el subproducto por el desague, sino que decidió examinarlo

Encontró que el compuesto tenía una estructura no usual . . . un anillo de 12 carbonos y seis oxígenos, con dos átomos de carbón entre cada oxígeno. Cuando Pedersen se dispuso a estudiar sus propiedades, había una sorpresa esperándolo.

La soda caústica no se disuelve en disolventes orgánicos, tales como el éter o la bencina. Sin embargo, cuando Pedersen agregó su nuevo subproducto al disolvente orgánico, la soda caústica desapareció gradualmente en la solución. En consecuencia, ¿qué estaba haciendo el nuevo compuesto de Pedersen?

El compuesto de Pedersen se disuelve en disolventes orgánicos y tiene además seis átomos de oxígeno que rodean a un ion de sodio en la misma forma débil como seis moléculas de agua. El políeter toma entonces una forma de corona. Por esta razón, Pedersen llamó a su subproducto un "éter corona". El nombre químico es 18-corona-6, o 18C6, debido a que tiene 18 átomos en su anillo, seis de los cuales son de oxígeno. La Du Pont retuvo los resultados de Pedersen por cuatro años mientras la compañía obtenía las patentes necesarias. En 1962, la Du Pont permitió a Pedersen publicar los resultados.

Una de las primeras tareas para los éteres corona fue la de persuadir a los iones metálicos, como el sodio y el potasio, a entrar en solución en disolventes orgánicos partiendo de soluciones acuosas. Ciertas reacciones químicas dependen de estos iones metálicos para funcionar. Algunas de estas reacciones ocurren solamente en un disolvente orgánico y el transferir los iones metálicos de una fase acuosa a una fase orgánica puede ser un problema. Los éteres corona resolvieron aquel problema de ayudar a los iones metálicos a cambiar de fase.

Los químicos pueden ahora armar éteres corona a la medida, a partir de varios tamaños de iones metáli-

cos. Se seleccionan éteres corona especiales para separar mezclas de metales, útiles para recuperar metales valiosos. O se puede encajar un éter metálico en un circuito eléctrico, con un electrodo, y se tiene entonces un detector de iones metálicos específicos.

La manera como los iones metálicos se unen a los éteres corona ha ayudado a los bioquímicos a comprender la acción de los antibióticos, tales como la valinomicina, y la forma como las células transportan iones amantes del agua, como los de sodio y potasio, a través de sus membranas celulares, que odian el agua. Una idea es que agrupaciones similares a los éteres corona abran canales en una membrana celular, a través de los cuales pueden pasar los iones metálicos.

Los éteres corona no sólo reciben metales en sus huecos centrales sino que pueden acomodar moléculas enteras si la cavidad es del tamaño y geometría correctos. Aquí es donde entra Donald Cram.

Cram, ahora de 69 años, es profesor de química en la Universidad de California, en Los Angeles. En la época en que Pedersen estaba descubriendo los éteres corona, él también era un consultor de Du Pont. Se cuenta que Cram estuvo tan impresionado por los descubrimientos de Pedersen, que pasó 48 horas sin dormir, jugando con modelos de moléculas en un juguete "Lego kit", armando éteres corona y visitando su laboratorio, por momentos, en sólo levantara y pijamas. Cram se dio cuenta de que uno puede hacer éteres corona modificados que reconociesen las diferencias entre imágenes de espejo de moléculas que, en todos los otros aspectos, eran indistinguibles; en otras palabras, moléculas quirales (del griego "Kheir", mano, debido a que nuestras manos son imágenes de espejo una de otra). Esto es precisamente lo que las enzimas hacen. Es en este momento uno de los campos más calientes en la química orgánica. Imitar la selectividad de las enzimas y la producción de sustancias químicas importantes, tales como fármacos, plaguicidas y fungicidas quirales, se volverá rutinaria y actividad altamente lucrativa.

De la noche a la mañana, Cram dirigió completamente los esfuerzos de su grupo de investigación a producir éteres corona modificados. Para 1973, los primeros artículos estaban fluyendo de su laboratorio. Su primer éxito fue hacer éteres corona que pudieran distinguir aminoácidos quirales. Fue Cram también el que le dio al reconocimiento molecular el nombre de química de "hospedante-huésped". El término encierra las ideas de Cram sobre el reconocimiento molecular: moléculas como los éteres corona,

son "hospedantes" y los iones metálicos y las moléculas que ellos acomodan son los "huéspedes".

Posteriormente, Cram diseñó y sintetizó nuevos tipos de moléculas hospedantes que eran como esferas y hemisferios huecos. No nos sorprende que los llamara "esferandos" y "hemisferandos". Estos reconocen y sujetan a los huéspedes más fuerte y selectivamente que los éteres corona.

Irónicamente, fue la conexión Du Pont la que condujo a la primera contribución importante de Jean-Marie Lehn al estudio del reconocimiento molecular. En 1967, se dio cuenta de la importancia del trabajo de Pedersen. Pero, Lehn también sabía del trabajo de investigación separada que realizaba una sección diferente de Du Pont y percibió la posibilidad de una unión de dos ideas que provenían de la misma compañía.

Lehn metió los dimensionales éteres corona de Pedersen dentro de la tercera dimensión. Reemplazando dos átomos de oxígeno del éter corona original con átomos de nitrógeno, Lehn pudo agregar un segundo anillo polieter para tener un "criptando" bicíclico. Estos atan a los cationes metálicos más selectivamente que los éteres corona.

Lehn pudo construir moléculas hospedantes que específicamente reconocen sustancias biológicamente activas, tales como la neurotransmisora acetilcolina. Los más entusiastas químicos que están trabajando en esta parte de la ciencia piensan que el reconocimiento molecular llevará a la química más allá de la molécula, hacia la biología, la ciencia de los materiales y a nuevos sistemas electrónicos basados en moléculas orgánicas simples.

Es digno de observar que existe cierta relación entre los tres premios Nobel de ciencias naturales de 1987. Primero, el de Medicina, de Susuma Tonegawa (Cf. *Turrialba* 37(3)) constituye, en cierto modo, un caso de reconocimiento de microbios por moléculas de anticuerpos. El mecanismo de este proceso biológico no está claro todavía, pero uno no puede dejar de pensar que el trabajo realizado por los tres laureados de Química puede arrojar un poco de luz. Segundo, así como los métodos descritos por los premiados en Química han despertado interés en la industria, la que está financiando buena parte de los grupos que están desarrollando nuevos éteres corona, así los descubrimientos recientes de los ganadores del premio de Física (Cf. *Turrialba* 37(3)) ya están movilizándolo a la industria para producir sustancias superconductoras no metálicas que funcionan a temperaturas cada vez más alejadas del costosísimo cero absoluto. A.G.

Interação entre Diferentes Tipos de Solo e Fungos Micorrízicos Vesículo—Arbusculares na Produção de Mudanças de Café (*Coffea arabica*, L.)¹

V. Antunes*, A. P. Silveira*, E. J. Cardoso*

ABSTRACT

An experiment was conducted under greenhouse conditions to evaluate the effect of different soil types and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the development of coffee-tree seedlings. The experiment had a factorial design and consisted of three sterilized soils (a quartz sand, a dark red latosol and a "Terra Roxa") and four VAM fungi (*Glomus macrocarpum*, *Glomus leptotichum*, *Gigaspora heterogama* and *Gigaspora margarita*). The plants were harvested six months after transplanting. It could be observed that *G. margarita* and *G. leptotichum*, in this sequence, promoted a better growth of the plants and higher absorption of P and K on the two first soils. On the quartz sand neither one of the VAM fungi had a beneficial effect on the plants. The amount of available phosphorus in the soils did not affect mycorrhizal root colonization, although it did influence the efficiency of the symbiosis.

INTRODUÇÃO

A pesar da cultura do café ser uma grande geradora, de divisas para o Brasil, a qualidade das mudas produzidas, segundo levantamento realizado por Lopes *et al.* (8), é bastante precária.

A importância das associações micorrízicas vesículo-arbusculares em promover um maior desenvolvimento das plantas é bem conhecida, porém poucos estudos têm sido realizados com café. No Brasil, tal simbiose em café foi descrita pela primeira vez por Cardoso (3), sendo posteriormente estudada por Lopes *et al.* (7).

Nos estudos sobre associação micorrízica deve ser levada em consideração a importância do trinómio solo fungo — planta, uma vez que o tipo de solo pode alterar a eficiência do processo (4, 10, 13).

Assim sendo, realizou-se o presente experimento com o objetivo de se avaliar o efeito de diferentes solos e fungos micorrízicos VA na produção de mudas de café.

RESUMO

Com o objetivo de se avaliar o efeito de diferentes solos e fungos micorrízicos VA na obtenção de mudas de café (cv Mundo Novo), instalou-se um experimento em casa de vegetação, empregando-se os solos: Areia Quartzosa (AQ), Latossol Vermelho Escuro (LVE) e Terra Roxa Estruturada (TRE) esterilizados, e os fungos: *Glomus macrocarpum*, *Glomus leptotichum*, *Gigaspora heterogama* e *Gigaspora margarita*. As mudas foram conduzidas até seis meses após o transplante, quando foram colhidas. Os fungos *G. margarita* e *G. leptotichum*, nesta ordem, promoveram um melhor desenvolvimento das plantas, causando maior crescimento e absorção de P e K, nos solos LVE e TRE. Na AQ, a inoculação dos fungos não resultou em benefícios para as plantas. A quantidade de P disponível nos solos não afetou a colonização das raízes pelos fungos, mas influiu no desempenho da simbiose.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se os solos Areia Quartzosa (série Ribeirão Claro), Latossol Vermelho Escuro (série Iracema) e Terra Roxa Estruturada (série Luiz de Queiroz) esterilizados por vapor fluente durante três dias consecutivos, cujas análises químicas e granulométricas constam do Quadro 1.

A correção e adubação dos solos foram feitas utilizando-se: $\text{CaCO}_3 = 1\ 175$ mg, $\text{Mg CO}_3 = 392$ mg, $\text{KNO}_3 = 776$ mg, $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4 = 329$ mg e superfosfato triplo = 1 324 mg, por vaso com 2.0 kg de solo, resultando em 150 ppm K, 40 ppm S, 89 ppm N e 65 ppm P.

Os inóculos dos fungos utilizados, ou seja, *Glomus macrocarpum*, *Glomus leptotichum*, *Gigaspora margarita* e *Gigaspora heterogama* foram multiplicados em milho, como planta hospedeira.

Para obtenção dos "seedlings" foi feita a semeadura do café (cv Mundo Novo) em caixa de areia esterilizada por autoclavagem.

Os "seedlings" foram transplantados para os vasos no estádio de "palito de fósforo", quando se procedeu à inoculação. O inóculo constituiu-se de 50 ml de solo contendo pedaços de raiz infectada, hifa e esporos do fungo MVA, o qual foi colocado em contato

¹ Recebido em maio 17, 1987

* Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes. ESALQ, Caixa Postal 9. CEP 13.400. Piracicaba, SP, Brasil.

Quadro 1. Análise química e granulométrica dos solos Terra Roxa Estruturada – série Luiz de Queiroz (TRE), Areia Quartzosa – série Ribeirão Claro (AQ) e Latossol Vermelho Escuro – série Iracema (LVE), coletados na região de Piracicaba, São Paulo, a uma profundidade de 0-20 cm.

Solo	Análise Granulométrica			Classe Textural
	Areia	Silte %	Argila	
TRE	15.3	20.2	64.5	argiloso
AQ	88.6	5.0	5.4	arenoso
LVE	67.0	8.1	24.9	franco argilo-arenoso

com a raiz do “seedling”. Instalou-se também um tratamento testemunha, ao qual se adicionou a mesma quantidade de solo, porém sem estruturas fúngicas. O delineamento foi inteiramente ao acaso, com quatro repetições por tratamento.

Três meses após a inoculação repetiu-se a adubação inicial, com exceção do fósforo.

Aos seis meses após transplante foi medida a altura das plantas e estas foram colhidas. O sistema radicular foi colorido (14) para determinação da porcentagem de colonização micorrízica, e a parte aérea foi seca (60°C por 3 dias) para estabelecer o peso da matéria seca e os teores de P e K na parte aérea da planta, segundo Sarruge e Haag (17).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela observação dos resultados apresentados no Quadro 2, pode-se verificar que o peso da matéria seca da parte aérea de plantas de café diferiu significativamente da testemunha, quando colonizadas pelo *Glomus leptotichum* e *Gigaspora margarita*, causando um incremento de 89% e 97% no solo LVE, e de 285% e 543%, respectivamente, na TRE. Entretanto, na AQ as plantas micorrízicas não diferiram da testemunha.

Nota-se que nos solos AQ e LVE (Quadro 2) os fungos empregados não causaram aumento na altura das plantas, ao passo que na TRE, o *G. leptotichum* e *G. margarita* geraram um incremento na altura de 150% e 242%, respectivamente, em relação à testemunha.

O solo LVE mostrou-se mais apropriado ao desenvolvimento do cafeeiro, tanto na presença como na ausência de micorriza.

Quanto à absorção de nutrientes (Quadro 3 e 4) constatou-se que a concentração de P e K no tecido da parte aérea não foi alterada nos solos AQ e LVE com a presença da micorriza. Entretanto, no solo TRE a colonização das plantas pelo fungo *G. margarita* elevou o teor de P em 588%, em relação à testemunha. De um modo geral, as plantas cultivadas na AQ e LVE apresentaram maior teor de P e K nos tecidos.

No que diz respeito à quantidade acumulada de P (Quadro 3) constatou-se que nos solos AQ e LVE, as plantas infectadas com fungo micorrízico não diferiram das plantas testemunhas. Já no solo TRE, o único tratamento que diferiu significativamente da testemunha foi aquele com *G. margarita*, o qual gerou um acúmulo relativo de P na parte aérea de 2.921%, sendo seguido pelo *G. leptotichum* com 897% (Quadro 5).

No Quadro 4 observa-se que a quantidade acumulada de K na parte aérea não foi aumentada pela presença dos fungos MVA, na AQ. Porém, no solo LVE, a colonização das plantas pelo *G. leptotichum* e *G. margarita* causou um incremento de 84% e 102%, respectivamente, diferindo da testemunha e demais fungos. No solo TRE, ambos os fungos também se destacaram, promovendo 325% e 725%, respectivamente, de incremento no K total. As plantas conduzidas no solo LVE apresentaram as maiores quantidades acumuladas de P e K.

O fungo *G. margarita* apresentou as maiores taxas de colonização da raiz (Quadro 2), diferindo significativamente dos demais fungos, nos três solos empregados. Não foi observado efeito do solo sobre a porcentagem de colonização dos fungos.

Apesar de geralmente não se constatar relação entre a eficiência de um endófito e sua taxa de colo-

Quadro 2. Altura, peso da matéria seca da parte aérea e porcentagem de colonização da raiz de cafeeiro na presença de diferentes fungos MVA, cultivado em três solos¹.

Tratamentos ²	I	Gm	Gl	Gih	Gim
Peso da matéria seca da parte aérea (g)					
AQ	1 18 aA	2 33 aA	2 35 aA	2 29 aA	1 40 aA
LVE	3 45 aB	5 11 abB	6 51 bB	4 21 aB	6 79 bC
TRE	0 79 aA	0 84 aA	3 04 bA	1 16 aA	5 08 cB
Altura (cm)					
AQ	17 9 aA	26 0 aAB	26 6 aA	25 6 aAB	18 5 aA
LVE	31 5 aB	37 4 aB	49 3 aB	38 0 aB	50 9 aB
TRE	12 4 aA	11 8 aA	30 9 bA	15 8 aA	42 4 bB
Colonização radicular (%)					
AQ	0 0 aA	0 0 aA	17 3 bA	11 5 bA	45 9 cA
LVE	0 0 aA	0 0 aA	16 4 bA	9 8 bA	49 3 cA
TRE	0 0 aA	0 0 aA	16 3 bA	7 4 bA	49 0 cA

1 Tratamentos seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letra minúscula corresponde à comparação na linha, enquanto maiúscula na coluna.

2 Tratamentos: Fungos MVA-I: testemunha, Gm: *Glomus macrocarpum*, Gl: *Glomus leptotichum*, Gih: *Gigaspora heterogama*, Gim: *Gigaspora margarita*. Solo - AQ: Areia Quartzosa, LVE: Latosol Vermelho Escuro, TRE: Terra Roxa Estruturada

nização da raiz (1, 11, 15, 16) observou-se neste experimento que *G. margarita*, que se destacou por promover um maior crescimento e absorção de nutrientes nos solos LVE e TRE, também causou as maiores taxas de infecção na raiz. Entretanto, no solo AQ, embora a taxa de infecção tenha se mantido, este fungo, assim como os demais, não causaram incrementos significativos no desenvolvimento do cafeeiro. Estes resultados sugerem que, provavelmente, a colonização das raízes seja mais dependente da combinação entre o fungo e o hospedeiro, enquanto a eficiência da simbiose parece depender mais das características do solo.

É importante ressaltar que nas condições do experimento, o *G. leptotichum* mostrou também certa eficiência, não diferindo estatisticamente da *G. margarita* em algumas variáveis analisadas.

A observação de que certos endófitos formam associações preferenciais com certos hospedeiros (12) já foi repetidamente evidenciada. No caso do cafeeiro, a eficiência da *G. margarita* também já foi constatada por Lopes *et al.* (7). Caldeira *et al.* (2) verificaram que dos fungos MVA isolados de rizosfera de cafeeiro, o mais eficiente foi o gênero *Acaulospora*, o qual predominou nos locais de levantamento, o que concorda com Lopes *et al.* (6). No entanto, uma observação

interessante é que a *G. margarita*, que tem se mostrado eficiente, não foi encontrada em nenhum dos levantamentos citados.

O fato do *G. macrocarpum* não ter colonizado as raízes do cafeeiro concorda, plenamente, com as observações de Lopes *et al.* (7). Porém, Caldeira *et al.* (2) empregando um inóculo deste fungo, isolado da rizosfera de cafeeiro, observaram uma taxa de colonização superior a 60%.

Estes resultados ressaltam a importância do aspecto especificidade e/ou eficiência do sistema fungo-hospedeiro. Mosse (12) sugere que a especificidade está relacionada com o grau de adaptação do fungo ao hospedeiro, isto é, depende da interação genética entre eles, podendo ser influenciada por interações entre o solo e o fungo.

Esta influência do solo sobre a simbiose fungo-hospedeiro, a qual já foi constatada por vários autores (4, 13, 18) foi observada neste experimento, uma vez que no solo AQ, os fungos MVA não diferiram da testemunha, não promovendo incremento no desenvolvimento das mudas.

Neste aspecto, um ponto que parece ser de importância na eficiência micorrízica é a disponibilidade de

Quadro 3. Quantidade total e concentração de fósforo na parte aérea do cafeeiro na presença de diferentes fungos micorrízicos e em três solos¹.

Tratamentos ²	% P				
	I	Gm	Gl	Gih	Gim
AQ	1.16 bC	0.96 abB	0.76 aB	0.76 aB	0.83 aB
LVE	0.64 ab	0.85 aB	0.71 aB	0.69 aB	0.62 aAB
TRE	0.08 aA	0.14 abA	0.29 bA	0.21 bA	0.55 cA

Continuação Quadro 3.

Tratamentos ²	P total (mg)				
	I	Gm	Gl	Gih	Gim
AQ	13.85 aAB	22.10 aA	17.55 aA	17.37 aAB	11.43 aA
LVE	22.40 aB	42.27 aB	46.17 aB	28.65 aB	43.93 aB
TRE	0.95 aA	1.43 aA	9.47 abA	2.40 aA	28.70 aAB

1, 2 idem Quadro 2.

P no solo, que muitas vezes se reflete na concentração de P nos tecidos vegetais.

Desta maneira, coletaram-se amostras dos solos 30 dias após adubação, a fim de se determinar a quantidade de P disponível, ou seja a que não foi fixada pelo solo (19). Após tal período, os solos AQ, LVE e TRE apresentaram, respectivamente, 57, 35 e 22 ppm

de P disponível, valores estes que diferiram significativamente entre si (P = 0.05).

Constatou-se que a concentração de P nas plantas foi proporcional às quantidades de P disponível nos diferentes solos. Na TRE, a testemunha chegou a apresentar um teor de P inferior ao médio encontrado normalmente nas plantas (0.12%), refletindo a alta

Quadro 4. Quantidade total e concentração de potássio na parte aérea do cafeeiro na presença de diferentes fungos micorrízicos e em três solos¹.

Tratamentos ²	% K				
	I	Gm	Gl	Gih	Gim
AQ	3.93 aB	3.70 aAB	3.75 aA	3.70 aB	3.55 aA
LVE	3.80 aB	4.50 aB	3.73 aA	3.80 aB	3.88 aA
TRE	3.08 abA	3.20 abA	3.33 abA	2.90 aA	3.75 bA

Continuação Quadro 4.

Tratamentos ²	K total				
	I	Gm	Gl	Gih	Gim
AQ	45.90 aA	85.15 aA	87.43 aA	81.35 aA	52.05 aA
LVE	131.06 aB	128.75 aB	240.83 bB	160.08 aB	264.65 bC
TRE	23.33 aA	26.90 ab	99.25 bA	33.18 abA	192.45 cB

1, 2 Idem Quadro 2.

Quadro 5. Acúmulo relativo de fósforo (%) na parte aérea do cafeeiro colonizado por diferentes fungos MVA, em três solos.

Tratamentos ¹	Gm	GI	Gih	Gim
AQ	60	27	25	-17
LVE	89	106	28	96
TRE	51	897	153	2 921

1 Tratamentos: idem Quadro 2.

fixação de P que ocorreu neste solo. Entretanto, na quantidade acumulada de P, as tendências foram diferentes, ocorrendo os maiores acúmulos de P nas plantas (Quadro 3) do solo LVE (nível intermediário de P disponível). Porém, foi justamente no solo TRE que foram observados os maiores acúmulos relativos de P (Quadro 5), principalmente na presença do *G. leptotichum* e *G. margarita*, o que demonstra uma alta eficiência destes endófitos na absorção de P do solo, quando a disponibilidade do elemento é relativamente baixa.

Já na AQ, provavelmente devido à alta disponibilidade de P, nenhum dos endófitos se sobressaiu com relação ao acúmulo de P na parte aérea da planta, ao mesmo tempo em que não contribuíram para um maior desenvolvimento das mudas, embora não tenha ocorrido diminuição na taxa de colonização das raízes.

Somente nos dois solos que apresentaram valores de P disponível igual ou inferior a 35 ppm, manifestou um incremento significativo devido à presença de

G. leptotichum e *G. margarita*, que apresentaram o maior grau de eficiência relativa (74% e 84%, respectivamente) na TRE, a qual continha o nível mais baixo de P disponível. Tal fenômeno tem sido observado por outros autores e em outras plantas (9, 13, 20).

Isto demonstra que o fator que afeta a eficiência da micorriza é a real disponibilidade de P no solo e não a quantidade de adubo fosfatado aplicado, o que também poderia explicar os resultados favoráveis obtidos por muitos autores com a aplicação de doses extremas de fosfato ao solo (5).

Portanto, apesar dos fungos *G. leptotichum* e *G. margarita* terem sido benéficos no desenvolvimento das mudas de café, ainda não é possível ser feita uma recomendação de endófitos eficientes, uma vez que as características do solo, principalmente o nível de P disponível são determinantes do sucesso da micorrização. Para o cafeeiro, cujas mudas são obtidas em solo fumigado, justifica-se plenamente a pesquisa em busca de endófitos, que mostrem eficiência no maior número possível de solos.

CONCLUSÃO

Os fungos MVA *Gigaspora margarita* e *Glomus leptotichum* foram os mais eficientes para desenvolvimento das mudas de café, nos solos LVE e TRE, sendo que em algumas variáveis a *G. margarita* superou o *G. leptotichum*. A quantidade de P disponível nos solos empregados não afetou a taxa de colonização da raiz pelos fungos, mas influenciou no grau de eficiência da simbiose.

LITERATURA CITADA

- AZCON, R.; OCAMPO, J.A. 1981. Factors affecting the vesicular-arbuscular infection and mycorrhizal dependency of thirteen wheat cultivars. *New Phytology* 87:677-685.
- CALDEIRA, S.F.; CHAVES, G.M.; ZAMBOLIM, L. 1983. Associação de micorriza vesicular-arbuscular com café, limão-rosa e capim-gordura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 18:223-228.
- CARDOSO, E.J.B.N. 1978. Ocorrência de micorriza em café. *Summa Phytopathologica* 4:136-137.
- CARDOSO, E.J.B.N. 1984. Efeito de micorriza vesicular-arbuscular e de fosfato de rocha nas culturas da soja e do feijão. Tese de Livre Docência. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 220 p.
- LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.O.; ZAMBOLIM, L. 1983a. Caracterização das micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 7:1-19.
- LOPES, E.S.; OLIVEIRA, E.; DIAS, R.; SCHENCK, N.C. 1983b. Occurrence and distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in coffee (*Coffea arabica* L.) plantations in central São Paulo State, Brazil. *Turrialba* 33:417-422.
- LOPES, E.S.; OLIVEIRA, E.; NEPTUNE, A.M.L.; MORAES, F.P. 1983c. Efeito da inoculação do cafeeiro com diferentes espécies de fungos micorrízicos vesicular-arbusculares. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 7:137-141.

8. LOPES, E.S.; DIAS, R.; COSTA, A.M. 1985. Problemas no desenvolvimento e na colonização micorrizica natural de mudas de café em viveiro. Programa e Resumos da I Reunião Brasileira sobre Micorrizas, Lavras-MG.
9. MENGE, J.A.; JARREL, W.M.; LABANAUSKAS, C.K.; OJALA, J.C.; HUSZAR, C.; JOHNSON, E.L.V.; SIBERT, D. 1982. Predicting mycorrhizal dependency of troyer citrange on *Glomus fasciculatus* in California citrus soils and nursery mixes. Soil Science Society of American Journal 46:762-768.
10. MOSSE, B. 1972a. The influence of soil type and *Endogone* strain on the growth of mycorrhizal plants in phosphate deficient soils. Rev. Ecol. Biol. Sol. 9:529-537.
11. MOSSE, B. 1972b. Effects of different *Endogone* strains on the growth of *Paspalum notatum*. Nature 239: 221-223.
12. MOSSE, B. 1975. Specificity in V.A. mycorrhiza. In Endomycorrhiza. Ed. by F.E. SANDERS; B. MOSSE; P.B. TINKER. London, Academic Press. p. 469-485.
13. PARADA, A. 1984. Efeito de fósforo e de micorriza vesícula arbuscular no feijoeiro. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 138 p.
14. PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Brit. Mycol. Soc. 55:158-161.
15. POWELL, C.L. 1977. Mycorrhizas in hill country soils. V. Growth responses in ryegrass. New Zealand Journal of Agriculture Research 20:495-502.
16. POWELL, C.L.; SITHAMPARATHAN, J. 1977. Mycorrhizas in hill country soils. IV. Infection rate in grass and legume species by indigenous mycorrhizal fungi under field conditions. New Zealand Journal of Agriculture Research 20:489-502.
17. SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. 1974. Análises químicas em plantas. Depto. de Química ESALQ/USP.
18. SKIPPER, H.O.; SMITH, G.W. 1979. Influence of soil pH on the soybean-endomycorrhiza symbioses. Plant and Soil 51:559-563.
19. VOLKWEISS, S.J.; VAN RAUJ, B. 1976. Retenção e disponibilidade do fósforo em solos. IV Simpósio sobre o Cerrado. Belo Horizonte, Ed. Itatiaia. p. 317-332.
20. YOSI, R.S.; FOX, R.L. 1979. Contribution of mycorrhizae to the P nutrition of crops growing on an oxisol. Agronomy Journal 71:903-908.

Provenance Variation in Stem Volume and Wood Density of *Pinus caribaea*, *P. oocarpa* and *P. patula* spp. *tecunumanii* in Puerto Rico¹

J.A. Wright*, G.L. Gibson*, R.D. Barnes*

ABSTRACT

Provenance trials of *Pinus caribaea* Morelet and *P. oocarpa* Schiede/*P. patula* Schiede and Deppe ssp. *tecunumanii* (Eguiluz and Perry) styles of the International Series coordinated by the Oxford Forestry Institute, University of Oxford, were established at Anasco, Puerto Rico, in 1973. The trials were assessed in 1979 for volume under bark (VUB) and wood density (DEN), and these two traits plus the derived indices of within-sample density variation (VAR) and dry matter index (DMI) were analyzed. There were significant statistical differences ($P < 0.1$) between provenances in the *P. caribaea* trial for VAR, VUB and DMI and in the *P. oocarpa/P. patula* ssp. *tecunumanii* trial for VUB and DMI. Provenances of *P. patula* spp. *tecunumanii* were superior in terms of VUB and DMI to provenances of *P. caribaea* and *P. oocarpa*

COMPENDIO

Se presentan los resultados de más pruebas de procedencias de *Pinus caribaea* Morelet y *P. oocarpa* Schiede, *P. patula* Schiede y Deppe ssp. *tecunumanii* (Eguiluz y Perry) Styles, correspondientes a la serie internacional que está siendo coordinada por el Instituto Forestal de Oxford de la Universidad de Oxford. Las pruebas fueron establecidas en Anasco, Puerto Rico en 1973 y analizadas en 1979, considerando el volumen sin corteza (VUB), densidad de la madera (DEN); además, se consideraron índices derivados de la variación de la densidad dentro de la muestra (VAR) y el índice de materia seca (DMI). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.01$) entre procedencias de *P. caribaea* para VAR, VUB y DMI; en *P. oocarpa/P. patula* ssp. *tecunumanii* se observaron diferencias para VUB y DMI. Las procedencias de *P. patula* y *tecunumanii* fueron superiores en términos de VUB y DMI con respecto a las procedencias de *P. caribaea* y *P. oocarpa*.

INTRODUCTION

The annual cost of forest products imported into Puerto Rico totals almost 500 million dollars and constitutes 90% of the construction, pulp and paper materials used in the country (15). While much of the arable land of Puerto Rico is needed for agricultural crops, there are extensive areas that could be afforested to reduce the need for imported wood products. The Institute of Tropical Forestry began to identify fast-growing exotic species in 1939 (13). Since then, numerous trials have indicated that *Pinus caribaea* Morelet and *P. oocarpa* Schiede have good

survival and rapid growth over a variety of sites (4, 5). This paper concerns adjacent provenance trials of *P. caribaea* and *P. oocarpa* at Anasco, Puerto Rico, as part of the International Series coordinated by the Oxford Forestry Institute (OFI), University of Oxford, England

MATERIALS AND METHODS

Two trials of *P. caribaea* and one trial of *P. oocarpa* were established in 1973, using five blocks of seven-tree row plots at a spacing of 2.7 x 2.7 m. The Anasco site is at 18°20'N of latitude with an elevation of 175 m and the mean annual precipitation and temperature are respectively 2090 mm and 25.3°C. Provenance details for *P. caribaea* are summarized in Greaves (8) and for *P. oocarpa* in Greaves (9). Four of the *P. oocarpa* provenances represented in this trial have subsequently been identified as *P. patula* Schiede and Deppe ssp. *tecunumanii* (Eguiluz and Perry) Styles (15). Details of provenances, country of origin and abbreviations used for these trials are summarized in Table 1.

The trials were measured in 1979, at age 5.7 years, and results for a range of traits in *P. caribaea* were reported in Gibson (6) and in *P. caribaea* and *P. oocarpa* in Liegel *et al* (13). At the time of measure-

¹ Received for publication 20 March 1987.

Seeds for the international provenance trials of *P. caribaea* and *P. oocarpa/P. patula* ssp. *tecunumanii* were collected and distributed under Research Schemes at the Oxford Forestry Institute (OFI), University of Oxford, England, funded by the Overseas Development Administration of the British Government and with the cooperation of the forest authorities in various countries of Central America and the Caribbean where the species are indigenous. The trials were established and maintained by the Institute of Tropical Forestry, United States Forest Service and their help with these assessments and permission to publish the results are gratefully acknowledged. We would also like to thank Mr. Tony Quilter of the OFI for his assistance in preparing the wood samples for densitometry.

* Oxford Forestry Institute University of Oxford, Oxford, England.

ment, increment cores of 8 mm diameter were taken bark to bark at breast height from the two largest trees in each provenance in each block of the *P. oocarpa*/*P. patula* ssp. *tecunumanii* trial. In *P. caribaea*, increment cores of 8 mm diameter were taken at breast height from the largest diameter tree per provenance per block in the first trial and from the two largest diameter trees per provenance per block in the second trial. The increment cores were prepared for densitometry using the methods described by Wright *et al.* (16). Kanowski (10) has described the procedures used at OFI with respect to densitometry. In addition to mean density (DEN), data from the densitometer can also be used to calculate within-sample density variation (VAR). Volume under bark (VUB) was determined for each tree sampled for

DEN using under-bark diameter at breast height, total height and a form quotient based on the outside bark diameter at breast height and at 6 mm (7). The dry matter index is the product of DEN and VUB.

The *P. oocarpa* trial was analyzed as a randomized complete block design. Since the *P. caribaea* trials are contiguous, data from them were analyzed together using a completely randomized design with 15 observations per provenance. The results should be interpreted with caution, however, because one trial was twice as intensively sampled as the other and the common environment of two trees per plot in one trial could have influenced differences between provenances. The analysis of variance was applied to data for DEN, VAR, VUB and DMI. Differences between provenances within trials were tested at the 5% level using the Q statistic as described by Chew (3).

Table 1. Details of provenances, country of origin and abbreviations used for *P. caribaea* and *P. oocarpa*/*P. patula* ssp. *tecunumanii* at Anasco, Puerto Rico.

Species	Provenance	Country	Abbreviation	
<i>P. caribaea</i>	Buren	Cuba	BUR	
	Palacios	Cuba	PCC	
<i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	Alamicamba	Nicaragua	ALA	
	Briones	Honduras	BRI	
	Brus Lagoon	Honduras	BRU	
	Byfield	Australia	BYF	
	Culmi	Honduras	CUL	
	Guanaja	Honduras	GUA	
	Karawala	Nicaragua	KAR	
	Melinda	Belize	MEL	
	Mountain			
	Pine Ridge	Belize	MPR	
	Poptun	Guatemala	POP	
	Potosi	Honduras	POT	
	Rio Coco	Nicaragua	RIO	
Santa Clara	Nicaragua	STA		
<i>P. oocarpa</i>	Agua Fria	Honduras	FRI	
	Bucaral	Guatemala	BUC	
	Conacaste	Guatemala	CON	
	Huehuetenango	Guatemala	HUE	
	Jitotol	Mexico	JIT	
	Junquillo	Nicaragua	JUN	
	Lagunilla	Guatemala	LAG	
	San Jose	Guatemala	JOS	
	Siguatepeque	Honduras	SIG	
	Zamorano	Honduras	ZAM	
	Zapotillo	Honduras	ZAP	
	<i>P. patula</i> ssp. <i>tecunumanii</i>	Camelias	Nicaragua	CAM
		Mountain		
		Pine Ridge	Belize	MPO
		Rafael	Nicaragua	RAF
Yucul		Nicaragua	YUC	

RESULTS AND DISCUSSION

The results of the analysis of variance are summarized in Fig. 1 for *P. caribaea* and in Fig. 2 for *P. oocarpa*/*P. patula* ssp. *tecunumanii*. Provenances were significantly different ($P < 0.01$) for VAR, VUB and DMI in the *P. caribaea* trial and for BUB and DMI in the *P. oocarpa*/*P. patula* ssp. *tecunumanii* trial. The Q statistic exceeded the range for DEN and VAR in the *P. oocarpa*/*P. patula* ssp. *tecunumanii* trial and has not been presented for these traits.

In the *P. caribaea* trial, the *P. caribaea* var. *hondurensis* provenances Mountain Pine Ridge, Poptun,

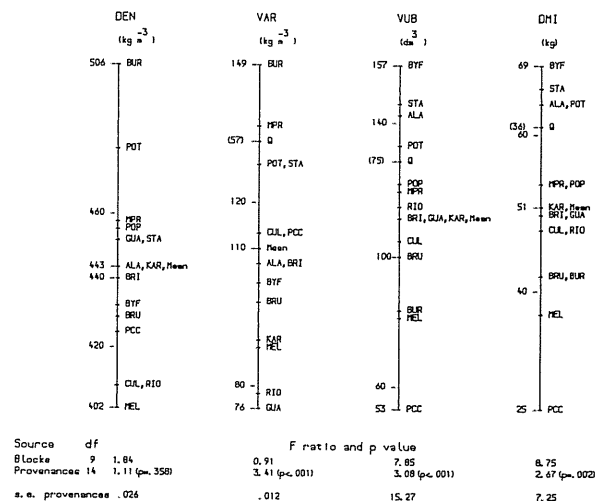


Fig. 1. Analysis of variance and ranked means for densitometric density (DEN), within sample variation (VAR), volume under bark (VUB) and dry matter index (DMI) of *P. caribaea* provenances at Anasco, Puerto Rico.

Potosi and Santa Clara were ranked above the trial mean for DEN, VUB and DMI. By contrast, the *P. caribaea* var. *hondurensis* provenance Melinda was ranked below the trial mean for DEN, VUB and DMI. This indicates that slow growth is not necessarily accompanied by higher wood density. Based on assessments of *P. caribaea* provenance trials at age 10 years, Liegel (11) concluded that the provenances Alamicamba, Byfield, Karawala, Mountain Pine Ridge, Poptun, Potosi and Santa Clara were superior for height and/or diameter at breast height and these provenances exceeded the trial mean for VUB in this assessment with the exception of Karawala. However, the coastal provenances Alamicamba, Karawala and the Queensland source, Byfield, had a DEN equal to or below the trial mean as did the other coastal provenances of *P. caribaea*, Brus Lagoon, Melinda and Rio Coco, which is in accordance with Barnes *et al.* (2). The *P. caribaea* var. *hondurensis* provenance Guanaja had the lowest value for VAR in the *P. caribaea* trial and this confirms the findings in other trials of this series (16).

The *P. patula* ssp. *tecunumanii* provenances Camelias, Mountain Pine Ridge, Rafael and Yucul were clearly superior to provenances of *P. oocarpa* in terms of VUB and DMI and these findings are similar to previous reports in Puerto Rico (12), Zambia (16), Brazil (17), Kenya (19) and Ecuador (18). The *P. patula* ssp. *tecunumanii* provenances Rafael and Yucul were also ranked above the trial mean for DEN. The trial mean values for DEN of 443 kg m⁻³ in *P. caribaea* and 446 kg m⁻³ in *P. oocarpa*/*P. patula* ssp. *tecunumanii* were almost equal. However, the range of provenance mean values for DEN was higher in *P. caribaea* (402-506 kg m⁻³) than in *P. oocarpa*/*P. patula* ssp. *tecunumanii* (418-485 kg m⁻³). The trial mean for VAR was considerably higher for *P. caribaea* than for *P. oocarpa*/*P. patula* ssp. *tecunumanii*.

Comparisons between the two trials indicate that the *P. patula* ssp. *tecunumanii* provenances Camelias, Mountain Pine Ridge, Rafael and Yucul were superior to *P. caribaea* provenances for VUB and DMI. These results were unexpected because the coastal climate

at Anasco is more similar to that of the most tropical of the *P. caribaea* provenances Liegel (12) has observed that fast growing provenances of *P. patula* ssp. *tecunumanii* are highly susceptible to damage in cyclonic storms. Further, *P. patula* itself is known to have an outstanding early performance when grown in climates that are more tropical than that where it occurs naturally, but this is not maintained for the full rotation (1), and the subspecies may perform in a similar manner. Assessments taken closer to rotation age should be evaluated before large-scale planting programmes are initiated with this species. The low DEN values of certain provenances such as Culmi, Melinda and Rio Coco of *P. caribaea* could limit their use for plantation establishment on sites similar to those at Anasco. Wood samples from these trials should be evaluated for their solid wood or pulp and paper-making properties before final decisions are made, since DEN influences end product uses and characteristics, but is not the sole determinant thereof.

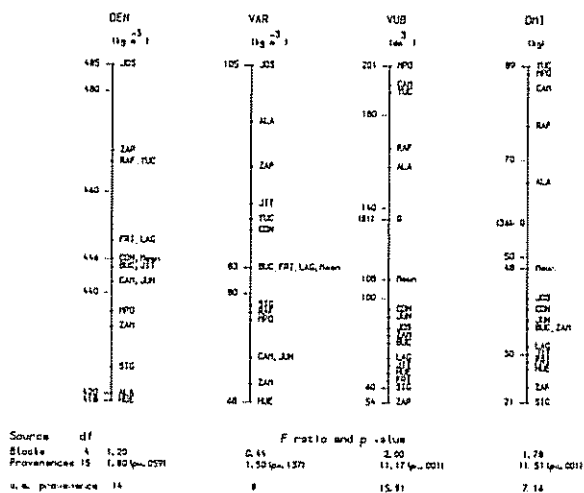


Fig. 2. Analysis of variance, ranked means and the critical difference, Q, at the 5% level for densitometric density (DEN), within sample variation (VAR), volume under bark (VUB) and dry matter index (DMI) of *P. oocarpa* and *P. patula* ssp. *tecunumanii* provenances at Anasco, Puerto Rico.

LITERATURE CITED

1. BARNES, R.D.; MULLIN, L.J. 1976. Selection of forest tree species in Rhodesia. South African Forestry Journal 98:16-20

2. BARNES, R.D.; GIBSON, G.L.; BARDEY, M.A. 1989. Variation and genotype-environment interaction in international provenance trials of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* and implications for population improvement strategy. Silvicultura 8:35-43.

- 3 CHEW, V. 1977. Comparisons among treatment means in an analysis of variance. Washington, D.C. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture 64 p.
- 4 GEARY, I.F.; BRISCOE, C.B. 1972. Tree species for the granitic uplands of Puerto Rico. United States Forest Service Research 8 p. (Paper ITF-14)
- 5 GEARY, I.F.; ZAMBRANA, J.A. 1972. Comparative adaptability of conifers in Puerto Rico. In Selection and breeding to improve some tropical conifers. Ed. by J. Burley; D.G. Nikles. Oxford Commonwealth Forestry Institute v. 1 p. 226-234
- 6 GIBSON, G.L. 1982. Genotype-environment interaction in *Pinus caribaea*. Unit of Tropical Silviculture, Interim Report. Oxford Commonwealth Forestry Institute 89 p.
- 7 GIBSON, G.L.; BARNES, R.D.; BERRINGTON, J. 1983. Provenance productivity in *Pinus caribaea* and its interaction with environment. Commonwealth Forestry Review 62:93-106
- 8 GREAVES, A. 1978. Description of seed sources and collections for provenances of *Pinus caribaea*. Oxford Commonwealth Forestry Institute. (Tropical Forestry Papers no. 12) 89 p.
- 9 GREAVES, A. 1979. Description of seed sources and collections for provenances of *Pinus oocarpa*. Oxford Commonwealth Forestry Institute. (Tropical Forestry Papers no. 13) 144 p.
- 10 KANOWSKI, P.J. 1985. Densitometric analysis of a large number of wood samples. Journal of the Institute of Wood Science 10:145-151.
- 11 LIEGEL, L.H. 1984a. Ten-year growth results of *Pinus caribaea* and *Pinus oocarpa* provenance trials in Puerto Rico. In Provenance and genetic improvement strategies in tropical forest trees. Ed. by R.D. Barnes; G.L. Gibson. Oxford Commonwealth Forestry Institute p. 326-327
- 12 LIEGEL, L.H. 1984b. Growth and performance in young *Pinus oocarpa* trials in Puerto Rico on eight sites. In Provenance and genetic improvement strategies in tropical forest trees. Ed. by R.D. Barnes, G.L. Gibson. Oxford Commonwealth Forestry Institute p. 324-325.
- 13 LIEGEL, L.H.; BARNES, R.D.; GIBSON, G.L. 1983. Growth and selected assessment traits of *Pinus caribaea* and *Pinus oocarpa* provenance trials in Puerto Rico. Silvicultura 8:107-111.
- 14 McCARTER, P.S.; BIRKS, J.S. 1985. *Pinus patula* ssp. *tecunumanii*: The application of numerical techniques to some problems of its taxonomy. Commonwealth Forestry Review 64:117-132.
- 15 WADSWORTH, F.H.; BIRDSEY, R.A. 1985. A new look at the forests of Puerto Rico. Turrialba 35:11-17
- 16 WRIGHT, J.A.; GIBSON, G.L.; BARNES, R.D. 1986a. Provenance variation in stem volume and wood density of *Pinus caribaea*, *P. oocarpa* and *P. patula* ssp. *tecunumanii* in Zambia. Commonwealth Forestry Review 65:33-40
- 17 WRIGHT, J.A.; GIBSON, G.L.; BARNES, R.D. 1986b. Provenance variation in stem volume and wood density of provenances of *Pinus oocarpa* and *P. patula* ssp. *tecunumanii* at Agudos, São Paulo, Brazil. IPEF, Piracicaba 32:21-23
- 18 WRIGHT, J.A.; GIBSON, G.L.; BARNES, R.D. s.f. Variación en volumen y densidad de la madera de ocho procedencias de *Pinus oocarpa* y *P. patula* ssp. *tecunumanii* en Conocoto, Ecuador. Quito. Dirección Nacional Forestal. Forestal Informativo no. 4
- 19 WRIGHT, J.A.; GIBSON, G.L.; BARNES, R.D. s.f. Variation in stem volume and wood density in provenances of *Pinus oocarpa* and *P. patula* ssp. *tecunumanii* at Nzoia, Kenya

Influencia del Nitrógeno y de la Densidad de Plantas sobre la Producción de Maíz en el Oriente Argentino¹

H. Vivas*, R. Moresco*, S. Gambaudo*

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of applied nitrogen, plant population, and their interaction on corn yield. Eight field experiments were conducted during 1977/78 through 1981/82 on Argiudolls of the eastern region of Santa Fe province, Argentina. Four N rates, 0, 50, 100 and 150 kg/ha, and three plant populations, 47 000, 50 000 and 71 000 pl/ha were used in a factorial arrangement in a randomized complete block design, with three replications. No interaction between factors was observed. Six out of eight experiments showed a significant treatment effect, with applied N being the most important determinant. On the other hand, plant population was significant in only one experiment. Estimated average yield increments were 1 572 and 405 kg/ha for the quadratic and linear regression equations, respectively, with the addition of 50 kg N/ha. The highest estimated yield increments were observed when the fallow period was 83 days and the available N in the plow layer was 9 ppm NO_3^- -N. No differences in yield enhancement were observed when the fallow period was 116 days or more and the fertility level was 24 ppm NO_3^- -N or greater. Plant population was not a critical factor in determining corn yields under these experimental conditions.

COMPENDIO

Con el objeto de evaluar la influencia del agregado de nitrógeno, la densidad de plantas y su interacción sobre la producción de maíz, se realizaron ocho ensayos sobre Argiudoles del sector oriental de la Pampa Llana Santafesina, en la República Argentina, durante las campañas agrícolas 1977/78 a 1981/82. Los niveles de nitrógeno fueron 0, 50, 100 y 150 kg/ha y las densidades de plantas estudiadas 47 000, 50 000 y 71 000 pl/ha. Los 12 tratamientos resultantes se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. En el 75% de las experiencias existieron diferencias para los efectos principales pero, en ningún caso, se observó interacción significativa. El nitrógeno fue determinante en todos los ensayos donde hubo respuesta, mientras que la densidad de plantas fue significativa sólo en uno de ellos. Los incrementos medios de maíz con el agregado de 50 kg de N/ha fueron de 1 572 y 405 kg/ha cuando las respuestas fueron cuadrática y lineal, respectivamente. En general, los mayores incrementos se observaron con longitudes medias de barbecho de 83 días y 9 ppm de N-NO_3^- en el suelo. No hubo diferencias entre tratamientos cuando el barbecho medio fue de 116 días y estuvo asociado a un contenido de fertilidad disponible de 24 ppm de N-NO_3^- en la capa arable. De la información obtenida surge que las densidades de plantas, en general, no fueron críticas para la producción de maíz bajo las condiciones estudiadas.

INTRODUCCION

El estudio de la influencia de distintos niveles de nitrógeno (N) con relación a diferentes densidades de plantas y el efecto de la interacción de los dos factores sobre la producción de maíz, constituye un aspecto importante para mejorar las recomendaciones a los productores y hacer más eficiente el uso del fertilizante.

En experiencias anteriores, Vivas *et al.* (19) encontraron respuesta al agregado de N en el 82% de los casos, con incrementos medios de rendimientos de 1 061, 1 286 y 1 493 hg/ha cuando se aplicaron 50, 100 y 150 kg de N/ha, respectivamente.

Los incrementos de producción no sólo pueden ser atribuidos al fertilizante sino también a las densidades de plantas y a otras prácticas de manejo (1). En un análisis de los factores que afectan la producción de maíz en el sudeste bonaerense, Berardo *et al.* (2), destacaron que la densidad de plantas a la cosecha fue el factor que incidió en mayor grado sobre los rendimientos, logrando explicar el 51% de la variación de los mismos.

Generalmente para un híbrido dado, el incremento de plantas por unidad de superficie provoca mayores rendimientos hasta que uno o más factores llegan a ser limitantes (17). Según estos autores, los principales factores resultaron ser la fertilidad del suelo y la humedad. Esto último fue observado, a su vez, por Prine (15) quien obtuvo los máximos rendimientos incrementando la densidad de plantas hasta 55 600 pl/ha cuando las condiciones de crecimiento fueron óptimas, mientras que, en condiciones de déficit hídrico, el máximo rendimiento se produjo con 33 300 pl/ha.

1 Recibido para publicación el 20 de marzo de 1987.

Los autores agradecen al Estadístico Oscar R. Quaino su participación en el análisis estadístico de los datos y al personal técnico de la Agencia Rural de Extensión de San Justo, su apoyo en la toma de datos de los experimentos.

* INIA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Casilla de Correos No. 22. (2300) Rafaela, provincia de Santa Fe, Argentina.

La limitante hídrica también fue observada por Lutz *et al.* (10) quienes estudiaron la variación de rendimientos con poblaciones que oscilaron entre 37 100 y 74 100 pl/ha. Para altas poblaciones de plantas, los rendimientos fueron directamente proporcionales a las precipitaciones recibidas.

Earley (5) demostró como la densidad de plantas y los niveles de N influyeron sobre las respuestas de maíz, incrementándose los valores a medida que aumentaban los niveles de ambos factores, alcanzando producciones de 11 500 kg/ha con 58 123 pl/ha. Duncan (4) observó similares efectos cuando los niveles de fertilidad fueron altos mientras que, en suelos de baja fertilidad, las respuestas fueron menos consistentes.

El uso de fertilizantes permite que la óptima densidad de plantas para obtener rendimientos máximos se incremente hasta llegar a un nivel por sobre el cual no se observarían nuevos incrementos en la producción. Así fue demostrado por Nuñez y Kamprath (13) quienes observaron importantes aumentos en los rendimientos de maíz entre 34 500 y 51 750 pl/ha, pero no entre este último nivel y 69 000 pl/ha. En esta experiencia, los autores lograron los máximos rendimientos utilizando 280 kg de N/ha.

También Novello *et al.* (12) observaron que las poblaciones óptimas, en función de los mejores rendimientos para las diferentes dosis de N agregadas, se fueron elevando de 55 000 a más de 70 000 pl/ha, conforme mejoraba el nivel de fertilidad del suelo por el agregado de fertilizantes. Además, con el uso de una dosis económica de N y una población de 50 000 - 55 000 pl/ha, obtuvieron un beneficio económico en el 75% de los casos.

Roads y Stanley (16), comparando densidades desde 30 000 a 90 000 pl/ha, observaron muy buen comportamiento del maíz con 60 000 pl/ha alcanzándose los máximos rendimientos con una dosis de 180 kg de N/ha.

La ausencia de datos, en el área de la Pampa Llana Santafesina Este, relacionados con este tema planteó la necesidad de realizar el presente trabajo, cuyo objetivo fue estudiar el efecto de los factores N aplicado y densidad de plantas sobre los rendimientos de maíz.

MATERIALES Y METODOS

Las experiencias fueron conducidas en los departamentos de San Justo y La Capital, de la provincia de Santa Fe, durante las campañas 1977/78 a 1981/82. En total, se realizaron ocho ensayos, los cuales se dis-

tribuyeron en el área de la Pampa Llana Santafesina Este, caracterizada por suelos Argiudoles con buena aptitud agrícola, franco limosos en superficie y de mediano contenido de materia orgánica (2 - 3%).

Los tratamientos consistieron en la combinación de cuatro niveles de N, 0, 50, 100 y 150 kg/ha y tres densidades de plantas (D): 47 000, 57 000 y 71 000 pl/ha. Los 12 tratamientos resultantes se distribuyeron en un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones.

El tamaño de la unidad experimental fue de cuatro surcos de 10 m de largo distanciados a 0.70 m.

La siembra se realizó a mano para asegurar la densidad de plantas deseada. En todos los casos, se utilizó el híbrido Cargill R-120. Para el combate de malezas se aplicó atrazina como herbicida preemergente a razón de 2 400 g p a /ha. El fertilizante en forma de urea (46% N) se aplicó en bandas a 5-7 cm de profundidad cuando las plantas alcanzaron 15-20 cm de altura y previo al escardillado.

En el momento de la siembra se realizó un muestreo del suelo (0-15 cm) con el objeto de determinar los niveles de nitrógeno total (Nt), nitrógeno de nitrato ($N-NO_3^-$), fósforo asimilable (P) y potasio asimilable (K) por las técnicas de Kjeldahl, Harper, Brag y Kurtz No 1 y extracción con $NO_3H 0.04 N$, respectivamente. Además, para cada ensayo, se registró información referente a la duración del barbecho.

La cosecha se realizó manualmente en los dos surcos centrales por 8 m de longitud, expresándose posteriormente el rendimiento en kilogramos por hectárea (base 15% de humedad). A los resultados se les aplicó la técnica del análisis de la varianza para determinar el efecto de la interacción y de los factores principales sobre el rendimiento y las correspondientes funciones de regresión de los niveles de los factores sobre el mismo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos analíticos del suelo y la longitud del barbecho se pueden observar en el Cuadro 1.

En el 63% de los ensayos realizados el contenido de Nt del suelo fue inferior al 0.13%. De acuerdo a lo observado por Vivas *et al.* (19), estos valores estarían asociados con respuesta significativa al agregado de N, lo cual fue confirmado en estas experiencias. Respecto al contenido de $N-NO_3^-$, la mayoría de los ensayos presentaron niveles inferiores a 20 ppm, valor por debajo del cual es factible esperar respuesta significativa al agregado de N (11, 12). Estos niveles de fertili-

Cuadro 1. Datos analíticos del suelo al momento de la siembra y longitud del barbecho.

Ensayo No. 1	Nt (%)	N-NO ₃ ⁻	P		K	Longitud del barbecho (días)
			(ppm)			
1	0.13	16	6		151	98
2	0.12	16	7		177	186
3	0.11	22	7		277	142
4	0.12	6	9		328	86
5	0.15	6	16		202	44
6	0.13	25	10		252	90
7	0.11	19	5		252	137
8	0.10	14	19		277	120

dad disponible equivalen a menos de 40 kg de N asimilable por ha en la capa estudiada, valores que, de acuerdo a lo observado por Gachon (6) y Olson y Kurtz (14), están muy por debajo de lo requerido por el cultivo de maíz.

Respecto al contenido de P asimilable, la mayoría de los ensayos se ubican en niveles ligeramente deficientes, entre 5-10 ppm de P (9). Los valores de K asimilable, los cuales oscilaron entre 151 y 328 ppm, pueden considerarse como muy altos para la producción de maíz (7).

En general la longitud del barbecho fue superior a los tres meses, a excepción del ensayo 5, con una duración de un mes y medio. Las variaciones que se observaron entre los valores de longitud del barbecho y el contenido de fertilidad disponible del suelo indicaron que, a pesar de contar con barbechos de hasta seis meses, no se lograron los niveles de fertilidad necesarios para alcanzar altos rendimientos. Ello podría deberse a diversos factores climáticos y de manejo entre los cuales debe destacarse el deficiente mantenimiento del barbecho.

Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 2. En seis de las ocho experiencias realizadas (75%), hubo respuesta a los diferentes tratamientos, pero, en ningún caso se observó interacción significativa entre los factores N y D.

El N fue determinante en el 100% de los ensayos en los que se observó respuesta significativa, mientras que la densidad de plantas fue significativa sólo en uno de ellos (17%).

El N tuvo un efecto significativo cuadrático en tres ensayos y lineal en otros tres. Cuando el efecto fue cuadrático (Fig. 1a), el incremento medio calculado aplicando 50 kg de N/ha fue de 1 572 kg/ha de grano. A tal incremento le correspondió un valor promedio de 83 días de barbecho, 9 ppm de N-NO₃⁻ y 15 ppm de P. Cuando el efecto del N fue lineal

(Fig. 1b), el incremento medio calculado fue de 405 kg/ha de grano, correspondiéndole en promedio 140 días de barbecho, 17 ppm de N-NO₃⁻ y 6 ppm de P. En los ensayos donde las diferencias entre tratamientos no fueron significativas (3 y 6) la longitud del barbecho promedio fue de 116 días, el nitrógeno disponible de 24 ppm de N-NO₃⁻ y el P de 8 ppm.

Los niveles potencialmente deficientes de P no fueron condicionantes de la respuesta del maíz al agregado de N. Esto fue corroborado anteriormente, en ensayos exploratorios realizados en la misma área

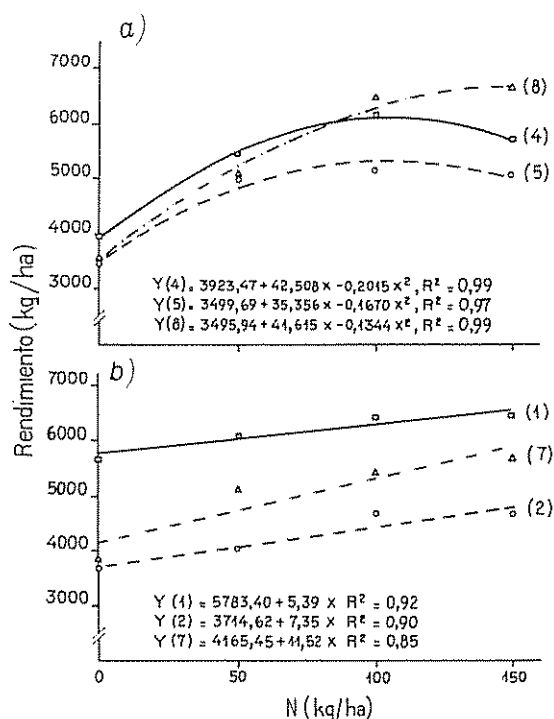


Fig. 1. Efecto del nitrógeno aplicado sobre los rendimientos de maíz. a) Funciones cuadráticas (ensayos 4, 5 y 8); b) funciones lineales (ensayos 1, 2 y 7).

Cuadro 2. Rendimientos promedio de maíz fertilizado con nitrógeno y con diferentes densidades de plantas, significancia del análisis de varianza y coeficientes de variación.

Ensayo No.	pl/ha x 1000	Dosis de nitrógeno				Factores			CV (%)
		0	50	100	150	N	D	NxD	
(kg/ha)									
1	47	5 482	5 744	6 042	5 964				6.96
	57	5 905	6 232	6 256	6 753	**	**	NS	
	71	5 741	6 345	7 012	6 777				
2	47	4 220	3 860	4 777	4 601				12.98
	57	3 408	4 419	4 330	4 616	**	NS	NS	
	71	3 384	3 824	4 926	4 827				
3	47	4 235	5 979	4 607	4 289				14.64
	57	5 426	5 607	5 191	5 235	NS	NS	NS	
	71	4 926	5 786	6 226	5 890				
4	47	4 137	5 345	6 185	4 557				15.73
	57	3 940	5 593	6 185	6 146	**	NS	NS	
	71	3 780	5 438	6 366	6 506				
5	47	3 827	5 060	4 959	5 155				8.57
	57	3 226	5 211	5 592	5 036	**	NS	NS	
	71	3 271	4 803	5 021	5 122				
6	47	4 875	4 926	5 152	4 940				23.17
	57	4 307	5 515	3 994	5 738	NS	NS	NS	
	71	5 042	5 490	5 548	4 479				
7	47	3 952	4 697	5 345	5 321				15.26
	57	4 190	5 851	5 595	6 077	**	NS	NS	
	71	3 465	5 827	5 381	5 455				
8	47	3 952	4 979	6 309	6 524				11.32
	57	3 196	5 098	6 494	6 847	**	NS	NS	
	71	3 523	5 095	6 687	6 586				

** : Significativo al 1%; NS: no significativo; CV: Coeficiente de variación

por Vivas *et al.* (18), quienes probaron al N y al P en forma conjunta. La explicación de este hecho ha sido dada por Hein y Panigatti (8), quienes observaron una solubilización del P con el aumento de la temperatura del suelo, proceso que ocurriría durante el desarrollo del cultivo.

El factor densidad de plantas tuvo escasa incidencia sobre los rendimientos. Solamente en el ensayo 1 hubo diferencias entre las mismas. Las diferencias de rendimiento entre 71 000 pl/ha con respecto a 47 000 y a 57 000 pl/ha, fueron de 661 y 183 kg/ha de grano, respectivamente. En los ensayos 3 y 4 también se puede observar una tendencia a aumentar los rendimientos, pero los mismos no fueron estadísticamente significativos debido al error experimental relativamente alto.

Ante el comportamiento similar del factor densidad y teniendo en cuenta que el área estudiada está sujeta a periodos de sequía durante la floración del maíz, con el propósito de disminuir los riesgos del estrés hídrico, no es recomendable el uso de 71 000 pl/ha. Por otro lado, comparando las densidades restantes, surge el hecho de que, cuando no se utilizó fertilizante, los mayores rendimientos fueron más frecuentes (63%) con 47 000 que con 57 000 pl/ha.

Cuando se utilizó 50 kg de N/ha, dosis que, por otro lado, presentó la mayor eficiencia relativa de conversión, los mayores rendimientos se lograron con 57 000 pl/ha (88%) (Cuadro 2). Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por Bonel *et al.* (3), quienes recomendaron, para el sur de la provincia de

Santa Fe, un rango de 50 000 – 60 000 pl/ha cuando el N disponible no fue un factor limitante.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demostraron que los factores nitrógeno aplicado y densidad de plantas se comportaron en forma independiente

El N agregado fue el principal determinante de los incrementos de rendimientos. Los mayores aumentos se obtuvieron cuando el efecto del fertilizante se ajustó a una función de tipo cuadrático, los que,

a su vez, estuvieron asociados a la longitud del barbecho y a los niveles de nitrógeno disponible

Las densidades de plantas no fueron críticas bajo las condiciones estudiadas ya que solamente en un ensayo el incremento de este factor produjo incrementos significativos en los rendimientos. Teniendo en cuenta los riesgos de las altas densidades y la posible pérdida de eficiencia por bajas poblaciones, la densidad de 57 000 pl/ha surge como la más promisorias cuando el N disponible del suelo no es un factor limitante.

LITERATURA CITADA

1. BARBER, A S.; OLSON, R A. 1968. Fertilizer use on corn. In *Changing Patterns in Fertilizer Use*. Ed by L.B. Nelson. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America p 164-188
2. BERARDO, A.; CULOT, P.; DARWICH, N.; DUARTE, J. 1976. Evaluación de algunos factores de producción del cultivo de maíz en el sudeste bonaerense y su respuesta a la fertilización. *IDIA Supl. no 32* p 195-208
3. BONEL, J.; NOVELLO, P.; LEGASA, A. 1973. Resultados de pruebas de fertilización de maíz en los departamentos Caseros y Constitución (Santa Fe). *INTA EERA Marcos Juárez. (Informe Técnico no 44)*. 14 p
4. DUNCAN, E R. 1954. Influences of varying plant population, soil fertility and hybrid on corn yield. *Soil Science Society of America Proceedings* 18:437-440.
5. EARLY, E B. 1955. Relation of rate of planting and nitrogen to yield and composition of corn grain; *University of Illinois Agronomy Fact Sheet sf - 36*.
6. GACHON, L. 1972. La cinétique de l'absorption des éléments nutritifs majeurs chez de tournesol. *Annales Agronomiques* 23:547-566
7. GAMBOA, A. 1980. La fertilización del maíz. *Instituto Internacional de la Potasa. Boletín IIP no. 5* 72 p.
8. HEIN, W.H. DE; PANIGATTI, J.L. 1986. Mineralización de fósforo y nitrógeno en Argiudoles. *Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (11, 1986, Neuquén, Argentina)*.
9. HEIN, W.H. DE; PANIGATTI, J.L.; HEIN, N E.; MORESCO, R F. 1981. Niveles de fósforo disponibles en suelos de la EERA Rafaela. *INTA Rafaela. 17 p. (Informe Técnico no. 7)*
10. LUTZ, L.A.; CAMPER, H M.; JONES, G D. 1971. Row spacing and population effects on corn yields. *Agronomy Journal* 63:12-14
11. NOVELLO, P.; MASIERO, B.L. 1978. Influencia del riego aplicado en distintas épocas sobre el rendimiento del maíz fertilizado. *INTA EERA Marcos Juárez* 11 p (Informe Técnico no. 94).
12. NOVELLO, P.; PURICELLI, C.A.; BONEL, J.A. 1969. El contenido de nitratos, humedad y la fertilización nitrogenada del suelo y su relación con los rendimientos de distintas poblaciones de plantas de maíz. *INTA EERA Marcos Juárez. 20 p (Publicación Técnica no. 1)*.
13. NUÑEZ, R.; KAMPRATH, E. 1969. Relationship between N response, plant population and row width on growth and yield of corn. *Agronomy Journal* 61:279-282.
14. OLSON, R A.; KUTZ, L.P. 1982. Crop nitrogen requirements, utilization and fertilization. *In Nitrogen in Agricultural Soil. Agronomy Monograph no. 22*
15. PRINE, C.M. 1969. Grain yields of corn and grain sorghum under different plant populations and row spacing. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings* 29:181-189.
16. RHOADS, F.M.; STANLEY, R.L. 1979. Effect of population and fertility on nutrient uptake and yield components of irrigated corn. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings* 38:78-80.
17. ROSSMAN, E.C.; COOK, R.L. 1966. Soil preparation and date, rate and pattern of planting. *In Advances in corn production principles and practices*. Ed. by W.H. Perre; S.A. Aldrich; W.P. Martin. Ames, Iowa. *Iowa State University Press.* p 54-83.
18. VIVAS, H.; GAMBAUDO, S.; VILLAR, J.L. 1983. Fertilización nitrogenada y fosfatada en la producción de maíz. *In Reunión Anual de Información Técnica para Productores. INTA EERA Rafaela.* p 69-72.
19. VIVAS, H.; MORESCO, R.; GAMBAUDO, S.; QUAINO, O. 1981. Evaluación de los rendimientos de maíz fertilizado en relación con los distintos factores de productividad. *INTA EERA Rafaela. 19 p Publicación Técnica no. 14*

Notas y Comentarios

El avance de las abejas asesinas en los Estados Unidos

Una discusión interesante se produjo en una sesión dedicada al avance de la abeja africana en Estados Unidos, durante la reunión anual de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia, celebrada esta vez en Boston, en febrero de 1988. En esta reunión, llamada por algunos la fiesta científica más grande del mundo, más que presentar resultados, se presentan ideas y opiniones muy diversas sobre los más diversos temas, este año, por ejemplo, desde los laser en el espacio hasta la física en los movimientos del ballet; desde cómo las proteínas se doblan hasta los salmones saltadores

No podrían faltar las abejas asesinas, cuyo avance en el Oeste de los Estados Unidos es observado con interés, mientras se prepara gran parte del territorio restante para enfrentarla. Una sugerencia radical para frenar la dispersión de la agresiva abeja africana fue la que se liberasen linajes africanos menos agresivos conforme avanzase el frente de las llamadas "asesinas" en los Estados Unidos.

El híbrido que resultase sería mucho más manejable, se informó a la reunión. "Ninguna otra estrategia podría modificar el reservorio de genes de la abeja africanizada más rápida y favorablemente", dijo David Fletcher, un especialista en comportamiento animal de la Universidad de Bucknell, en Lewisburg, Penn.

Pero David Roubic, del Smithsonian Tropical Research Institute, Panamá, dijo que la idea iba a desatar un clamor público. "Además, no hay prueba de que se puedan criar los tratos gentiles que usted quiere".

La agresiva abeja africana ha estado avanzando hacia el Norte en una proporción de 400 kilómetros por año, desde que 26 enjambres fueron accidentalmente liberados en São Paulo, Brasil, en 1956. La abeja llegó a Cancún, en la Península de Yucatán, en la costa oriental de México. También ha pasado por Oaxaca, en una latitud de 17 grados norte. Se espera el inicio de una barrida a través de las planicies densamente pobladas al este del país.

La abeja africana mata a la reina y se apodera de la colonia de la abeja europea. Producirá miel y polinizará los cultivos, pero en ambos casos de una

manera inferior. Su miel contiene 21 por ciento de agua, un tres por ciento más que la de las abejas europeas. Y, debido a que está continuamente emigrando, no es confiable para la polinización continua.

Cuando se la molesta en su colmena, la abeja atacará y picará a cualquiera persona o animal. Alrededor de 350 personas y un número desconocido de animales han muerto en América Latina como resultado de las picaduras. Una abeja africana picará a un blanco móvil 85 veces en 30 segundos, comparado con 10 picaduras de una abeja europea.

Se han sugerido un número de maneras de parar a la abeja. Fletcher, quien ha estudiado a la abeja en África por 20 años, dijo que la abeja que está avanzando en los Estados Unidos era una subespecie del tipo principal africano *Apis mellifera scutellata*. Tiene un número de características diferentes de comportamiento y genéticas, incluyendo mayor agresividad. Reconoce que la ley en los Estados Unidos tendría que ser cambiada antes de algunas abejas africanas puedan ser importadas para soltarlas, y también, un programa de crianza selectiva.

Roubic dijo que el control biológico de la abeja puede ser posible mediante el uso de animales depredadores como los armadillos (*Dasypodidae*) y los zorrillos o mofetas (*Mephitis*), los cuales, dijo, pueden sobrevivir a sus picaduras. Otros investigadores dijeron que debería dedicarse más dinero para programas a largo plazo para ayudar a la abeja europea a competir más favorablemente con la abeja africana.

La abeja africana todavía no ha encontrado grandes números de abejas europeas, como lo hará en las partes silvestres de los Estados Unidos. Es posible, dijo Roubic, que la abeja europea sea la dominante. Además, la abeja africana puede no sobrevivir los fríos inviernos del Hemisferio Norte, como el que precisamente se presentó durante la conferencia. Otros investigadores expusieron que la abeja podría esparcirse hasta Boston, en la Costa Oriental y hasta el Estado de Washington en el oeste. Al Deity, de la Universidad de Georgia, en Athens, dijo que investigaciones en Argentina indicaron que la abeja africana podría sobrevivir a temperaturas mucho más frías que lo que se había creído previamente. A.G.

Effect of Some Environmental Factors on the Seasonal Occurrence of the Cocoa Shield Bug, *Bathycoelia thalassina* (Herrich-Schaeffer) (Hemiptera: Pentatomidae) in Nigeria¹

M. M. Omole*

ABSTRACT

The seasonal occurrence of the cocoa shield bug, *Bathycoelia thalassina* (H-S), was monitored on cocoa between 1979 and 1982 to determine the relationship between its abundance and some environmental factors. The insect population has two frequency peaks, in February–May and August–November. There was no difference between the percentage mature pods and cherelles (immature pods) attacked by the insect, and the indication was that there was probably no feeding preference for either the mature pods or cherelles. The relationships between the abundance of the insect pest and pods, cherelles, mean monthly rainfall, relative humidity and temperature were erratic and not significant. It is suggested that the numbers of the pest may be significantly affected only by the severity of the factors.

INTRODUCTION

The cocoa shield bug, *Bathycoelia thalassina* (Herrich-Schaeffer) (Hemiptera: Pentatomidae), is fast becoming a pest of economic importance to Amazon and hybrid cocoa now widely cultivated in Nigeria. It occurs across central and western tropical Africa (1, 10), particularly in Ghana (4, 15), Nigeria and the Cameroons (3, 7). Its occurrence and distribution on cocoa have been observed to follow the cropping seasons of cocoa (13) and the type of cocoa varieties (5, 6, 8, 9) in Ghana, while in Nigeria the distribution appears to be related to topography, altitudes (3) and host plants (12). The pest causes premature ripening, distortion of pods and development of empty cocoa beans (5, 8, 11). Resultant crop losses of up to 18% and 10% have been reported in Ghana (14) and in Nigeria (3, 11), respectively.

This paper attempts to examine the relationships between the insect population in the field and the prevailing environmental factors such as available cocoa pods and cherelles, rainfall, relative humidity and temperature in Nigeria.

COMPENDIO

La presencia del chinche de escudo *Bathycoelia thalassina* (H-S), sujeta a las variaciones estacionales en el año, fue observada en plantas de cacao, en el período 1979 a 1982 con el propósito de determinar la relación que pueda existir entre su nivel de población y algunos factores ambientales. La población insectil tiene dos picos de frecuencia: febrero-mayo y agosto-noviembre. No se encontró diferencia entre el porcentaje de mazorcas maduras y de "cherelles" (mazorcas inmaduras) que fueron atacadas por el insecto, lo cual puede ser indicación de que posiblemente no hubo preferencia alimentaria por ninguno de los dos tipos de mazorca. Las relaciones entre abundancia del insecto y número de chereles, media mensual de lluvia, humedad relativa y temperatura fueron erráticas y no significativas. Se sugiere que las poblaciones insectiles pueden ser significativamente afectadas solamente por la severidad con que se presenten los factores ambientales.

MATERIALS AND METHODS

Weekly counts of the nymphs and adult *B. thalassina* (H-S), numbers of pods and cherelles were carried out in two Amazon cocoa plots, S2/7 and E5/1, at the Cocoa Research Institute's Headquarters, Onigambari, Ibadan, Nigeria, between 1978 and 1982. The cocoa was planted at 3.05 m x 3.05 m spacing. On each sampling date, 100 trees selected randomly were thoroughly examined up to hand height (a maximum of 2 m above the ground) by a team of three men. The number of nymphs and adults of *B. thalassina* was recorded without removing them. Meteorological data—temperature, relative humidity and rainfall—were extracted from records collected with standard meteorological instruments in the Stevenson's screen situated at the Institute's meteorological station located at about 1.5 km from the plots on the estate. Counts of cherelles and pod production on the 100 randomly sampled cocoa trees were also carried out. The numbers of cherelles and mature pods attacked by *B. thalassina* were recorded and expressed as percentages of the total cherelles and pods counted. Correlation coefficients were calculated for the numbers of *B. thalassina* and pods, cherelles, the mean temperature, relative humidity and rainfall respectively.

RESULTS AND DISCUSSION

Seasonal abundance of *B. thalassina* at the two sites

¹ Received for publication 17 April 1987.

* Cocoa Research Institute of Nigeria, P. M. B. 5244, Ibadan, Nigeria.

S2/7 and E5/1, both planted to Amazon cocoa, are presented in Fig 1. The bug occurred on cocoa throughout the year with peaks occurring in February, May and August, and November, during the peak of the minor and main cocoa seasons respectively. Eguagie (2, 3) observed similar population peaks of the insect in the field in Nigeria. An analysis of variance (ANOVA) carried out on the numbers of the bug (Table 1) shows significant differences in the level of abundance between years ($P < 0.001$) and months ($P < 0.01$).

Damages caused by *B. thalassina* feeding on cocoa pods and cherelles were observed in the field throughout the seasons (Fig. 2). The feeding intensity as well

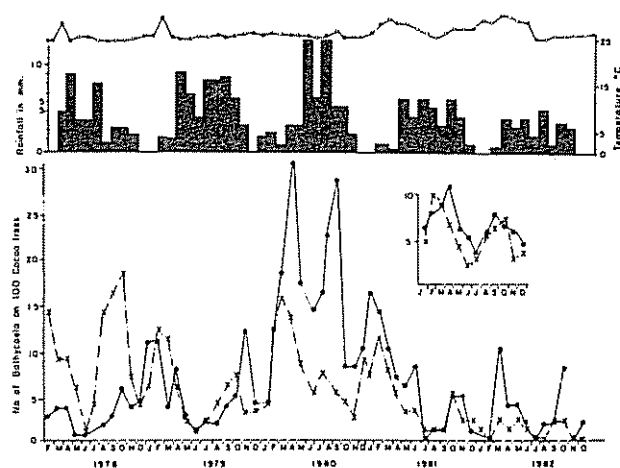


Fig 1. Trends in population of *B. thalassina* in two sites S2/7 and E5/1 Amazon plots at the Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN) headquarters (x --- x S2/7; o --- o E5/1); Inset is the Mean for 5 years (1978-1982)

as the number of pods attacked also fluctuated within the season, but did not particularly reflect the level of abundance of the bug on the crop and were not directly affected by prevailing physical factors. As shown by the result of the comparative "t"-test values (Table 2), the mean number of pods and cherelles with feeding lesions did not show that the bug exhibited any feeding preference for either the pods or cherelles on the cocoa trees.

A correlation analysis between the number of *B. thalassina* and the available pods, cherelles, mean values of the prevailing rainfall, relative humidity and temperature (Table 3) shows that the number of pods or cherelles available on cocoa trees did not result in the occurrence of equally high numbers of *B. thalassina*. The numbers of the bug also did not correlate with the percentage of pods or cherelles attacked. As reflected in Fig. 1, the population trend was high whenever there was low and moderate rainfall. The correlation coefficients between bug numbers and rainfall were insignificantly negative,

Table 2. Comparative "t" test analysis between pods and cherelles with feeding lesions inflicted by *B. thalassina* (mean of two plots S2/7 and E5/1).

Year	"t" test value
1978	2.32*
1979	1.06 NS
1980	0.89 NS
1981	0.103 NS
1982	1.97 NS

* Significant

$P < 0.05$

NS Not significant

Table 1. F-values for the occurrence of *B. thalassina* at two sites, S2/7 and E.5/1, at CRIN Headquarters (1978-1982).

Source of variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	Variance ratio and significance level (*)
S2/7				
Years	431.567	4	107.892	10.3825***
Months	353.933	11	32.1757	3.0963**
E5/1				
Years	1.087.47	4	271.858	8.83853***
Months	234.05	11	21.2773	0.69176 NS

* Significant $P < 0.05$.

** Significant $P < 0.01$.

*** Significant $P < 0.001$.

NS Not significant at $P < 0.05$.

which suggests that the *Bathycoelia* population could be reduced by rainfall. Earlier studies by Owusu-Manu (13, 16) in Ghana had suggested that rainfall was an important factor capable of regulating the abundance of the pest in the field. The number of *Bathycoelia* correlated negatively with the relative humidity, but positively with temperature; the correlation was significant in 1980. The mean temperature fluctuation graph shown in Fig 1 did not vary much from month to month during the seasons, and

thus temperature seems to exert a generally moderate effect on the insect's population.

The general picture in the correlation matrix (Table 4) shows that there is closer interrelationship between physical factors and crop response. The observed inconsistent relationships between the numbers of *B. thalassina* and the factors suggest that only the severity of these factors may be capable of significantly affecting the insect occurrence in the field.

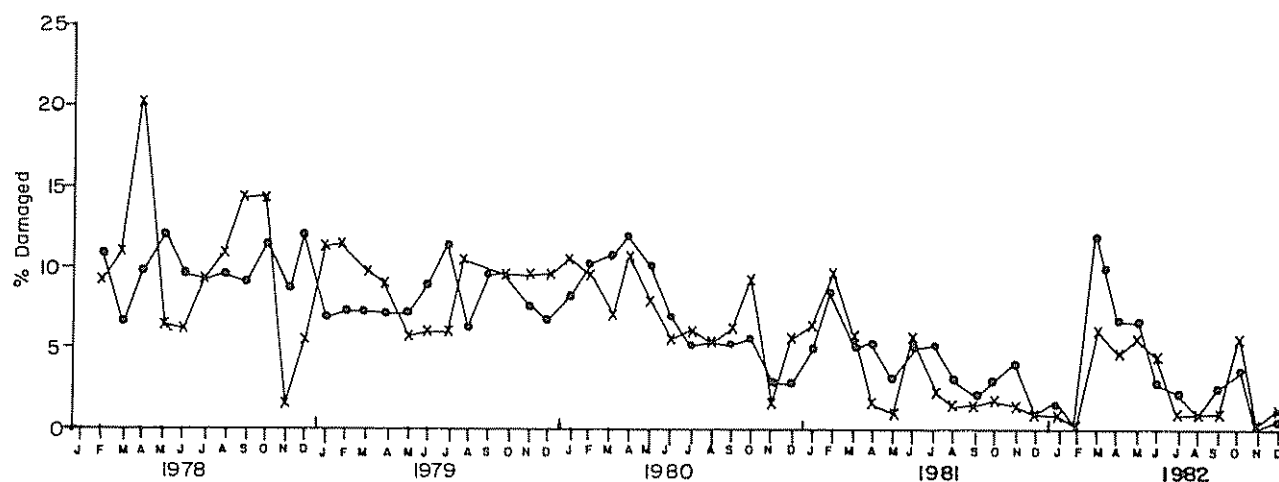


Fig 2 Level of damage caused by *B. thalassina* on Cocoa pods (●-●) and cherrelles (x—x) at C.R.I.N headquarters.

Table 3. Correlation between *Bathycoelia* numbers and pods, cherrelles, rainfall, relative humidity and temperature.

Factors	1978	1979	1980	1981	1982
Pods	+ 0.572371	- 0.387068	- 0.694012	- 0.227852	+ 0.420332
Cherrelles	- 0.191933	+ 0.0445452	+ 0.403197	- 0.165824	+ 0.0742918
Rainfall	- 0.257548	- 0.545222	+ 0.659616	- 0.393261	+ 0.390951
R.H.	+ 0.282207	- 0.575835	- 0.790836**	- 0.630393	- 0.209118
T ^o	+ 0.191354	+ 0.499855	+ 0.70818 **	+ 0.506649	+ 0.402545

** Significant P < 0.05.

NS Not significant

Table 4. Correlation matrix of the relations between *B. thalassina* and the environmental factors on the field in 1980.

	Insect 1	Pods 2	Cherrelles 3	Rainfall 4	Relative humidity 5	Temperature 6
1	—	—	—	—	—	—
2	- 0.69401*	—	—	—	—	—
3	+ 0.40319	+ 0.43353	—	—	—	—
4	+ 0.65962	- 0.76663**	+ 0.84578**	—	—	—
5	- 0.79084**	+ 0.96821**	- 0.48287	- 0.77388**	—	—
6	+ 0.70818**	- 0.98147**	+ 0.49777	+ 0.82427**	- 0.973224**	—

* Significant $P < 0.05$ ** Significant $P < 0.01$ *** Significant $P < 0.001$

LITERATURE CITED

- ALIBERT, H. 1951. Les insectes vivants sur les cacaoyers en Afrique occidentale. Mem. Inst. Fr. Afr. Noire 15:174.
- EGUAGIE, W.E. 1974. Observations on the ecology of the cocoa shield bug *Bathycoelia thalassini* H-S (Heteroptera) in Nigeria. Abstract in Proceedings West Afr. Cocoa Ent. Ghana.
- EGUAGIE, W.E. 1974. Geographical distribution and occurrence of *Bathycoelia thalassina* (H-S) (Heteroptera: Pentatomidae) on cocoa in Nigeria. Proc. West Afr. Cocoa Ent. Ghana. p. 11-12.
- GERARD, B.M. 1964. Insects associated with unshaded *Theobroma cacao* L. in Ghana. In Conf. on Mirids and Pests of Cocoa (1964, Ibadán) Nigeria. Proceedings. p. 101-111.
- GERARD, B.M. 1965. *Bathycoelia thalassina* (H-S) (Hemiptera: Pentatomidae), a pest of *Theobroma cacao* L. Nature (Inglaterra). 307:881.
- GIBBS, D.G.; LESTON, D. 1970. Insect phenology in a forest cocoa-farm locality in West Africa. Journal of Applied Ecology 7:519-548.
- GOLDING, F.D. 1940. Further notes on food plants of Nigerian insects. Bulletin Entomology Research 31:127-130.
- LODOS, N. 1967. Studies on *Bathycoelia thalassina* (H-S) (Hemiptera: Pentatomidae), the cause of premature ripening of cocoa pods in Ghana. Bulletin Entomology Research 57:289-299.
- MARCHART, A.E.; LODOS, N. 1969. The biology and insecticidal control of the cocoa pentatomidae *Bathycoelia thalassina* H-S (Hemiptera: Pentatomidae). Ghana Journal of Agricultural Science 2:31-37.
- MAYNE, R. 1917. Insectes et autres animaux attaquants le cacaoyer au Congo Belge. Etud. Bio. Agric. 3:80.
- OJO, A.A. 1979. Incidence of *Bathycoelia thalassina* and damage to cocoa in the cocoa growing areas of Nigeria. CRIN Annual Report 1978/79.
- OJO, A.A. 1981. Food plants of *Bathycoelia thalassina* (H-S) (Hemiptera: Pentatomidae). In International Cocoa Conference (8, 1981, Cartagena, Col.). Proceedings p. 319-322.
- OWUSU-MANU, E. 1974. Biology of *Bathycoelia thalassina* (H-S) (Heteroptera: Pentatomidae) in Ghana. In Conf. West Afr. Cocoa Ent. (4., 1974, Ghana). Proceedings. p. 11-22.
- OWUSU-MANU, E. 1976. Estimation of cocoa pod losses caused by *Bathycoelia thalassina* (H-S) Hemiptera: Pentatomidae). Ghana Journal of Agricultural Science 9:1-3.
- OWUSU-MANU, E. 1977. Distribution and abundance of the cocoa shield bug, *Bathycoelia thalassina* (H-S) (Hemiptera: Pentatomidae) in Ghana. Journal of Applied Ecology 14:331-341.

Incidencia de la Aplicación de un Compost de Basura Urbana y Diferentes Complementos Minerales sobre la Disponibilidad Secuencial de Fósforo para la Planta¹

F. Gallardo-Lara*, R. Delgado Calvo Flores**, R. Nogales**

ABSTRACT

A greenhouse pot experiment was conducted to evaluate the capacity of phosphorus release of an urban refuse dump, either alone or supplemented with different mineral complements. Evaluations were made by determining the phosphorus extracted by six harvests of a ryegrass culture. (*Lolium perenne* L. cv. Argo). After a period of integration and stabilization, compost added to soil promoted a significant increase of the phosphorus extracted by plants. Presumably, that phosphorus came from the mineralization of organic phosphorus present in the compost. This effect was greater when compost was supplemented with a single mineral nutrient (N, P, K or S), especially at the first harvest. Finally, when compost was provided with all nutrients, it promoted a greater uptake of phosphorus by plants than mineral fertilization with all nutrients. That effect was observed with particular significance during the three final harvests.

INTRODUCCION

Un aspecto importante de la fertilización orgánica del suelo radica en que, a través de ella, se aportan nutrimentos que son liberados gradualmente a formas asimilables para la planta. En este sentido, se ha prestado una especial atención al empleo de diferentes materiales orgánicos como fuentes potenciales de nitrógeno (2, 34) y en menor medida, a otros elementos tales como azufre (3, 35) y fósforo.

En relación con este último nutrimento, la mayor parte de los estudios efectuados se han llevado a cabo mediante la aplicación de diversos productos orgánicos, como son los estiércoles naturales (19, 32) y los abonos verdes (15, 37) no existiendo, en cambio, suficiente información acerca de un producto orgánico

COMPENDIO

Se llevó a cabo un experimento con objeto de evaluar la capacidad de cesión de fósforo de un compost de basura urbana, con y sin complementos minerales, a través de la medida del fósforo extraído por seis recogidas de un cultivo de ryegrass. (*Lolium perenne* L. cv. Argo). La adición de compost al suelo, tras un cierto período de integración en el mismo, promueve un aumento significativo del fósforo extraído por el cultivo, que, presumiblemente, proviene de la mineralización del fósforo orgánico del compost. Dicho efecto se encuentra potenciado cuando este material es suplementado con nitrógeno, fósforo, potasio o azufre, especialmente, durante el comienzo del experimento. Por último, la aplicación conjunta de compost y complementos minerales promueve mayor extracción de fósforo por la planta que la fertilización exclusiva mineral, hecho especialmente significativo en las tres últimas recogidas de ryegrass.

de interés especial en la actualidad, como lo es el compost de basura urbana, limitándose la información a lo indicado por otros autores en diversos estudios (11, 36), en los cuales este elemento es tratado conjuntamente con otros nutrimentos.

El objetivo del presente trabajo es incrementar el conocimiento sobre tal aspecto, ya que en el mismo se describen resultados relativos a la influencia de la adición de compost al suelo, con y sin complementos minerales, sobre la absorción secuencial de fósforo por un cultivo de ryegrass.

MATERIALES Y METODOS

Material orgánico y suelo utilizado

El subproducto orgánico ensayado fue compost maduro de basura urbana de la ciudad de Granada (España). El análisis químico del mismo dio los siguientes resultados: pH (H₂O) = 7.1; CE₂₅ = 31.15 mMhos/cm; C orgánico = 25.52% N = 1.40%; P₂O₅ = 0.87%; K₂O = 0.78%; S = 0.26%; Ca = 8.72% y Mg = 0.80%.

Se utilizó el horizonte Ap de un Fluvisol calcáreo de la vega alta del Genil (Granada), cuyo análisis quí-

¹ Recibido para publicación el 2 de mayo de 1987. Los autores agradecen al C.S.I.C. la subvención prestada a este trabajo de investigación que forma parte del Proyecto: Estudio de la materia orgánica del suelo y uso de diferentes fuentes orgánicas para el aumento de la fertilidad del mismo.

* Departamento de Química Agrícola. Estación Experimental del Zaidín (C.S.I.C.) Granada. (ESPAÑA)

** Departamento de Edafología. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada (ESPAÑA).

mico y textural se expresa a continuación: pH(H₂) = 7; Materia Orgánica = 1.64% ; N = 0.125% ; P₂O₅ = 0.043% ; K₂O = 0.014% ; CO₃ Ca equiv. = 15.75% ; Arena = 41.1% ; Limo: 42.2% y Arcilla = 16.7%

Estos análisis se realizaron según técnicas descritas por diferentes autores (6, 22, 26).

Tratamientos experimentales

Se establecieron 19 tratamientos que se mencionan a continuación: 1(T): Suelo; 2(C): Suelo y compost; 15 tratamientos más que, además de suelo y compost incluían complementos de N, P, K y S, bien individualmente: 3(CN), 4(CP), 5(CK), 6(CS); en combinaciones binarias 7(CNP), 8(CNK), 9(CNS), 10(CPK) 11(CPS), 12(CKS); en combinaciones ternarias 13(CNPK), 14(CNPS), 15(CNKS), 16(CPKS) o en combinaciones cuaternarias 17(CNPKS). Por su parte, se establecieron dos tratamientos más los cuales, además de suelo, incluían exclusivamente fertilización mineral 18(NPKS) y 19(NPKSCaMg).

La cantidad de compost adicionada al suelo fue de 60 t/ha. Los nutrientes minerales añadidos lo fueron en cantidad equivalente a su contenido en el compost.

Experimento de fertilidad

El experimento se realizó en invernadero, en macetas troncocónicas de PVC (baja densidad), de 2.5 l. de capacidad. Cada maceta fue sembrada con 1 000 semillas de ryegrass (*Lolium perenne* L. cv. Argo) que fue recolectado mensualmente hasta obtener un total de seis recogidas. Para cada tratamiento se establecieron seis repeticiones. Otros detalles experimentales, así como las condiciones ambientales en que se desarrolló el ensayo, han sido anteriormente referidos (31).

Una vez secadas y molidas las muestras vegetales recolectadas, correspondientes a cada tratamiento y repetición, se determinó en ellas el fósforo, según metodología descrita por Lachica *et al.* (26).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se expresan los resultados correspondientes a la concentración de fósforo en la planta, para cada uno de los tratamientos efectuados, durante el desarrollo del experimento.

La adición de compost al suelo no provoca variaciones sustanciales de la concentración de fósforo en

Cuadro 1. Concentración de fósforo en parte aérea de ryegrass expresado en % de materia seca. Valor medio de seis repeticiones.

Tratamientos	Recogidas					
	1a	2a	3a	4a	5a	6a
1 (T)	0.28	0.17	0.18	0.17	0.35	0.45
2 (C)	0.29	0.19	0.13	0.16	0.48	0.57
3 (CN)	0.33	0.20	0.16	0.23	0.37	0.65
4 (CP)	0.60	0.43	0.60	0.60	0.67	0.81
5 (CK)	0.43	0.27	0.53	0.41	0.55	0.79
6 (CS)	0.38	0.24	0.56	0.31	0.58	0.82
7 (CNP)	0.56	0.34	0.24	0.37	0.49	0.80
8 (CNK)	0.29	0.20	0.16	0.28	0.28	0.58
9 (CNS)	0.27	0.17	0.17	0.28	0.21	0.37
10 (CPK)	0.60	0.43	0.65	0.28	0.69	0.91
11 (CPS)	0.57	0.40	0.21	0.25	0.57	0.65
12 (CKS)	0.28	0.34	0.54	0.21	0.40	0.47
13 (CNPK)	0.53	0.40	0.41	0.28	0.48	0.69
14 (CNPS)	0.53	0.27	0.21	0.43	0.42	0.73
15 (CNKS)	0.29	0.21	0.26	0.37	0.36	0.49
16 (CPKS)	0.65	0.48	0.46	0.64	0.50	0.76
17 (CNPKS)	0.53	0.24	0.45	0.30	0.37	0.62
18 (NPKS)	0.58	0.31	0.47	0.31	0.37	0.22
19 (NPKSCaMg)	0.42	0.31	0.33	0.25	0.26	0.22
MDS (0.05)	0.08	0.08	0.10	0.10	0.09	0.11

la planta, con respecto al testigo, durante las cuatro primeras recogidas. Esta tendencia ha sido igualmente observada en otros trabajos (5, 23), los cuales indican que solamente se producen incrementos significativos al utilizar dosis elevadas de compost. En nuestro caso, sólo se constataron incrementos del mismo en las dos últimas recogidas.

En cuanto a la aplicación conjunta de compost y fertilizantes minerales, en general, dan lugar a un aumento de la concentración de fósforo en la planta, tanto respecto al testigo como al compost, destacando el aumento producido por la adición de fósforo lo cual refleja que, durante parte del experimento, este elemento tiene carácter limitante.

Por último, la adición exclusiva de fertilizantes minerales también provocan incrementos, aunque en menor grado, que los originados cuando van unidos al material objeto de estudio, especialmente en las dos últimas recogidas.

Desde un punto de vista absoluto, los datos de concentración de fósforo en la planta son similares a los obtenidos por otros autores utilizando dicho material vegetal (9, 33), cumpliendo la mayoría de ellos los requerimientos para la ganadería (27).

La Fig. 1 recoge la evolución del P extraído por la planta en los tratamientos (T), (C), (CN), (CP); (K) y (CS).

La aplicación de compost al suelo (C) en la primera recogida, no produce variaciones significativas con respecto al testigo. Ello indica, por una parte, que el fósforo que contiene el compost debe ser predominantemente de naturaleza orgánica, no asimilable; por otra, tampoco se observan cambios en sentido contrario, que hagan suponer una inmovilización, tal como ha sido descrito para otros materiales orgánicos en experimentos de incubación (14, 16, 17, 18). En la segunda recogida se observa que (C) supera significativamente al testigo; después, en las restantes recogidas, se continúa observando esta misma tendencia que también resulta significativa en el quinto y sexto corte.

Una visión global del comportamiento que configura el tratamiento (C) indica que el material objeto de estudio, una vez incorporado al suelo, promueve un significativo aumento de fósforo asimilable, el cual, principalmente, debe de provenir a través de la mineralización de fósforo orgánico. Estos resultados concuerdan con la idea manifestada acerca de que la adición de materiales orgánicos que contengan 0.3% de fósforo o más, dan lugar a una positiva mine-

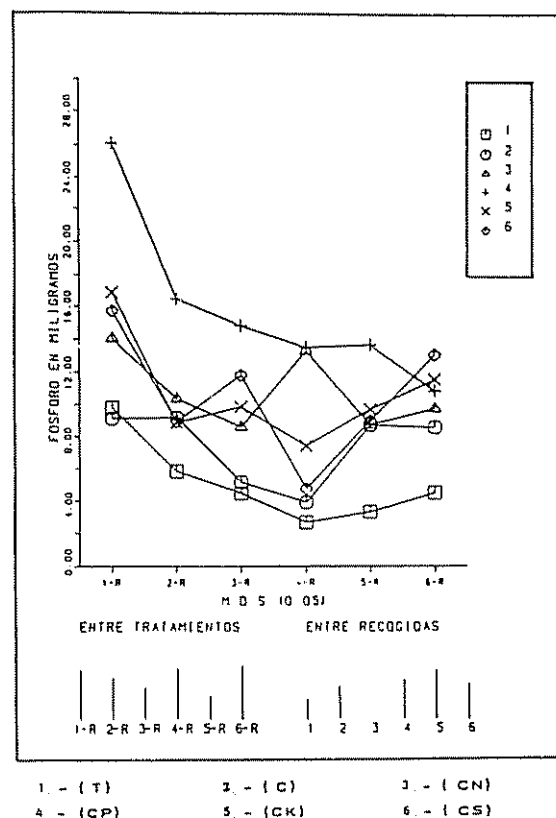


Fig. 1. Evolución del fósforo extraído por la planta, expresado en miligramos, para los tratamientos (T), (C), (CN), (CP), (CK) y (CS). Valor medio de seis repeticiones.

ralización de este elemento (10); en nuestro caso, el compost contiene un 0.87% de P_2O_5 . Así mismo, estos resultados coinciden con los obtenidos por otros autores en ensayos de campo e invernadero (20, 21).

La adición, tanto de nitrógeno como de fósforo, potasio o azufre al compost, favorecen la disponibilidad de fósforo asimilable por la planta, promoviendo aumentos significativos en todas las recogidas respecto a (T) y en algunas de ellas frente a (C).

El marcado efecto del tratamiento (CP) se puede atribuir a que la adición de fósforo inorgánico, de inmediato, resulta asimilable (28) y además, incrementa la mineralización del fósforo orgánico (1, 13).

Los considerables incrementos de fósforo asimilable que promueven tanto (CN) como (CS), están de acuerdo con los resultados obtenidos por Barrow (4) en un estudio de incubación en el cual comprueba que, a niveles altos de N y S añadidos, corresponden valores superiores de fósforo asimilable. En el mismo sentido, Clement (8) indica que la adición de diversas fuentes azufradas incrementan el fósforo asimilable en suelos calcáreos, con la consiguiente repercusión

sobre la planta. Por otra parte, estos resultados contrastan con la inmovilización de fósforo provocada por aportes de nitrógeno efectuados a través de la incorporación de residuos de leguminosas (14).

Las Figs. 2 y 3, además de los tratamientos controles (T) y (C), incluyen los tratamientos constituidos por compost, respectivamente, suplementado con combinaciones binarias y ternarias de los diferentes nutrimentos aplicados.

En ambas figuras se confirma la influencia que tiene la adición de diferentes fertilizantes minerales al compost para incrementar el fósforo asimilable, obteniéndose valores significativos respecto al testigo y en algunas recogidas, respecto al compost. Igualmente, se pone de manifiesto la mayor eficiencia de los tratamientos que llevan fósforo, así como el que la aplicación de nitrógeno potencia el efecto del fósforo (CNP). En sentido contrario se advierte una mutua interacción negativa entre el potasio y el azufre (CKS) durante el primer corte; pero, en contrapartida, este tratamiento ocasiona un aumento significativo respecto a (C) en el segundo corte, hecho que no sucede por parte de los tratamientos (CK) y (CS). Algo simi-

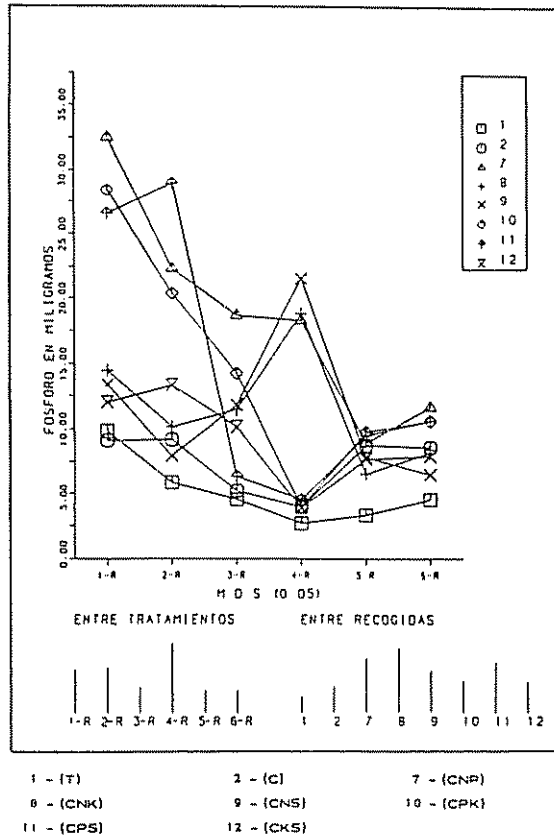


Fig. 2. Evolución del fósforo extraído por la planta, expresado en miligramos, para los tratamientos (T), (C), (CNP), (CNK), (CNS), (CPK), (CPS) y (CKS). Valor medio de seis repeticiones.

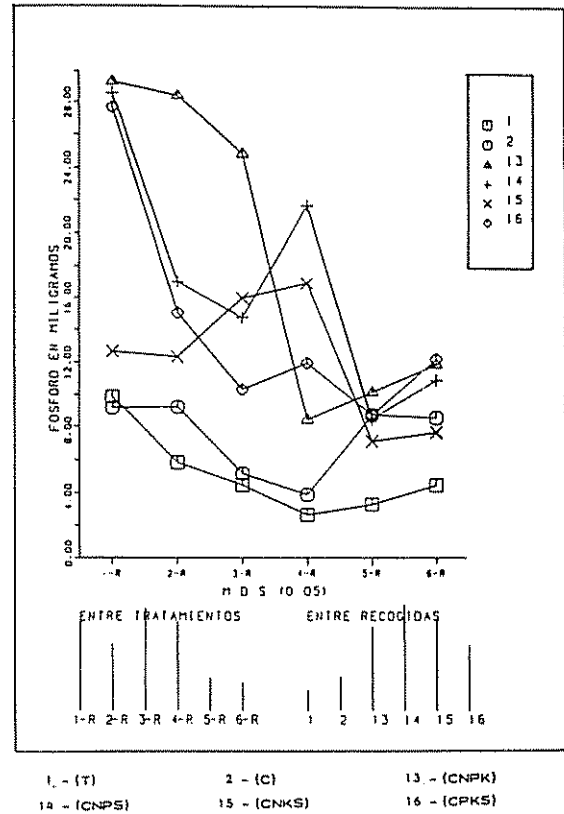


Fig. 3. Evolución del fósforo extraído por la planta, expresado en miligramos, para los tratamientos (T), (C), (CNPK), (CNPS), (CNKS) y (CPKS). Valor medio de seis repeticiones.

lar a lo últimamente descrito sucede en el tratamiento (CNKS), en el cual, en las dos primeras recogidas, no presentan resultados significativos y sí en cambio en la tercera y cuarta

La Fig. 4 expresa la evolución, además de los controles, de los tratamientos (CNPKS), (NPKS) y (NPKSCaMg).

En ella, en forma global, se aprecia que la cantidad de fósforo extraída por la planta es ligeramente superior para el tratamiento (CNPKS), siendo el incremento bastante aproximado al producido por el compost sólo con respecto al testigo (I).

Un análisis detallado revela claramente que (CNPKS) no muestra diferencias significativas respecto a (NPKS) durante las tres primeras recogidas; después, sí se presentan diferencias significativas a favor de (CNPKS) que hay que atribuirles a una liberación de fósforo asimilable por parte del compost, a medida que transcurre su integración en el suelo.

En conjunto, estas observaciones discrepan de las efectuadas por (24, 25) relativas a que la adición de compost y fertilizantes minerales NPK dan lugar a va-

lores de fósforo asimilable inferiores a los que resultan cuando se añaden exclusivamente fertilizantes minerales. Sin embargo, tales observaciones están en concordancia con las obtenidas por El-Baruni y Olsen (12), quienes señalan un aumento mayor del fósforo soluble del suelo cuando se aplica conjuntamente estiércol y superfosfato, con respecto a la adición separada de dichos productos. Asimismo, nuestros resultados confirman las observaciones de Mehta y Daftardar (29) relativas a que la incorporación al suelo de composts de paja de trigo o de basuras urbanas, conjuntamente con mezclas minerales NPK, dan lugar a una extracción mayor, aunque no significativa, de fósforo por un cultivo de trigo, frente a la fertilización exclusivamente mineral.

El efecto beneficioso del compost destaca, sobre todo, cuando (CNPKS) se compara con (NPKSCaMg), ya que lo supera significativamente a lo largo de todo el experimento, con la excepción de la segunda recogida. En el mismo sentido, durante gran parte del experimento (NPKS) ocasiona valores de fósforo asimilable significativamente más elevados que los correspondientes a (NPKSCaMg). Este hallazgo puede explicarse como consecuencia del efecto negativo provocado por los elementos Ca y Mg incorporados los cuales deben dar lugar a compuestos de fósforo insoluble y por tanto, a una inmovilización química similar a la que produce la caliza (7, 30).

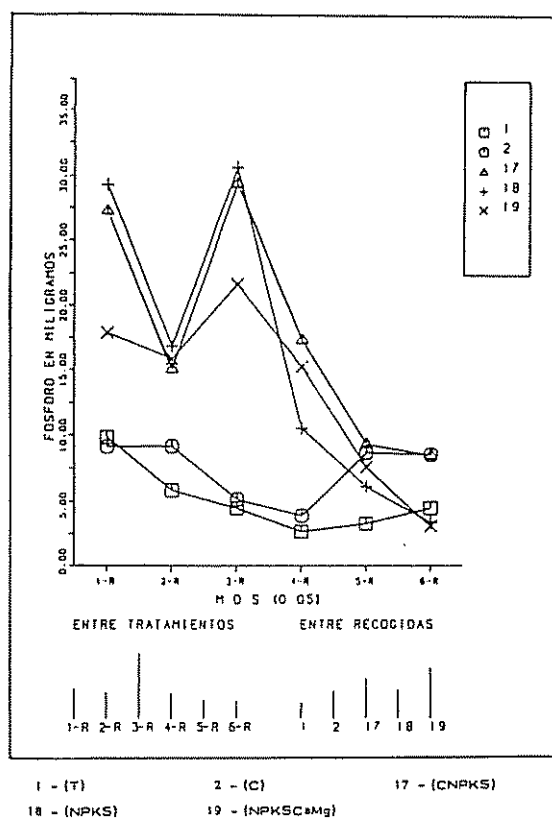


Fig. 4. Evolución del fósforo extraído por la planta, expresado en miligramos, para los tratamientos (T), (C), (CNPKS), (NPKS) y (NPKSCaMg). Valor medio de seis repeticiones.

LITERATURA CITADA

- ACQUAYE, D.K. 1983. Some significance of soil organic phosphorus mineralization in the phosphorus nutrition of cocoa in Ghana. *Plant and Soil* 19(1):65-80.
- ASGHAR, M.; KANEHIRO, Y. 1976. Effects of sugarcane trash and pineapple residue incorporation on soil nitrogen, pH and redox potential. *Plant and Soil* 44:209-218.
- BARROW, N.J. 1960. A comparison of the mineralization of nitrogen and sulphur from decomposing organic materials. *Australian Journal of Agricultural Research* 11:960-969.
- BARROW, N.J. 1960. The effect of varying the nitrogen, sulphur and phosphorus content of organic matter on its decomposition. *Australian Journal of Agricultural Research* 11:317-330.
- BENGISON, G.W.; CORNETTE, J.J. 1972. Disposal of composted municipal waste in a plantation of young slash pine: effects on soil and trees. *Journal of Environmental Quality* 2:441-446.
- CADAHIA, C. 1971. Determinación semiautomática de azufre orgánico mineral en muestras agrícolas con aparato LECO. *Anales de Edafología y Agrobiología* 30(7-8):817-826.
- CAIOZZI, M.; PEIRANO, P.; RAUCH, E.; ZUNINO, H. 1968. Effect of seaweed of the levels of available phosphorus and nitrogen in calcareous soil. *Agronomy Journal* 60(3):324-326.
- CLEMENT, L. 1978. Sulphur increases availability of phosphorus in calcareous soils. *Sulphur in Agriculture* 2:324-326.
- CULLETON, N.; FLEMING, G.A. 1983. Mineral composition of ryegrass cultivars. *Irish Journal of Agricultural Research* 22:21-29.
- DALAL, R.C. 1977. Soil organic phosphorus. *Advances in Agronomy* 29:82-117.
- DUGGAN, J.C.; WILES, C.C. Effects of municipal and nitrogen fertilizer on selected soil and plants. *Compost Science* 17(5).

12. EL-BARUNI, B.; OLSEN, S R. 1979. Effect of manure on solubility of phosphorus in calcareous soils. *Soil Science* 128(4):219-224.
13. ENWEZOR, W O. 1966. The biological transformation of phosphorus during the incubation of a soil treated with fresh and rotted organic materials. *Plant and Soil* 25(3):463-466
14. ENWEZOR, W.O. 1976. The mineralization of nitrogen and phosphorus in organic materials of varying C/N and C/P ratios. *Plant and Soil* 44:237-240.
15. GALLARDO-LARA, F.; VITORINO, B.; AZCON, M.; OCAMPO, J A s f. Utilización de diversos residuos de leguminosas como abono verde. I Efecto sobre los nutrientes N, P y S. *Anales de Edafología y Agrobiología* 29(5-6):923-934.
16. GHOSHAL, S. 1974. Fate of fertilizer phosphorus under aerobic decomposition. *Plant and Soil* 40:685-688.
17. GHOSHAL, S. 1975. Biological immobilization and chemical fixation of native and fertilizer phosphorus in soil. *Plant and Soil* 41:649-662.
18. GHOSHAL, S.; JANSSON, S L. 1975. Transformation of phosphorus in organic matter decomposition studies with special reference to the immobilization aspect. *Swedish Journal of Agricultural Research* 5:199-208.
19. GRACEY, H I. 1984. Availability of phosphorus in organic manures compared with monoammonium phosphate. *Agricultural Wastes* 11:133-141.
20. GUPTA, S K.; AKMAL, M.; SINHA, J P. 1975. Study of the manurial value of supercompost reinforced with single superphosphate. *Proceedings of the National Academy of Science of India* 45A(4):281-286.
21. HORIENSTINE, C.C.; ROTHWELL, D F. 1968. Garbage compost as a source of plant nutrients for oats and radishes. *Compost Science* 9(2):23-25.
22. JACKSON, M L. 1970. Análisis químico de suelos. Barcelona, OMEGA. Ed 662 p.
23. KING, L.D.; LEYSHON, A J.; WEBBER, L R. 1977. Application of municipal refuse and liquid sewage sludge to agricultural land. II. Lysimeter study. *Journal of Environmental Quality* 6(1):67-71.
24. KROPISZ, A.; WOJCIECHOWSKY, J. 1978. Mutual effect of mineral fertilizers and composts made from municipal wastes on yields and chemical composition of cabbage. *Roczniki Nauk Rolniczych Serie At* 103(2):164-180.
25. KROPISZ, A.; WOJCIECHOWSKY, J. 1978. Joint effects produced by mineral fertilization and compost of municipal refuse on the yields and chemical composition of carrot roots. *Biuletyn Warzywniczy* 21:127-142.
26. LACHICA, M.; AGUILAR, A.; YAÑEZ, J. 1973. Análisis foliar. Métodos utilizados en la Estación Experimental del Zaidín. *Anales de Edafología y Agrobiología* 32(11-12):1 033-1 047.
27. LANGILLE, W M.; MACLEAN, K S. 1976. Some essential nutrient elements in forest plants as related to species, plant part, season and location. *Plant and Soil* 45:17-26.
28. MAROK, A.S.; DEV, G. 1980. Phosphorus-sulphur relationships in berseem (*Trifolium alexandrinum*) as measured by yield and plant analysis. *Journal of Nuclear Agriculture and Biology* 9:54-56.
29. MEHIA, S.A.; DAFTARDAR, S Y. 1984. Effects of anaerobically prepared wheat straw composts and city garbage composts on yield and N and P uptake by wheat. *Agricultural Wastes* 10:37-46.
30. MILNE, R A.; GRAVELAND, D N. 1972. Sewage sludge as a fertilizer. *Canadian Journal of Soil Science* 52:270-273.
31. NOGALES, R.; ZAMORA, M A.; GOMEZ, M.; GALLARDO-LARA, F. 1984. Evaluación del potencial fertilizante de un compost de basura urbana. Efecto sobre germinación y rendimientos secuenciales en cosecha. *Anales de Edafología y Agrobiología* 43(1-2):183.
32. RAHARINOSY, R.V. 1983. Etude de l'influence des différentes doses de fumier sur la libération du phosphorus d'un sol ferrallitique de Madagascar. *Série (Orstom) Pedologie* 20(2):129-146.
33. SMITH, G.S.; GOOLD, G.J.; JOHNSTON, C.M.; UPSDELL, M. 1982. Water use and chemical composition of ryegrass (*Lolium*) cultivars. *Plant and Soil* 69:21-29.
34. STEWART, E. 1959. Relative rates of mineralization in soil of organic nitrogen from several forage crops. *Agronomy Journal* 51:51-53.
35. STEWART, B.A.; WHIFFIELD, C J. 1965. Effects of crop residues, soil temperature and sulphur on the growth of winter wheat. *Soil Science Society American Proceedings* 29(6):752-755.
36. TERMAN, G.L.; SOILEAU, J.M.; ALLEN, S.E. 1973. Municipal wastes compost: Effects on crop yields and nutrient content in greenhouse pot experiments. *Journal of Environmental Quality* 2(1):84-89.
37. WHITE, R E.; AYOUB, A I. 1983. Decomposition of plant residues of variable C/P ratio and the effect on soil phosphate availability. *Plant and Soil* 74: 163-167.

Notes On Phenological Patterns of Flowering and Flower-Feeding Beetles
(Coleoptera: Chrysomelidae) in Two Clones of Cacao (Sterculiaceae:
Theobroma cacao L.) in Costa Rica¹

A. M. Young*

ABSTRACT

For five successive years, freshly opened flowers and flowers damaged from feeding by chrysomelid beetles, chiefly *Colaspis* sp. and *Monolepta* sp. beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) were measured for 35 mature trees each of two commercially-propagated clones ("Pound-7" and "UF-613") of *Theobroma cacao* Linnaeus (Sterculiaceae) at Finca Experimental La Lola in Costa Rica. The purpose of this study was to assess the relationship between temporal patterns of floral abundance, floral herbivory and beetle abundance in each cacao clone, and to evaluate the possible impact of floral herbivory in cacao on the potential for natural pollination. Although the abundance of flowers varied greatly at different times, total number of flowers produced was very similar between the two clones, as was the very low incidence (4-5% range) of floral herbivory for the entire study period. No positive correlations were found in either cacao clone between (1) abundance of flowers and beetles, (2) total flowers and the incidence of damaged flowers, or (3) the incidence of damaged flowers and the abundance of beetles. The observed very low numbers of *Colaspis* and *Monolepta* on all of 14 censuses, even though the former species was 2-4 times as numerous as the latter, may have precluded detecting a positive relationship between flowers and beetles. Yet the extent to which these beetles are specific to cacao flowers cannot be ascertained, even though both species were also occasionally found feeding on flowers of *Theobroma simiarum* Donn. Smith and *T. speciosum* Willd. at La Lola. Observed levels of both beetles and floral damage from their herbivory are too low to have a significant negative impact on natural pollination in *T. cacao*. Because no noticeable differences were found between the two clones studied for the numbers of *Colaspis* and *Monolepta*, it is concluded that marked differences in floral pigmentation (reddish flowers in "UF-613" and whitish flowers in "Pound-7") did not influence floral feeding preferences by these beetle species for these clones.

COMPENDIO

En la Finca Experimental La Lola de Costa Rica, durante un período de cinco años, se hizo un estudio de las flores de 70 árboles maduros de *Theobroma cacao* Linnaeus (Sterculiaceae). De éstos, 35 eran del clon comercial Pound-7 y 35 del clon comercial UF-613. Se registró la abundancia de flores nuevas y de flores dañadas por los coleópteros, especialmente los *Colaspis* sp. y los *Monolepta* sp. (Coleoptera: Chrysomelidae). Este estudio busca calcular la relación entre la aparición y la abundancia de las flores, el grado de destrucción de las flores por los coleópteros herbívoros y la abundancia de éstos en cada clon de cacao. También se buscó evaluar la posible reducción en la polinización natural a causa de la destrucción de cierta cantidad de flores por los coleópteros herbívoros. La abundancia de las flores varió mucho. Sin embargo, ambos grupos de árboles produjeron cantidades casi iguales de flores. Los dos grupos mostraron baja destrucción de flores por los coleópteros herbívoros, constituyendo entre 4 y 5% durante los cinco años del estudio. No se encontró en ninguno de los clones correlación positiva entre los siguientes factores: 1) abundancia de flores y abundancia de coleópteros; 2) número total de flores y número total de flores dañadas; 3) número de flores dañadas y abundancia de coleópteros. El hecho de no haber observado correlación positiva entre las cantidades de flores y los coleópteros puede deberse al índice bajo de *Colaspis* y de *Monolepta* en los catorce recuentos que se hicieron; esto a pesar de que el número de *Colaspis* excedió el de *Monolepta* en dos a cuatro veces. No se puede afirmar hasta qué punto estos coleópteros limitan a las flores de cacao, aunque las dos especies en La Lola, también se alimentan ocasionalmente de flores de *Theobroma simiarum* Donn. Smith y de *T. speciosum* Willd. Las cantidades de coleópteros y de flores dañadas por coleópteros herbívoros son tan bajas que estos daños no representan un peligro para la polinización de *T. cacao*. Puesto que no hubo diferencia significativa entre el número de *Colaspis* y de *Monolepta* que se encontraron en los dos clones, se concluye que las diferencias de pigmentación de las flores (rojiza en UF-613 y blanuzca en Pound-7) no influyeron en las preferencias de estos coleópteros herbívoros.

¹ Received for publication 10 February 1987.

This research was funded by grants from the American Cocoa Research Institute of the Chocolate Manufacturers Association of the United States of America. I am extremely grateful for the kindnesses and assistance provided me at La Lola from Miguel Cerdas, Ricardo Palacios, Alfredo Paredes, and Dr. Gustavo A. Enriquez, all of the Cacao Program at CATIE. My special thanks to Dr. Richard E. White, Systematic Entomology Laboratory, US Department of Agriculture (Agricultural Research Service), Washington, D.C. for the determinations of the beetles. Vivian Corres of the Education Section at the Milwaukee Public Museum provided the Spanish translation of the abstract to this paper.

* Invertebrate Zoology Section, Milwaukee Public Museum, Milwaukee, Wisconsin 53233 USA.

INTRODUCTION

Several genera of chrysomelid beetles (Coleoptera: Chrysomelidae), including *Colaspis*, feed on the leaves of *Theobroma cacao* L. (Sterculiaceae) in the American tropics (3, 7, 11). Although some species of *Colaspis* are apparently host-specific for cacao and other tropical crops (4, 13), flower-feeding by these and other chrysomelids associated with cacao has not been previously reported. In this paper I report the abundance of two species of

chrysomelid beetles, *Colaspis* sp. (Eumolpinae) and *Monolepta* sp. (Galerycinae) feeding on the flowers of two commercially-propagated clones of cacao, "Pound-7" and "UF-613," in Costa Rica, as observed periodically over a five-year period, and in relation to flowering phenology in cacao trees. Although chrysomelid beetles associated with the flowers of other species of plants may be pollinators (6), the general perception that floral herbivory from these beetles can be detrimental (15) prompted the present study. My data, and observations of the association of these and other chrysomelids with other species of *Theobroma* at the study site, indicate a temporally persistent low-level population density of these floral herbivores on flowers, independently of flowering cycles in cacao.

MATERIALS AND METHODS

This study was conducted at Finca Experimental La Lola (35 m above sea level), near Siquirres (10° 06'N, 83° 30'W), Limon Province, Costa Rica. At intermittent 3-5 month intervals between July 1982 and July 1987, the numbers of freshly-opened flowers and the numbers of beetles observed feeding on flowers were recorded individually for each of 35 trees of "Pound-7" and 35 trees of "UF-613" cacao in the Clonal Garden, La Lola. These two clones were chosen for study of beetle floral herbivory because the pigmentation of the flowers is markedly different between them: flowers of "Pound-7" are whitish, while those of "UF-613" are distinctly reddish. I was interested in determining whether or not beetles exhibited a definite feeding preference for flowers of one clone over the other, given this noticeable difference in color and other floral features between these clones (17). In terms of floral colors, these two clones represent two basic classes of flowers characteristic on many clones and varieties of commercially-propagated cacao throughout the world.

At each census of flowers and beetles, the same trees were examined, for a total of fifteen censuses within the five-year study period. Censuses of flowers and beetles were taken during both dry and rainy seasons over the five-year period, given the moderately dry period that occurs in February and March each year at La Lola (20). Occasional searches for beetles feeding on the leaves of cacao trees in the study area were also made to determine indirectly the apparent specificity of the adult stages for floral-feeding. I also opportunistically examined the flowers of other species of *Theobroma* growing in a "study garden" at La Lola for beetles, to determine if these insects were host-specific for *T. cacao* alone. Every attempt was made to count flowers and beetles exhaustively on all 70 trees. Censuses were usually

performed from 0800-1200 h in sunny weather. A census consisted of walking between rows of cacao trees, stopping at each tree and examining open flowers for both beetles and traces of beetle-feeding damage to floral structures (Fig. 1). Given the small body length (4-5 mm) of the beetles found in flowers, it was often difficult to locate beetles in flowers in the upper branches of cacao trees, undoubtedly introducing some bias into the results. Yet this error was consistent for all trees studied. At various times during the study, voucher specimens of beetles were collected for taxonomic determination. Behavior of beetles other than feeding, such as mating (Fig. 1), were also noted. The number of flowers exhibiting noticeable signs of feeding damage (chewing damage) from beetles were also recorded. Based on observing the feeding behavior of beetles, it was possible to discern damage from their feeding even when they were not present. Notes were also made as to specific floral parts fed upon by beetles.

RESULTS

Feeding Behavior

Two species of Chrysomelidae (Coleoptera), *Colaspis* sp. and *Monolepta* sp. (*M. sp.* near *bipartita* Jacoby) were seen feeding on floral tissues on trees belonging to both clones (Fig. 1). Occasionally, an additional chrysomelid, *Sphinterophyta* (= *Chrysodi-*

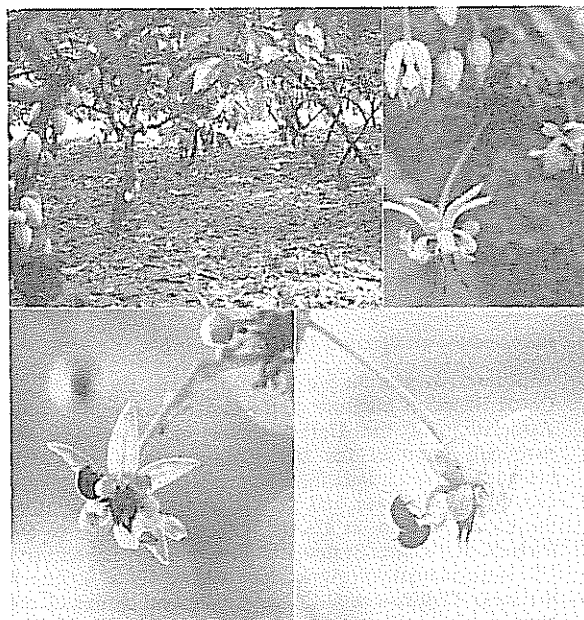


Fig. 1. Clockwise, beginning in upper left corner: View through the "Pound-7" cacao trees in the clonal garden at La Lola; freshly-opened flowers of cacao; pair of copulating *Monolepta* beetles on a cacao flower at the study site; *Monolepta* beetle feeding on sepal of a cacao flower.

na) sp. (near *C. servula* Lefevre) (Eumolpinae) was found feeding on flowers, but clearly *Colaspis* and *Monolepta* dominated the samples of beetles found in flowers in this study. Although adults of both genera are about the same size, *Colaspis* beetles are reddish while *Monolepta* are metallic dark blue, greatly facilitating field censuses of both species. *Sphinterophyta* beetles are similar in size to the other species, but black and more roundish.

Both *Colaspis* and *Monolepta* adults feed heavily on these floral structures of *T. cacao*: sepals, petal ligules, petal pouches. Anthers and pollen sacs are sometimes completely destroyed on individual flowers, but staminodes and pistils are generally not fed upon. There appears to be no divergence in feeding chains between these beetle genera and species. Feeding by these beetles leaves characteristic evidence of chewing on partly-devoured structures such as sepals (Fig. 1). For petal ligules, petal pouches and sepals combined, a range of approximately 10% to 75% of the combined tissue surface area represented by these floral structures was destroyed per flower on a given census as a result of herbivory from these beetles. However, an estimated 60% of all flowers with damage from this herbivory on a given census date had approximately 25% of these floral tissues destroyed. Rarely were individual flowers found that had virtually all of these floral structures completely destroyed by these beetles, a feeding behavior clearly

distinguishable from that of leaf-cutter ants, *Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae: Attinae)

An examination of approximately 500 flowers from each clone for the entire study period failed to turn up any chrysomelid larvae in flowers, and beetles were not found feeding on leaves of cacao trees. Feedings beetles are easily disturbed and fly off quickly or drop to the ground. Yet mating pairs of both *Colaspis* and *Monolepta* have been found in flowers (Fig. 1). Both single individuals and copulating pairs of *Monolepta* sp. near *bipartita* have also been found occasionally in the freshly opened flowers of *Theobroma simiarum* Donn. Smith and *T. speciosum* Willd. at La Lola during this study. A single individual of *Colaspis* sp. was found feeding on petals of *T. simiarum*.

Flowering Phenology and Beetle Abundance

Although the abundance of open flowers in both clones of *T. cacao* varied greatly among the various census periods, the shifts in abundance of both *Colaspis* and *Monolepta* did not follow the same pattern (Tables 1 and 2). Rainy months, such as July through November each year (20), tended to be periods of high flowering in both clones, although numbers of beetles on flowers were not always highest at these times. Even though *Colaspis* beetles were almost two

Table 1. Phenological patterns of flowering, floral damage from insect herbivory, and abundance of two species of floral-feeding Chrysomelidae (Coleopter), at widely scattered dates for a five-year period in a stand of "Pound-7" clone trees (N=35) of *Theobroma cacao* L. (Sterculiaceae) in Costa Rica.

Census Date	Open Flowers		Flowers with Beetle Damage		%Flowers Damaged	<i>Colaspis</i> Beetles Feeding on Flowers			<i>Monolepta</i> Beetles Feeding on Flowers		
	I	X ± S.E.	I	X ± S.E.		I	X ± S.E.	%	I	X ± S.E.	%
16-VIII-82	684	16.56 ± 2.33	90	2.50 ± 0.55	13.16	3	0.05 ± 0.03	10.71	25	0.57 ± 0.14	89.29
8-XII-82	1205	26.77 ± 3.17	131	2.91 ± 0.45	10.87	5	0.15 ± 0.06	83.33	1	0.02 ± 0.01	16.67
15-III-83	738	23.46 ± 5.03	48	1.71 ± 0.34	6.50	8	0.25 ± 0.11	88.89	1	0.02 ± 0.01	11.11
4-VIII-83	2666	66.65 ± 10.89	43	1.10 ± 0.22	1.61	4	0.13 ± 0.06	100.00	0	—	—
6-XI-83	2214	55.32 ± 6.07	94	2.35 ± 0.39	4.25	5	0.15 ± 0.06	62.50	3	0.05 ± 0.03	37.50
12-III-84	856	21.94 ± 3.17	35	1.00 ± 0.25	4.09	0	—	—	1	0.02 ± 0.01	100.00
10-VIII-84	927	24.35 ± 2.88	79	2.08 ± 0.47	8.52	10	0.25 ± 0.01	58.82	7	0.02 ± 0.08	41.18
16-XI-84	474	12.81 ± 1.55	103	2.86 ± 0.56	21.73	16	0.45 ± 0.13	69.57	7	0.20 ± 0.08	30.43
7-III-85	148	4.93 ± 1.52	5	0.21 ± 0.13	3.38	2	0.06 ± 0.04	100.00	0	—	—
26-XIV-85	2670	72.16 ± 13.44	91	3.48 ± 0.72	3.41	14	0.37 ± 0.16	100.00	0	—	—
22-II-86	787	27.13 ± 4.97	35	1.31 ± 0.34	4.45	0	—	—	0	—	—
28-VII-86	418	14.92 ± 2.45	48	1.71 ± 0.34	11.48	2	0.06 ± 0.04	100.00	0	—	—
10-XII-86	523	16.87 ± 2.97	8	0.34 ± 0.13	1.53	0	—	—	0	—	—
2-III-87	72	32.06 ± 5.81	72	2.25 ± 0.59	7.02	8	0.25 ± 0.11	100.00	0	—	—
1-VII-87	1519	47.46 ± 6.84	77	2.40 ± 0.61	5.07	2	0.06 ± 0.04	66.67	1	0.02 ± 0.01	33.33
TOTAL	16885		959			79			46		

Table 2. Phenological patterns of flowering, floral damage from insect herbivory, and abundance of two species of floral-feeding Chrysomelidae (Coleoptera), at widely scattered dates for a five-year period, in a stand of "UF-613" clone trees (N=35) of *Theobroma cacao* L. (Sterculiaceae) in Costa Rica.

Census Date	Open Flowers		Flowers with Beetle Damage		%Flowers Damaged	<i>Colaspis</i> Beetles Feeding on Flowers			<i>Monolepta</i> Beetles Feeding on Flowers		
	I	X ± S.E.	I	X ± S.E.		I	X ± S.E.	%	I	X ± S.E.	%
16-VII-82	121	4.03± 1.01	14	0.37±0.16	11.57	3	0.05±0.03	75.00	1	0.02±0.01	25.00
8-XII-82	361	14.84± 2.63	76	3.24±0.68	21.05	1	0.02±0.01	100.00	0	—	—
15-III-83	855	29.37± 4.01	36	1.03±0.28	4.21	6	0.18±0.08	100.00	0	—	—
4-VIII-83	2 254	75.26±14.71	30	1.00±0.27	1.33	4	0.13±0.06	66.67	2	0.06±0.04	33.33
6-XI-83	1 829	60.95±8.66	67	2.23±0.52	3.66	4	0.13±0.06	80.00	1	0.02±0.01	20.00
12-III-84	1 081	34.87± 5.96	29	0.93±0.18	2.68	0	—	—	1	0.02±0.01	100.00
10-VIII-84	642	17.02± 2.90	58	1.65±0.35	9.03	7	0.20±0.08	38.89	11	0.31±0.09	61.11
16-XI-84	438	13.27± 1.94	86	2.60±0.62	19.63	15	0.45±0.19	75.00	5	0.15±0.06	20.00
7-III-85	931	26.60± 3.37	70	2.12±0.43	7.52	17	0.47±0.14	100.00	0	—	—
26-XIV-85	2 531	87.27±12.52	159	5.48±1.00	6.28	21	0.79±0.01	100.00	0	—	—
22-II-86	2 382	68.05± 7.76	53	1.55±0.34	2.23	0	—	—	0	—	—
28-VII-86	443	14.33± 1.98	19	0.63±0.18	4.29	2	0.06±0.04	100.00	0	—	—
10-XII-86	454	12.97± 2.33	8	0.24±0.11	1.76	0	—	—	0	—	—
2-III-87	1 412	38.16± 4.05	105	2.83±0.51	7.44	10	0.27±0.10	100.00	0	—	—
1-VII-87	2 438	67.72±10.23	83	2.17±0.52	3.40	1	0.02±0.01	100.00	0	—	—
TOTAL	18 172		893			91			21		

(on "Pound-7") or four times (on "UF-613") as abundant as *Monolepta* for all censuses combined (Tables 1 and 2), *Colaspis* abundance did not vary in accordance with floral abundance. The highest numbers of either *Colaspis* or *Monolepta* may occur even when floral numbers on both clones of *T. cacao* are low (Tables 1 and 2). For beetle abundances on flowers of both clones, there was no significant positive correlation between the abundance of beetles and flowers (Pearson's coefficients $r = 0.32$ and $r = 0.39$, both at $p > 0.02$). For all censuses of both clones of *T. cacao*, all but one indicated a greater abundance of *Colaspis* adult beetles over *Monolepta* (Tables 1 and 2). Although levels of flower damage from beetle herbivory varied greatly at different census of both clones of *T. cacao* (Tables 1 and 2), there was an absence of a significant positive correlation between total numbers of flowers and numbers of damaged flowers ($r = 0.28$, $p > 0.1$), and between numbers of damaged flowers and the combined abundances of beetles ($r = 0.35$, $p > 0.2$). For the entire study, only 5.69% of the open flowers of "Pound-7" and 4.91% of "UF-613" flowers of *T. cacao* were damaged by beetle herbivory.

DISCUSSION

These data indicate a consistently low level of abundance of two species of flower-feeding Chrysomelidae associated with the flowers of *T. cacao* at La

Lola. Given the low numbers observed on flowers for both species of beetles, the data further suggest an absence of a definitive preference for association by either species with one or the other cacao clones examined. I therefore tentatively conclude that for these two particular clones, floral pigmentation differences between clones is not a factor selecting for floral feeding habits in *Colaspis* and *Monolepta* species associated with *T. cacao*. Low numbers of *Colaspis* and *Monolepta* were found in "Pherocon AM Sticky Traps" in the La Lola cacao plantation late in the rainy season (23). Little information is available on the biology of these beetles, although *Colaspis* species have been previously reported to be associated with *T. cacao* in Central America (4). Given the observed intermittent association of other chrysomelids such as *Sphinterophyta* with cacao flowers in my study, and the low density of beetles found in the flowers of other species of *Theobroma* planted at La Lola, the question of floral host specificity in these herbivorous species remains to be defined more clearly by further research studies.

The observed wide discrepancy between actual numbers of beetles censused and the incidence of floral damage at each census may reflect unobserved peak feeding by these insects at other times of the day-night cycle. A different species of *Monolepta* was observed to be active at night in visiting the flowers of *Syzygium corniflorum* (F. Muell.) B.

Hyland (Myrtaceae) in Australian tropical rain forest (5). Flower-feeding in beetles in the present study may indicate an opportunistic habit in association with leaf-feeding as well, as known for many chrysomelids (21). Yet the observed absence of both *Colaspis* and *Monolepta* on leaves of *T. cacao* in my study, in spite of the opportunistic sampling program, may suggest a specialization for floral-feeding. Given what is generally known about the insect-mediated natural pollination of *T. cacao* at La Lola (8, 16, 22), it is likely that floral herbivory of cacao flowers by *Colaspis*, *Monolepta*, and other insects reduces the effectiveness of the floral attractant-reward system (24) and negatively impacts on pollination. Yet given the observed very low abundance of these insects in this study, such a negative effect on pollination is expected to be minimal. My study did not include a careful, systematic survey of insects feeding on flush leaves of *T. cacao*, which may be a preferred food resource for *Colaspis ornata* gemmar at Bahia, Brazil (3). Certainly the well-known association of *Colaspis* beetles with *T. cacao* would suggest a more generalized feeding association with this tree, especially in

commercial plantations (7). Yet floral petals may possess suites of nutrients unavailable in leaf tissues, favoring a beetle-feeding association, as reported for other plant species (14). Seasonal and other temporal changes in the nutrient physiology of leaves and flowers may alter the feeding habits of chrysomelid beetles (10, 12, 18). Given what little is known about floral associations of chrysomelid beetles, it is unlikely that *Colaspis* and *Monolepta* on *T. cacao* function as pollinators (2, 6, 9).

Although in some chrysomelid-food plant associations the densities of beetles increase with the abundance (patch size) of the host (1, 19), the lack of a positive correlation between the abundance of flowers and abundance of beetles in the present study, notwithstanding the small sample sizes of beetles, suggests that other factors are regulating the abundance of *Colaspis* and *Monolepta* beetles in the La Lola cacao plantation. Very likely the populations of these beetles are widely dispersed over the entire cacao plantation, rather than confined to the small portion of *T. cacao* trees censused in this study.

LITERATURE CITED

- BACH, C.E. 1984. Plant spatial pattern and herbivore population dynamics: plant factors affecting the movement patterns of a tropical cucurbit specialist (*Acalymma innumbum*). *Ecology* 65:175-190.
- BATRA, S.W.T.; SCHROEDER, D.; BOLDT, P.E.; MENDEL, W. 1986. Insects associated with purple loosestrife (*Lythrum salicaria* L.) in Europe. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 88:748-759.
- BENTON, F.P. 1984. Abundancia estacional dos coleopteros fitofagos do cacauero no Sul de Bahia e no Espirito Santo. *Revista Theobroma* 14:85-102.
- BLAKE, D.H. 1976. The brown semicostate and costate species of *Colaspis* in Mexico and Central America (Coleoptera:Chrysomelidae). *Technical Bulletin* no. 1534. US Dept. Agric. p 1-40.
- CROME, F.H.J.; IRVINE, A.K. 1986. "Two bod each way": the pollination and breeding system of the Australian rain forest tree *Syzygium cormiflorum* (Myrtaceae). *Biotropica* 18:115-125.
- FALCAO, M.A.; LLERAS, E. 1981. Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do biriba (*Rollinia mucosa* Jacq. Baill.) *Acta Amazonica* 11:297-306.
- GARCIA, J. DE, SILVA, J. DA; NETO, S.S. 1980. Estudo faunístico de coleopteros e hemipteros associados au cacauero no Estado no Para. *Revista Theobroma* 10:15-23.
- HERNANDEZ, J. 1965. Insect pollination of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Costa Rica. Madison, Univ. of Wisconsin, Unpubl. Dissert.
- JOLIVET, P. 1983. Un hemimymecophyte a Chrysomelidae (Coleoptera) du sud-est Asiatique, *Clerodendrum fragrans* (Vent.) Wild. (Verbenaceae). *Bull. Mens. Soc. Linn. Lyon* 52:242-261.
- KRAFT, S.K.; DENNO, R.F. 1982. Feeding responses of adapted and non-adapted insects to the defensive properties of *Baccharis halimifolia* L. (Compositae). *Oecologia* 52:156-163.
- MENDES, A.D. de B.; GARCIA, J. de J. 1980. Flutuação populacional de crisomelideos e curculionideos nocivos ao cacauero no polo de Rondonia. *Cent. Pesq. Cacau Informe Tecn.* 1980. Itabuna, Bahia, Brasil, Ilheus. p 300-301.
- OHMARI, C.P.; STEWARI, L.G.; THOMAS, J.R. 1985. Effects of food quality, particularly nitrogen concentrations, of *Eucalyptus blakelyi* foliage on the growth of *Paropsis atomaria* larvae (Coleoptera: Chrysomelidae). *Oecologia* 65:543-549.
- OSTMARK, H.E. 1975. Banana pests in the genus *Colaspis*, including description of a new species (Coleoptera: Chrysomelidae). *Florida Entomologist* 58:1-8.
- PODOLER, H.; GALON, I.; GAZIT, S. 1983. The effects of atemoya flowers on their pollinators: nitidulid beetles. *Acta Oecologia* 6:251-258.

-
15. PROCTOR, M.; YEO, P. 1972. The pollination of flowers. New York, Taplinger
 16. SORIA, S de J. 1970. Studies of *Forcipomyia* spp midges (Diptera, Ceratopogonidae) related to the pollination of *Theobroma cacao* L. Madison, Univ. of Wisconsin, Unpubl. Dissert.
 17. SORIA, J.; ENRIQUEZ, G A. 1981. Cacao International Catalog Turrialba, C.R., CATIE. Tech. Ser. Bull. no. 6. p. 1-156
 18. SUTTON, R.D. 1984. The effect of host plant flowering on the distribution and growth of hawthorn psyllids (Homoptera: Psylloidea). *Journal of Animal Ecology* 53:37-50.
 19. SUZUKI, N. 1985. Resource utilization of three chrysomelid beetles feeding on *Rumex* plants with diverse vegetational background. *Jap J Ecol* 35:225-234.
 20. TROJER, H. 1968. El clima y el desarrollo de la producción de cacao en la finca "La Lola". *Cacao (C.R.)* 13:2-5.
 21. WILCOX, J.A. 1978. Host plants of Chrysomelidae, leaf beetles, of northeastern United States and eastern Canada. New York, Kinderhook Natural History Publications.
 22. YOUNG, A.M. 1986. Cocoa pollination. *Cocoa Grower's Bulletin* 37:5-23.
 23. YOUNG, A.M.; ERICKSON JUNIOR, E.H.; ERICKSON, B.J. 1987. A trap survey of flying insects in "Finca Experimental La Lola" in Costa Rica. *Turrialba* 37(4):303-403.
 24. YOUNG, A.M.; ERICKSON JUNIOR, E.H.; STRAND, M.A.; ERICKSON, B.J. 1987. Pollination biology of *Theobroma* and *Herrania* (Sterculiaceae). I. Floral biology. *Insect Sci. Appl.* 8:151-164.

Relationship Among Seedling and Adult Plant Root System in Wheat¹

S. Kuruvadi*, T.F. Townely Smith**

ABSTRACT

Sixteen wheat (*Triticum durum*) genotypes were evaluated in the greenhouse for root development at four different dates ($D_1 = 15$, $D_2 = 30$, $D_3 = 45$ and $D_4 = 60$ days from seeding). The analysis of variance at each date and overall estimates of cultivar performance indicated highly significant differences among the genotypes studied for the total dry matter of root and shoot. The root and shoot growth was slow in the first two dates (D_1 and D_2) and increased rapidly in the last two dates (D_3 and D_4). Root dry matter increased 3.6 to 129.9 mg per day from 15 to 60 days of root development. Pelissier (4.9 g), a drought-resistant tall spring wheat cultivar, recorded maximum root mass, followed by the two breeding lines 7466-CF3C (4.6 g) and DT 367 (4.2 g). DT367 recorded maximum top dry matter of 8.3 g at 60 days of growth. Semidwarfs yielded more root and shoot dry matter over tall at D_1 , while tall produced consistently higher root and top dry matter over dwarfs in the other three dates. A highly significant interaction between dates and root mass of genotypes caused a change in the ranking of genotypes for root mass at different dates. Positive and significant correlations were obtained between 30 to 45 ($r = 0.5488$) and a mild association ($r = 0.3648$) between 30 and 60 days of root development, suggesting the optimum time to screen for wheat root development is 30 days from seeding. No relationship was evident between seedling root length and root mass of adult plants.

INTRODUCTION

A genotype with a deep and extensive root system is very important for drought avoidance. The extent and pattern of root development are closely related to the ability of the plant to absorb water and hence are of great significance in drought resistance (10). Several researchers (1, 9, 11, 12) have reported that plant water stress generally decreases as the extent of the root system increases. Jordan *et al.* (5) stated that selection for desired root

COMPENDIO

Se evaluó el sistema radicular de dieciséis genotipos de trigo en cuatro diferentes fechas ($F_1 = 15$, $F_2 = 30$, $F_3 = 45$ y $F_4 = 60$) después de la siembra, con el objetivo de determinar el tiempo óptimo para estudiar el desarrollo del sistema radicular, así como las posibles correlaciones entre diferentes características de la plántula. El análisis de varianza de cada fecha individualmente y de todas, conjuntamente, indicaron diferencias altamente significativas entre los genotipos estudiados para peso seco de raíz y de vástago. El crecimiento de raíces y vástagos fue muy lento en la primera y segunda fecha y se incrementó rápidamente en las últimas dos fechas. El peso de masa radicular se aumentó de 3.55 a 129.89 mg por día, de los 15 a 60 días. Pelissier, una variedad resistente a la sequía, produjo la máxima masa de raíz (4.9 g), siguiéndole dos líneas; 7466-CF3C (4.6 g) y DT367 (4.2 g). DT 367 produjo la máxima cantidad de materia seca (8.3 g) a los 60 días de crecimiento. Los genotipos semienanos produjeron mayor peso de materia seca de raíces y de vástago, en la primera fecha mientras los genotipos altos consistentemente produjeron mayor materia seca de ambos caracteres, en las fechas restantes. Una interacción altamente significativa entre fechas y masa radicular de los genotipos produjo un cambio en la clasificación de orden de genotipos para sistema de raíz, en diferentes fechas. Existen correlaciones positivas y significativas entre 30 y 45 días y una ligera asociación positiva entre 30 y 60 días del desarrollo del sistema radicular, sugiriendo que el tiempo óptimo para seleccionar el desarrollo de raíz fue 30 días después de la siembra. No existe una relación evidente entre longitud de plántulas y masa de sistema de raíces de planta adulta.

characteristics is slow and expensive, primarily because of the labour-intensive nature of root recovery and quantitation, but also because of additional constraints posed by soils which may greatly modify expression of genetic potential. Studies on seedling root length may be the most simple and rapid method for assessing the genotypes for greater root potential if there is a positive relationship between seedling root lengths and the root mass of the mature plant. Several investigators (3, 7) reported an association between early root growth and amount of roots at maturity. Irvine (4) studied the barley root system and concluded that there was no relationship between root length of seedlings and the root mass of the mature plant.

Relatively few reports are available in the literature which compare seedling and adult root characteristics, since studies of adult root characteristics are very time consuming. The present investigations were

¹ Received for publication 12 May 1987

The senior author gratefully acknowledges the financial support from the International Development Research Centre, Canada, for carrying out these investigations.

* Professor, Department of Plant Breeding, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

** Head, Cereal Breeding Program, Agricultural Canada Research Station, Swift Current, Saskatchewan, Canada

undertaken to: a) examine the variability present for root mass at different intervals of growth; b) study the relationship of seedling roots to roots at different dates of development; c) identify the optimum time for screening for root development; and d) study the associations among different stages of root development with several traits of the seedling.

MATERIALS AND METHODS

These investigations were carried out at the Agriculture Canada Research Station, Swift Current, Saskatchewan. Sixteen wheat (*Triticum durum*) genotypes were selected from diverse genetic backgrounds comprising of six semidwarfs (DI 363, Cando, 7268-94A1, 7461-Q4A, 7562-P3C and 7562-HB5D) and ten normal statured cultivars and breeding lines (DI 367, Wascana, Pelissier, Lakota, 7264-67B5, 7272-AQ5C, 7465-CR2C, 7466-CF3C, 7561-EZ2E, and 7561-FK2C). All these genotypes were obtained from the Swift Current wheat breeding project. The treatment design consisted of a split plot, randomized complete block with four replications. Main plot treatments were four different dates ($D_1 = 15$, $D_2 = 30$, $D_3 = 45$ and $D_4 = 60$ days from seeding) of root media washing and sixteen genotypes on subplots. Each carton comprised three plants of the same genotype. Adequate water was

applied to the carton as required. The soil was washed from the roots 15, 30, 45 and 60 days from seeding. The plants were grown in environmentally controlled chambers with 16 hours of light and eight hours of dark. The temperatures during light and dark periods were 20°C and 16°C, respectively. The cartons on each date were removed from the greenhouse and the soil was gently washed with a spray of water and the root mass separated from the soil. The root and shoot portions were sectioned, oven dried at 70°C for 24 hours and weights were determined.

The same 16 genotypes were grown in a wooden flat containing sand for a period of seven days from seeding under the same light and temperature. On the eighth day, sand was washed from the seedlings of each genotypes and roots were separated. The following five traits were measured on ten seedlings of each genotype: 1) number of roots; 2) length of the longest root; 3) total root length; 4) coleoptile length; and 5) total shoot length.

Data were obtained by analysis of variance for root and shoot values. Phenotypic correlations were worked out among different dates of root development with seedling attributes and also with root mass of the same genotypes grown in dry rhizotrons until flowering.

Table 1. Means of oven-dried roots and shoots at different dates.

Variety	Root dry mass days from seeding (g)					Shoot dry matter days from seeding (g)				
	15	30	45	60	Mean	15	30	45	60	Mean
Dwarfs										
DI 363	0.069	0.513	1.570	3.390	1.386	0.157	1.240	3.118	6.793	2.827
Cando	0.042	0.450	1.163	3.395	1.262	0.117	1.020	2.942	6.795	2.719
7268-94A1	0.040	0.338	1.375	3.365	1.279	0.114	1.083	3.103	6.903	2.800
7461-Q4A	0.068	0.338	1.289	2.540	1.058	0.419	1.168	3.748	8.045	3.277
7562-P3C	0.065	0.473	1.743	3.338	1.405	0.146	1.148	3.398	6.888	2.895
7562-HB5D	0.053	0.455	1.840	2.890	1.309	0.115	1.190	3.773	6.395	2.866
Mean	0.056	0.428	1.496	3.153	1.283	0.178	1.141	3.345	6.970	2.897
Talls										
DI 367	0.054	0.618	1.295	4.255	1.555	0.144	1.273	3.065	8.315	3.199
Wascana	0.052	0.610	2.055	3.533	1.562	0.136	1.508	4.160	7.793	3.399
Pelissier	0.054	0.668	2.145	4.873	1.935	0.142	1.413	3.785	7.750	3.272
Lakota	0.057	0.413	1.710	3.806	1.497	0.123	1.235	3.470	7.096	2.981
7264-67B5	0.057	0.495	1.565	3.628	1.436	0.135	1.303	3.353	6.995	2.946
7272-AQ5C	0.048	0.530	1.768	3.633	1.495	0.131	1.115	3.423	7.208	2.969
7465-CR2C	0.051	0.488	1.970	3.910	1.605	0.132	1.245	3.733	7.435	3.136
7466-CF3C	0.049	0.410	1.510	4.613	1.645	0.113	1.253	3.723	8.028	3.279
7561-EZ2E	0.049	0.485	1.420	3.698	1.413	0.124	1.173	2.680	7.425	2.851
7561-FK2C	0.041	0.588	1.835	2.558	1.255	0.104	1.240	3.630	6.100	2.769
Mean	0.051	0.530	1.727	3.851	1.539	0.138	1.276	3.502	7.415	3.079
General mean	0.053	0.492	1.641	3.589	1.442	0.130	1.225	3.443	7.247	3.012

RESULTS AND DISCUSSION

The means of oven-dried root and shoot weights of genotypes at each date of root washing and overall performance of the genotypes is presented in Table 1. The analysis of variance (Table 2) at each date and overall estimate of cultivar performance indicated highly significant differences among the genotypes studied for root and top dry matter. A highly significant interaction was obtained between the root mass of genotypes and dates, indicating that the genotypes responded differently at each date of root washing. The relation between top dry matter of genotypes and dates was not significant (Table 2).

The root and shoot growth was slow on the first two dates (D_1 and D_2), while it increased rapidly in the last two dates (D_3 and D_4). The root dry matter increased from D_1 (3.6 mg per day) to D_4 (129.9 mg per day). Root growth per day averaged approximately 3.6, 29.2, 76.6 and 129.9 mg per day at D_1 , D_2 , D_3 and D_4 , respectively. The seasonal average rate of root growth was 59.8 mg per day. The greater production of root and shoot dry matter in D_3 and D_4 was apparently the result of an overall increase in plant size, growth, number of tillers, height and vigor. At 45 days of root development, all the genotypes produced spike initiation, while the breeding line 7461-Q4A was headed at 58 days from seeding and the rest of the genotypes were on short blade. Maximum root development occurred between 45 days to 60 days from seeding. Pinthus (7) and Sathyanarayanaiah (8) have noted highest root growth formation between spike initiation and heading.

Pelissier (4.9 g), a popular drought-resistant tall cultivar, recorded maximum root dry mass at D_4 , followed by the two breeding lines 7466-CF3C

(4.6 g) and DT 367 (4.2 g). The performance of Pelissier was in conformity with Hurd (3), and Sathyanarayanaiah (8) reported that Pelissier had a very vigorous and extensive root system. The experimental line 7465-CR2C, which ranked in third position in overall mean root performance, ranked fourth in D_4 (3.9 g). DT 367 ranked in third position for roots, and first in shoot dry matter (8.3 g). The semidwarf breeding line 7461-Q4A ranked lowest, with 2.5 g for root mass, but was in second position for top dry matter (8.1 g), followed by another breeding line 7466-CF3C (8.0 g) and Wascana (7.8 g). Even with the lowest quantity of roots, the genotype 7461-Q4A produced higher top growth than the cultivar Pelissier, which ranked first for root dry mass.

Among the six semidwarfs, the cultivars Cando (3.4 g) and DT 363 (3.4 g) recorded maximum root quantity, followed by 7268-94A1 (3.3 g). Surprisingly, the semidwarfs yielded 8.9 percent more root mass and 22.3 percent shoot growth compared to tall at 15 days of growth. The tall genotypes produced consistently higher root masses of 19.4, 13.4 and 18.1 percent and top dry masses of 10.5, 4.5 and 6.2 percent at 30, 45 and 60 days from seeding respectively over dwarfs.

A highly significant interaction between dates and genotypes caused a change in the rankings of genotypes from D_1 to D_4 in the production of root mass. For example, DT 363 ranked first in D_1 and secured sixth, ninth and eleventh positions in D_2 , D_3 and D_4 respectively. DT 367 ranked seventh in D_1 , and occupied second, fourteenth and third place in D_2 , D_3 and D_4 , respectively. The tall spring wheat cultivar Wascana obtained ninth place in D_1 and secured third, second and ninth places in D_2 , D_3 and D_4 respectively. Pelissier was sixth in D_1 and first from D_2 to D_4 .

Table 2. Analysis of variance for root and shoot characters in wheat.

Source of variation	d.f.	Mean sum of squares							
		Root				Shoot		Interaction	
		15th day	30th day	45th day	60th day	15th to 60th day	15th to 60th day	Root	Shoot
Replication	3	1 9854	0 3239	11 7444	5 7450	11 5716	8 3611	1 041 2171	1 848 7330
Genotypes	15	5 8142**	9 9491**	3 8133**	4 0797**	5 0589**	2 4476**	2 9701**	1 4120NS
Error	45	0 0005	0 0037	0 0883	0 4021	0 1281	0 3060	0 1533	0 3419

** Significant at 1 percent level.

NS Non-significant.

In addition to Pelissier, these studies identified three breeding lines -7466-CF3C, DT 367-CR2C, and one cultivar (Wascana) - possessing high root mass by weight. These genotypes may contribute to drought avoidance.

An examination of the relationship between different dates (Table 3) revealed a positive and significant relationship ($r = 0.5488$) between 30 and 45 days of root development and a mild association ($r = 0.3648$) between 30 to 60 days, suggesting that the optimum time for screening for wheat root development is 30 days from seeding. Hurd (2) and Sathyanarayanaiah (8) observed that root penetration slowed at about six weeks and ceased at eight weeks from seeding. Cessation of root penetration coincided with heading, 58 to 60 days from seeding. We observed that the growth of roots ceases at heading. Therefore, root development at 60 days from seeding will reflect the quantity at maturity. These studies further suggest that the plant breeder can screen large populations to identify potential genotypes for roots at 30 days from seeding and can approximately predict the amount of roots at maturity. He need not wait until maturity for screening for wheat root development.

Seedling root characteristics were studied on the same genotypes one week after seeding and correlations worked out with different dates of root

development (Table 3). Positive and significant correlations were obtained between 15 days of root development ($r = 0.5523$) with length of the longest root. The correlation between length of the longest root of the seedling with 30 days ($r = 0.1259$), 45 days ($r = 0.2159$) and 60 days ($r = 0.4135$) growth of root development was not significant, indicating that seedling root lengths have no relationship with root development at different growth stages. A study of seedling root length at one week from seeding may not predict the performance for roots at maturity. Our results contradict several researchers (2, 3, 7) who have reported an association between early root growth and quantity of roots at maturity. Our results agree with Irvine's (4) barley root studies, where there was no relationship between root length of seeding and the root mass at maturity. The root development at 60 days from seeding under irrigated conditions showed a positive and highly significant correlation with the root mass of the same genotypes grown in dry rhizotrons ($r = 0.699$). Seedling characters such as length of the longest root ($r = 0.5096$), total root length ($r = 0.8129$), total shoot length ($r = 0.6996$) and 1000 kernel weight ($r = 0.5273$) are strongly associated with number of roots per seedling. Longest root length of the seedling is positively and significantly correlated with total root length ($r = 0.7693$) and total shoot length ($r = 0.8322$). Total root length is strongly associated with total shoot length ($r = 0.8464$) of the seedling.

Table 3. Phenotypic correlations between different dates of root development and seedling characters.

Traits	30 days root growth	45 days root growth	60 days root growth	Number of roots/ seedling	Longest root length	Total root length	Coleoptile length	Shoot length	1000 kernel weight	Root mass in dry rhizotron
15 days root growth	-0.0651	0.0238	-0.0844	0.4591	0.5523*	0.4655	0.1481	0.4658	0.2531	0.0140
30 days root growth	--	0.5488*	0.3648	0.1335	-0.1259	-0.0507	-0.1862	-0.1720	0.1956	0.0535
45 days root growth	--	--	0.1905	-0.0402	0.2159	-0.1693	-0.1662	-0.1150	-0.1225	0.2157
60 days root growth	--	--	--	-0.5366*	-0.4135	-0.5483*	-0.0643	-0.5555*	-0.1842	0.6999
Number of roots/seedling	--	--	--	--	0.5096*	0.8129**	-0.1709	0.6996*	0.5273*	0.6999
Longest root length	--	--	--	--	--	0.7693**	-0.0027	0.8322**	0.0287	-0.0420
Total root length	--	--	--	--	--	--	0.0492	0.8466**	0.3568	-0.3947
Coleoptile length	--	--	--	--	--	--	--	-0.1986	0.0275	-0.3618
Shoot length	--	--	--	--	--	--	--	--	0.2245	-0.1452
1000 kernel weight	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-0.1792

** Significant at 1 percent level

* Significant at 5 percent level

LITERATURE CITED

1. DONALD, C.M. 1963. Competition among crop and pasture plants. *Advances in Agronomy* 15:1-118.
2. HURD, E.A. 1964. Root study of three wheat varieties and their resistance to drought and damage by soil cracking. *Canadian Journal of Plant Science* 44:240-248.
3. HURD, E.A. 1975. In *Symposium on plant modification for more effective water use*. Ed. by J.E. Stone; J.E. Newman. *Agric. Meteor.* 14:39-55.
4. IRVINE, R.B. 1978. Growth of roots and shoots of semidwarf and tall genotypes of *Hordeum vulgare* L. Ph.D. Thesis Canada, Saskatoon, Sask. University of Saskatchewan.
5. JORDAN, W.R.; MILLER, F.R.; MORRIS, D.E. 1979. Genetic variation in root and shoot growth of sorghum in hydroponics. *Crop Science* 19:468-472.
6. PINTHUS, M.J. 1969. Tillering and coronal root formation in some common and durum wheat varieties. *Crop Science* 9:267-272.
7. PINTHUS, M.J.; ESHEL, Y. 1962. Observations on the development of the root system of some wheat varieties. *Journal of Agricultural Research* 12:13-20.
8. SATHYANARAYANAIK, K. 1980. Genetic studies on dry land wheat. *Postdoctoral Research Investigation Canada*.
9. SINGH, K. 1952. Effect of soil cultivation on the growth and yield of winter wheat. IV. Effect of cultivation on root development. *Journal of Science, Food and Agriculture* 3:514-525.
10. TOWNLEY-SMITH, I.F.; HURD, E.A. 1978. Testing and selecting for drought resistance in wheat. In *Stress physiology in crop plants*. Ed. by H. Mussel; R.C. Staples. New York: John Wiley. p. 448-464.
11. WATSON, D.J. 1968. A prospect of crop physiology. *Ann. Appl. Biol.* 62:1-9.
12. WEATHERLEY, P.E. 1965. Some investigations on water deficit and translocation under controlled conditions. In *Water Stress in Plants*. Ed. by B. Slavik. p. 63-69. Junk Publ. The Hague.

Notas y Comentarios

El aceite de castor comparte su veneno con la bacteria de la disentería

En lo que se refiere a venenos, una proteína, la ricina, extraída del ricino, la planta que nos dio el aceite de castor, el terror de los niños de mi época, a quienes se nos daba una cucharada al menor signo de malestar, se considera ahora uno de los venenos más poderosos. Una sola molécula es capaz de matar una célula. Los científicos han sabido por mucho tiempo que la ricina, que no es la única sustancia extraída de la semilla (otras son la ricinina, un alcaloide, y la ricinoleína, la del efecto purgativo), actúa atacando a los ribosomas, que son parte de la maquinaria esencial de la célula para sintetizar proteínas, pero no sabían lo que hace al ribosoma. Tampoco han sido capaces de explicar el porqué podría ser útil a la planta misma un veneno tan fatal. Ciertamente, ofrece una buena protección, aunque demasiado fervorosa, contra los animales que comen sus semillas. Uno encuentra en los diccionarios de química como el de A. y E. Rose (Omega, Barcelona, 1959), una llamada de atención sobre su peligro, al indicarnos que el contacto de pequeñas partículas con erosiones en la piel, ojos o nariz de los laboratoristas, pueden resultar mortal.

Ahora, investigadores médicos del Colegio Médico de Yamanashi, Japón, han encontrado que la ricina es un tipo único de enzima, similar a una toxina producida por una bacteria que causa la disentería. Yacta Endoy y sus colegas informan que la ricina no va al interior de un ribosoma a destruir la proteína y los ácidos nucleicos que allí se hallan (*Journal of Biological Chemistry* vol. 262, p. 5908 y p. 8128). Por lo contrario, la ricina corta, con precisión, una adenina residual en una posición en una cadena de ácidos nucleicos que forman una molécula crítica dentro del ribosoma, el RNA ribosomal "28S". Al hacer esto, la ricina deja intactas las conexiones de azúcar a lo largo del eje o espinazo del RNA.

Además, los investigadores encontraron que la ricina no podía remover el residuo específico de adenina si la estructura tridimensional de la molécula de RNA era perturbada. La mortal toxina vegetal necesita encajar en el blanco como un guante, y realizar su treta solamente cuando el RNA 28S era parte del ribosoma total, o era por lo menos dejado en su forma normal. El área alrededor de la adenina-4324 es la misma a través de todo el reino animal, y no es sorprendente que la ricina es venenosa universalmente, excepto para las bacterias cuyo RNA adopta una forma diferente alrededor del objetivo.

Endo y sus colegas encontraron que un agente de disentería bacteriana, *Shigella dysenteriae*, produce una toxina que también poda a la adenina-4324. Sin embargo, estas toxinas de tipo Shiga no son tan mortales para los animales, probablemente debido a que las células las absorben menos eficientemente.

El que una bacteria y una planta de ricina comparten esta fantástica enzima (que elimina sólo una particular base de una particular molécula) es sorprendente. Sjur Olsner, un experto en ricina, que trabaja en Radium Hospital de Noruega, en Oslo, ha sugerido que *Shigella* y sus congéneres han secuestrado el gen de la ricina para sus propios usos, ya que sus toxinas tienen una secuencia similar a la ricina (*Nature*, vol. 328, p. 474). No hay duda que la ciencia nos depara a veces sorpresas.

No menos sorprendente es la razón del interés en el estudio de venenos vegetales en estos tiempos. Departamentos de Medicina Forense en Europa, Estados Unidos y Japón están dedicados a investigaciones de los llamados supervenenos, es decir, toxinas que matan cuando se suministran en cantidades medidas en microgramos. La razón principal es que en pleno siglo XX ha reaparecido el uso del veneno como arma política.

En siglos pasados, el veneno ha sido una forma conveniente de asesinato político. El suicidio obligado de Sócrates con un trago de cicuta (*Conium maculatum*) y las muertes oportunas de Nerón, Vespasiano, Titus y Domiciano, emperadores romanos, son buenos ejemplos. Durante el Renacimiento, los italianos, que admiraban todo lo clásico, revivieron esta actitud simplista ante las dificultades políticas. Los Visconti della Scala, las familias Baglioni y Borgia, sin olvidar a Catalina de Medici, perfeccionaron el uso del veneno a un nivel casi artístico.

Esto parecía relegado en la historia hasta el misterioso asesinato del periodista búlgaro George Markov en Londres en 1978. Un intelectual exilado cuyos comentarios radiales eran muy escuchados en su país natal, había sido amenazado telefónicamente. Un día, esperando un omnibus, un transeunte lo punzó en el muslo con la punta de un paraguas y le inyectó así algo venenoso. Markov murió cuatro días des-

pués del incidente sin que los análisis químicos y bacteriológicos indicaran la causa. El postmortem reveló algo interesante. El patólogo encontró una pequeña munición de un diámetro de 1.53 milímetros en tejido tomado del sitio de la herida. La munición contenía dos canales de alrededor de 0.3 milímetros de ancho situados en ángulos rectos uno del otro. Estos canales resultaron ser un reservorio para unos pocos cien millonésimos de una sustancia tóxica. Aunque los análisis no encontraron la toxina en los tejidos de Markov en ese momento, la ricina parecía ser la culpable porque produce síntomas clínicos similares. Este, y otros casos parecidos, causaron la iniciación de las actuales investigaciones.

Uno de los grupos, conformado por G. Griffiths, A. Leith y M. Green, del Departamento de Medicina Forense de la Universidad de Leeds, Inglaterra, ha publicado un interesante artículo sobre los trabajos que están realizando con los supervenenos (*New Scientist* 115(1569):59-61). En Leeds se trabaja con un grupo de cinco supertoxinas. La ricina, como hemos visto, viene de la planta de ricino (*Ricinus communis*); la abrina de la planta jequiriti (*Abrus precatorius*, Legum.), llamada en América brujitos, jequiriti, chochitos de indio; la medicina, de la planta *Adenia digitata*, Passifl. que crece desde Africa hasta Malaysia y, al parecer, no existe en América; la volkensina, de la planta *Adenia volkensii*, similar a la anterior; y por último, la viscumina, del muérdago (*Viscum album*), esa planta parásita que se usa como adorno de Navidad.

En Leeds se están desarrollando medios muy sensitivos para detectar esos venenos. Además, se están probando como posibles agentes anticancerosos que matan a las células de los tumores. Por último, se proyecta intentar crear anticuerpos contra esas supertoxinas.

El interesante artículo contiene ilustraciones en color de algunas de estas plantas, así como un dibujo a colores que ilustra la manera como la ricina se apodera en unas pocas etapas de los ribosomas y mata la célula al paralizar la síntesis de la proteína por los ribosomas. Así es como una molécula de ricina mata a una célula entera. A. Gorbitz.

Estudo da Organização Xilemática em *Coffea arabica* L. Pela Utilização da Eosina Y¹

L. E. Dias*, E.A. Monteiro da Silva**, V.H. Alvarez V.***

ABSTRACT

An experiment using only one root of the entire root system to absorb the eosine Y showed a well-defined compartmentalization of the stain in the shoot. This compartmentalization, as observed by alternated stained leaves on the stem, was due to an orthostichous disposition of the xylem tissue in the coffee plant.

RESUMO

A utilização de apenas uma raiz do sistema radicular para a absorção da eosina e proporcionou uma compartimentalização bem definida deste corante. Esta compartimentalização, manifestada na forma de uma alternância de folhas mais intensamente coloridas, mostrou-se ser uma consequência da disposição espacial do tecido xilemático na planta. Testes realizados mostraram que o xilema possui uma disposição ortostística fixa, ou seja, possui os feixes xilemáticos na vertical e paralelos.

INTRODUÇÃO

A cultura cafeeira é amplamente difundida no Estado de Minas Gerais. Entretanto, devido a ocorrência de geadas, principalmente no Sul do Estado, o café é plantado em terrenos elevados e com grande declividade, e nessas áreas, uma prática muito empregada é a aplicação dos fertilizantes em forma de meia lua, no lado de cima da cova. Esta técnica tem implicações importantes, no que se refere à fertilização fosfatada, em razão da pequena mobilidade do fósforo no solo, o que leva a questionar sobre o aproveitamento pela planta do fertilizante aplicado de maneira localizada.

A aplicação localizada de adubos fosfatados pode acarretar um desequilíbrio na distribuição do nutriente no solo, podendo influenciar o desenvolvimento e a produção de matéria seca nas plantas (9). Vários estudos constataram um crescimento de raízes maior na região de localização do fósforo do que na região onde o elemento não foi aplicado (5; 6; 10). Portanto, uma localização correta do fertilizante no solo, em relação ao sistema radicular da planta, pode significar um melhor aproveitamento dos nutrientes e, conseqüentemente, maior produtividade.

Alguns pesquisadores, lançando mão da técnica de raízes subdivididas, estudaram o problema de localização do fósforo. Com a aplicação de fósforo, somente em parte do sistema radicular de milho obteve-se uma redução na concentração desse elemento na parte aérea e menor produção de matéria seca (1) ou ainda, um acúmulo desuniforme do fósforo nas folhas (11, 12, 13). Utilizando-se raízes subdivididas e vasos geminados com diferentes concentrações de fósforo, observou-se que maiores produções de matéria seca da parte aérea foram obtidas com a localização de fósforo apenas na metade do sistema radicular (8).

O estudo de absorção e translocação de nutrientes em plantas praticamente foi iniciado com a utilização de corantes. A eosina Y é um bom corante para o estudo de condução de água nas plantas, além de ser um método simples e de fácil aplicação, principalmente para estudos anatômicos (2, 7). Estudos sobre a continuidade dos vasos xilemáticos e o tecido vascular das folhas de *Robinia pseudocacia* cortando um pecíolo submerso em eosina Y, demonstram a fácil translocação desse corante dentro da planta (14).

O presente trabalho teve objetivo de estudar as rotas de translocação via xilema, através da utilização do corante eosina Y em diferentes estádios de desenvolvimento do café, com o intuito de uma posterior correlação da distribuição interna de fósforo na planta.

1 Recebido para publicação em 15 dezembro 1987.

* EMBRAPA/UFV – Departamento dos Solos – Viçosa – MG.

** Departamento Biologia Vegetal – UFV – Viçosa – MG.

*** Departamento de Solos – UFV – Viçosa – MG.

MATERIAL E MÉTODOS

Mudas de café (*Coffea arabica* L. var. Catimor, progenie UFV 1603), foram obtidas a partir de sementes tratadas com fungicidas, e germinadas em recipientes plásticos contendo areia lavada. Quando as mudas apresentavam dois pares de folhas (incluindo as folhas cotiledonares), efetuou-se o corte da raiz principal para provocar a divisão do sistema radicular ("split-root") e foram transferidas para caixas de madeira, forradas com plástico, contendo 25 litros de solução CaCl_2 (0, 19 mM), mantida em pH 6.5.

Sete dias após esse tratamento, as plântulas foram colocadas em contato com uma solução nutritiva (3), a meia força com pH 5.5.

Quando as mudas se encontravam com três pares de folhas, foram transferidas para a solução nutritiva, na sua concentração original e com pH 5.5, onde permaneceram até serem utilizadas. Nesse estágio as plantas já apresentavam um sistema radicular subdividido em duas ou três raízes, com um bom desenvolvimento. Durante todo esse período as mudas foram mantidas em casa de vegetação.

Com o objetivo de verificar a translocação da eosina Y no café foram utilizadas mudas com três e cinco pares de folhas. Para acelerar a translocação, as plantas foram colocadas em um estado de grande diferença de potencial hídrico entre o sistema radicular e a parte aérea, mergulhando as raízes em água à 2 a 6°C, e submetendo as folhas a alta temperatura (45°C) e iluminação e ventilação forçada. Após o tratamento as plantas foram colocadas em um sistema de copos germinados (Fig. 1), em que um copo recebeu o corante e o outro água destilada na temperatura ambiente. Uma raiz foi mergulhada no corante e o resto do sistema radicular ficou em contato com a água no outro copo. Para evitar a barreira da endoderme e facilitar a translocação do corante, a parte terminal da raiz em contato com a eosina Y foi eliminada. Estas eliminações foram feitas com as raízes submersas no corante, para que não fosse interrompida a coluna transpiratória dentro das plantas.

Posteriormente a esse estudo, montou-se um ensaio no qual foram utilizadas duas plantas com seis pares de folhas. Após o tratamento para aumentar a diferença de potencial hídrico, as plantas foram parcialmente mergulhadas em copos tipo "becker", contendo o corante eosina Y. Em seguida, efetuou-se pequena incisão lateral, na região logo acima do coleto, com a finalidade de expor apenas uma parcela do tecido xilemático do caule ao corante. Após um período de 45 minutos, quando as plantas apresentavam o aspecto de murcha, foram efetuados cortes

transversais do caule, a fim de se realizar um rastreamento da região xilemática que absorveu o corante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A eosina Y é um corante de característica ácida, e apresenta uma rápida translocação pela planta (2). A partir do contato de apenas uma raiz do sistema radicular com o corante, observou-se a existência de uma compartimentalização do corante translocado. Cortes transversais do caule mostraram que porções do tecido vascular das plantas coloriram-se de maneira desuniforme, onde apenas parte do xilema se apresentava colorido. Observou-se que a quantidade de tecido vascular colorido variou entre plantas. Esta observação pode estar relacionada com o fato de certas plantas apresentarem seu sistema radicular dividido em três raízes ao passo que em outras, apenas duas. Consequentemente, para um sistema radicular com apenas duas raízes, cada raiz estaria ligada à metade do tecido vascular xilemático, enquanto que um sistema radicular com três teria cada raiz ligada a um terço do volume deste tecido condutor.

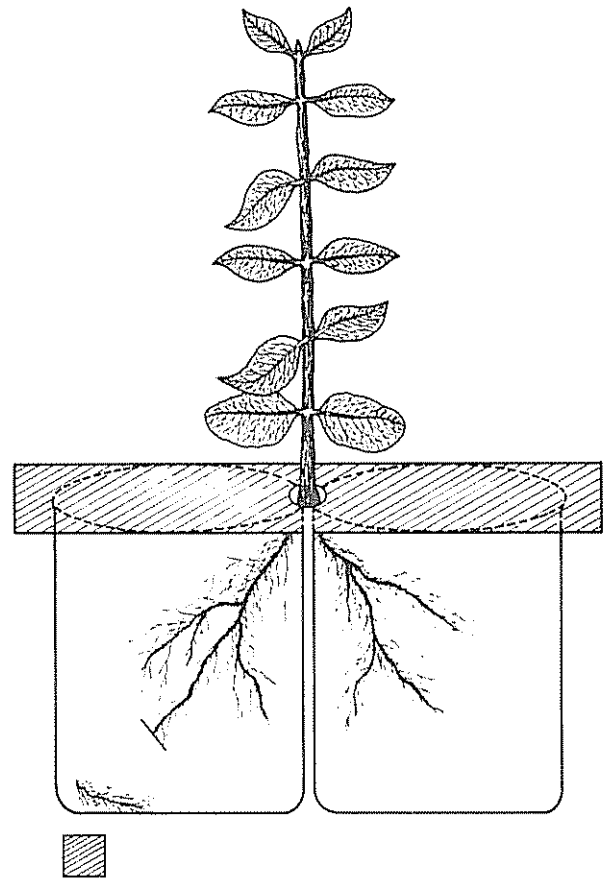


Fig. 1. Sistema de copos germinados para tratamento com corante.

Segundo Dedecca (4), a raiz do cafeeiro é poliárquica, com o número de feixes de xilema variando de seis a 11. Não é difícil supor que a indução da divisão da raiz pivotante possa resultar em raízes que estejam ligadas somente a alguns destes feixes e que cada feixe estaria mais restritamente ligado a uma determinada região da parte aérea.

Com referência à parte aérea das plantas, observou-se que a compartimentalização ocorrida obedeceu a determinado comportamento-padrão, no qual as folhas se coloriram com intensidades diferentes. Baseando-se no esquema de identificação de folhas apresentado na Fig. 2 e supondo-se, para o par de folhas mais velho (1º par), que a folha mais intensamente colorida foi a da posição A, verificou-se que, no nó seguinte, a folha mais intensamente colorida foi a da posição B, e que, para o terceiro nó voltou a ser a folha A. Para todas as plantas tratadas, esta alternância repetiu-se com maior ou menor intensidade, até o último par de folhas.

Observou-se, ainda, que, para algumas plantas houve uma compartimentalização à nível foliar, onde um lado do limbo coloriu-se mais intensamente do que o outro. Este resultado vem reafirmar a hipótese anterior de que o número de feixes vasculares do caule em contato com os feixes de cada raiz pode variar em função do número de raízes em que o sistema radicular foi dividido.

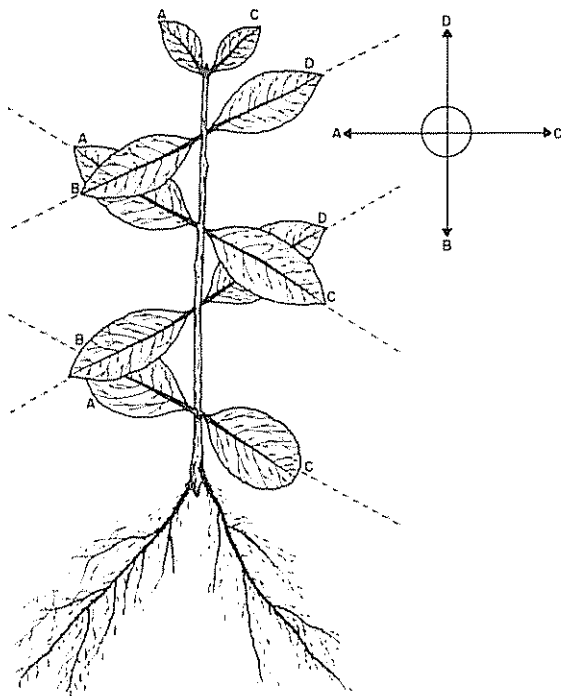


Fig. 2. Esquema de uma planta padrão, destacando-se as diferentes posições de cada folha.

A partir dos cortes anatômicos obtidos com as plantas que sofreram incisão caulinar para a translocação de corante, observou-se que o caule do cafeeiro apresenta o tecido xilemático disposto longitudinalmente de maneira retilínea, sem torções, ou seja, numa disposição paralela, recebendo, por isso, o nome de ortostístico.

Observa-se que próximo à região nodal existe um afastamento da posição original dos elementos xilemáticos, em virtude da formação de lacunas foliares (Fig. 3). Com a formação destas lacunas, o caule sofre um achatamento que possibilita a saída de alguns vasos xilemáticos para os pecíolos, sem que ocorra qualquer mudança na posição vertical deste tecido condutor. Como o cafeeiro apresenta filotaxia de folhas opostas cruzadas, esses achatamentos ocorrem em sentidos transversais, em nós subsequentes.

A disposição fixa do tecido xilemático na planta permite especular sobre a compartimentalização do corante obtido com as plantas cujas raízes foram subdivididas. A alternância de folhas intensamente

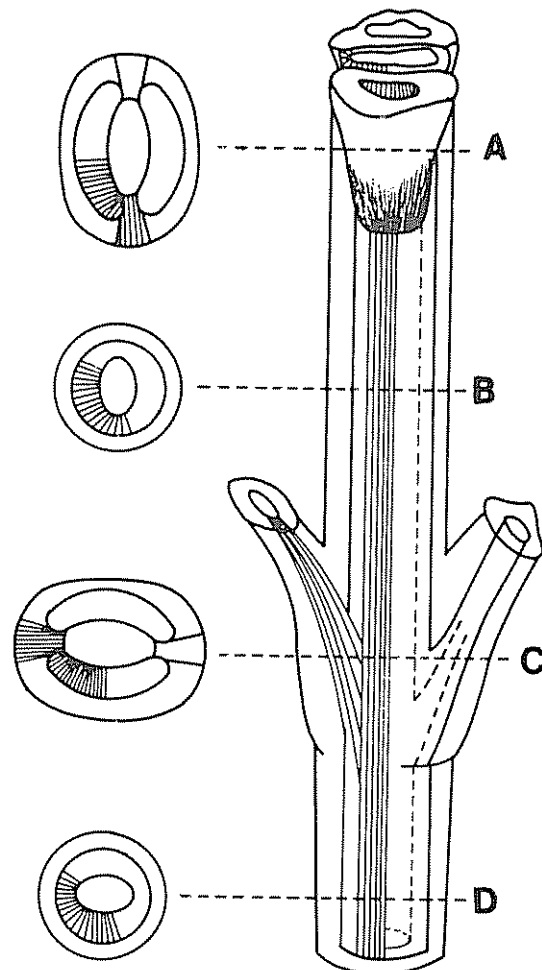


Fig. 3. Esquema representando a disposição interna do tecido xilemático no caule do cafeeiro.

coloridas pode ser facilmente compreendida, uma vez que apenas parte do tecido xilemático conduziu o corante e que a filotaxia torna-se responsável por esta coloração diferencial nas folhas (Fig. 3). Portanto, os resultados obtidos com o corante permitem demonstrar uma ligação restrita entre o sistema radicular e a parte aérea das plantas, segundo o que uma

determinada região xilemática da raiz irá irrigar determinada região da parte aérea.

Esse estudo demonstra a fácil aplicação e utilização da eosina Y, que apresenta boa confiabilidade para estudo das rotas de translocação no tecido xilemático.

LITERATURA CITADA

1. ANGHINONI, I.; BARBER, S.A. 1980. Phosphorus influx and growth characteristics of corn roots as influenced by phosphorus supply. *Agronomy Journal* 72:685-688.
2. CHARLES, A. 1953. Uptake of dyes into cut leaves. *Nature* 171:435-436.
3. CLARK, R.B. 1982. Nutrient solution growth of sorghum and corn in mineral nutrition studies. *Journal of Plant Nutrition* 5:1 039-1 057.
4. DEDECCA, D.M. 1957. Anatomia e desenvolvimento ontogenético de *Coffea arabica* L. var. *Typica* Cramer. *Bragantia* 16:315-359.
5. DREW, M.C. 1975. Comparison of phosphate, nitrate, ammonium and potassium on the growth of seminal-root system and shoot in barley. *New Phytologist* 75:479-490.
6. DREW, M.C.; SAKER, L.R. 1978. Nutrient supply and growth of the seminal-root system in barley. III. Compensatory increases in growth of lateral roots, and in rates of phosphate uptake, in response to a localized supply of phosphate. *Journal of Experimental Botany* 29:435-451.
7. HARVEY, E.M. 1931. A method for studying water conduction in plants in relation to pruning, grafting and other horticultural practices. *Oregon State Agric. Coll. Agr. Exp. Sta. Bull.* 279. p. 26.
8. MACHADO, R.P. 1982. Efeito da localização de fósforo em relação ao sistema radicular, sobre o comportamento da soja (*Glycine max* L. Merrill). Tese M.S. Viçosa, UFV. 64 p.
9. McCLURE, G.W.; JACKSON, W.A. 1968a. Nutrient distribution in root zones I. Definition, approach, and some implications. *Agrochimica* 11:251-260.
10. McCLURE, G.W.; JACKSON, W.A. 1968b. Nutrient distribution in root zones II. The concept of external vs. internal nutrient supply. *Agrochimica* 12:353-364.
11. ROBERTSON, J.A.; KANG, B.T.; RAMIREZ-PAZ, F.; WERKHOVEN, C.H.; OHLROGGE, A.J. 1966. Principles of nutrient uptake from fertilizer bands. VII. ^{32}P uptake by brace roots of maize and its distribution within the leaves. *Agronomy Journal* 58:293-296.
12. STRYKER, R.B.; GILLIAM, J.N.; JACKSON, W.A. 1974a. Nonuniform phosphorus distribution in the root zone of corn growth and phosphorus uptake. *Soil Science Society of America. Proceedings* 38:334-340.
13. STRYKER, R.B.; GILLIAM, J.N.; JACKSON, W.A. 1974b. Nonuniform phosphorus transport from single roots to the leaves of *Zea mays* L. *Physiology Plant* 30:231-239.
14. WAREING, P.F.; ROBERTS, D.L. 1956. Photoperiodic control of cambial activity in *Robinia pseudocacia* L. *The New Phytologist* 55:356-366.

Potencial de Algunas Leguminosas de la Flora Yucatenense como Alimento Humano o Animal¹

J.S. Flores*, C.A. Martínez**, M.A. Olvera**, R. Galván**, C. Chávez**

ABSTRACT

In order to determine the nutritional potential of Yucatan legumes, proximate analyses were performed for 25 species of the following genera: *Abrus*, *Acacia*, *Caesalpinia*, *Cassia*, *Canavalia*, *Delonix*, *Enterolobium*, *Galactia*, *Gliricidia*, *Leucaena*, *Lonchocarpus*, *Mucuna*, *Rhynchosia*, *Sesbania*, *Pachyrrhizus*, *Phaseolus*, *Pithecellobium* and *Vigna*. The seeds were selected based on ethnobotanical data obtained from modern Mayan communities. The results show the dietary potential of some seeds with high protein and fatty contents, a basis for future research in the nutritional field.

INTRODUCCION

No es nada nuevo hablar del potencial que tienen las leguminosas como alimento para el futuro de la humanidad; su importancia ha sido planteada por muchos autores, entre los que se mencionan: Aykroyd (1), Bressani (2, 3), Duke (6), Kay (9), Rachie (15), Cabrera Sansores (4), De la Vega y Sotelo (5), Summerfield y Buting (18), Polhill y Raven (14); además, existen varios estudios realizados sobre el tema por la National Academy of Sciences (11, 12). Algunos de estos estudios señalan que muchas leguminosas, a pesar de tener altos contenidos de proteína y una variedad de componentes importantes para una buena alimentación, presentan problemas para ser utilizados directamente como alimento por los diversos antinutrientes no termolábiles que contienen, tales como la mimosina y la canavanina. Sin embargo, no todas las especies leguminosas presentan este inconveniente y los antinutrientes termolábiles pueden ser desnaturalizados con técnicas sencillas;

¹ Recibido para publicación el 29 de febrero de 1987.

Los autores agradecen la colaboración de los compañeros Edilberto Ucan Ek y Wilbert Ché León, en el trabajo de campo y en la toma de datos.

Este trabajo se financió parcialmente en sus diversas fases por los proyectos CONACyT IFT/RM/NAL/80/1076, para la etapa de análisis proximales y CONACyT-PCBCBNA-005238 como contribución al estudio de la Flora Yucatenense.

* INIREB – Mérida. Apartado Postal 281, 97000 Mérida, Yucatán, México.

** CINVESTAV – Mérida, A.P. 73 Cordemex, 97310 Mérida, Yucatán, México.

COMPENDIO

Con el objeto de determinar el potencial nutritivo de las leguminosas de la Península de Yucatán, se realizó el estudio bromatológico de 25 especies correspondientes a los siguientes géneros: *Abrus*, *Acacia*, *Caesalpinia*, *Cassia*, *Canavalia*, *Delonix*, *Enterolobium*, *Galactia*, *Gliricidia*, *Leucaena*, *Lonchocarpus*, *Mucuna*, *Rhynchosia*, *Sesbania*, *Pachyrrhizus*, *Phaseolus*, *Pithecellobium* y *Vigna*. Las semillas se seleccionaron con base en los datos etnobotánicos obtenidos en las comunidades mayas. Los resultados señalan el potencial de algunas de las semillas por sus altos contenidos proteínicos y/o de grasas y dan base a futuras investigaciones en el campo nutricional.

llas; ejemplo de esto es la soya, la cual es ampliamente utilizada en la actualidad como alimento humano y animal.

A pesar de los estudios señalados, el potencial de muchas leguminosas aún no ha sido estudiado. La familia de estas plantas es la que contiene más especies en la flora yucatenense (16); por lo que los autores consideran que es muy importante estudiar aquellas especies con posibilidades de usarse como alimento humano y/o animal.

El Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB), dentro de su proyecto Flora Yucatenense, realiza estudios etnobotánicos por medio de los cuales obtiene información relacionada con los conocimientos que el hombre de las comunidades mayas tienen sobre estas plantas (8). Como primera fase de este trabajo, se hicieron análisis proximales de semillas de varias leguminosas; posteriormente, se continuará con el análisis de las hojas con el fin de que, en un futuro próximo, se utilice este potencial en la alimentación humana y animal. Los primeros resultados obtenidos han servido para apoyar al Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) en la búsqueda de nuevas fuentes de alimento no convencionales para el desarrollo de dietas para peces (10, 13).

Con ese antecedente, ambas instituciones plantearon este trabajo con el propósito de detectar aquellas leguminosas con potencial de uso como alimento

humano y/o animal. Para ello, se hicieron los análisis proximales de las semillas de aquellas especies de esta familia que, mediante el estudio etnobotánico, se hubieran señalado con algún potencial alimenticio, con el objeto de preparar, posteriormente, dietas para la alimentación animal.

MATERIALES Y METODOS

La información etnobotánica fue recolectada directamente en las comunidades mayas de la Península de Yucatán, haciendo uso de la ficha que el proyecto Flora Yucatenense del INIREB tiene diseñada con este fin y la cual se usa en el banco de datos etnobotánicos (BADEPY) del mencionado proyecto y que se realiza en los estados de la Península (Yucatán, Campeche y Quintana Roo).

El análisis químico de los materiales se realizó por triplicado en el laboratorio de Nutrición y Acuicultura del CINVESTAV, Unidad Mérida; la proteína

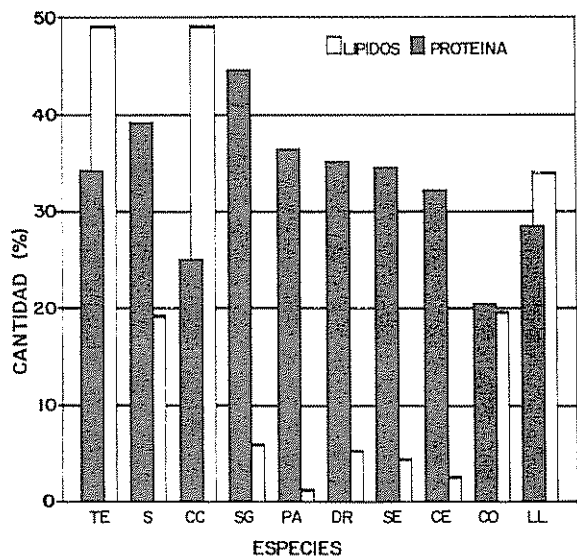


Fig. 1. Comparación proteína-lípidos de leguminosas colectadas en la península de Yucatán, comparadas con frijol maramá, soya y cacahuete

TE: *Tylosema esculentum* (Burchell) A. Schreiber (F. Mara)*.

S: *Glycine max* (L.) Merrier (soya)*

CC: *Arachis hypogea* L. (cacahuete)*

SG: *Sesbania grandiflora*

PA: *Pithecellobium albicans*

DR: *Delonix regia*

SE: *Sesbania emerus*

CE: *Canavalia ensiformis*

CO: *Cassia occidentalis*

LL: *Lonchocarpus longistylus*

* Tropical Legumes Resources for the Future (1979).

cruda (N x 6.25) se analizó por microkjeldahl en el sistema Kjeltec 1030 autoanalizador de Tecator; la fibra cruda, mediante digestión ácida y alcalina, utilizando el sistema Fibertec de Tecator; los lípidos, por extracto etéreo; la ceniza, por calcinación a 450°C; la humedad fue determinada secando una muestra pesada en una estufa a 150°C por 24 horas y el extracto libre de nitrógeno, por diferencia.

Se colectó una muestra del material analizado y fue depositada en el herbario del proyecto Flora Yucatenense, con sede en Mérida, Yucatán.

RESULTADOS Y DISCUSION

Al observar los resultados de las 25 especies analizadas (Cuadro 1) se puede afirmar que todas tienen algún potencial alimenticio ya sea por su contenido proteínico, de grasa o de fibra cruda; entre éstas se destacan, por su contenido de proteína: *Sesbania grandiflora*, *Pithecellobium albicans*, *Delonix regia*, *Sesbania emerus*, *Albizia lebeck*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Canavalia mexicana*, *Cassia obtusifolia*, *Vigna unguiculata*, *Galactia striata*, *Phaseolus lunatus* y *Cassia atomaria*. Por su contenido de fibra cruda, las que tienen mayor porcentaje son: *Leucaena leucocephala*, *Canavalia mexicana*, *Caesalpinia bonduc*, *Mucuna andreana*, *Albizia lebeck*, *Rhynchosia minima* y *Sesbania emerus*. En cuanto a contenido de grasa son prometedoras: *Lonchocarpus longistylus*, *Cassia occidentalis* y *Gliricidia sepium*.

Muchas de las especies mencionadas tienen gran arraigo en las comunidades, ya que no sólo son usadas como alimento sino como abono, material de construcción, combustible, herramienta, ornamento, etc. Un ejemplo es el guachim (*Leucaena leucocephala*), de mucho uso como alimento de ganado, cerdos y pavos en la Península (frutos verdes) leña y madera, y como abono verde, (7); también, se puede mencionar el "balche" (*Lonchocarpus longistylus*), usado como ornamental, en la construcción, apicultura y de cuya corteza, fermentada en miel de *Melipona beecheii*, los mayas aún en la actualidad preparan la bebida denominada "balche", la cual era y es usada en las ceremonias del Chac-chac en las cuales se le ruega al Dios de la lluvia para que llueva. El análisis de esta semilla mostró que es muy rica en lípidos (34.35%), más que los que contienen las semillas de soya con un 18% y muy cercano al del frijol maramá que es del 36%, sólo sobrepasado por el contenido del aceite en las semillas de cacahuete (48%).

Algunas de las especies que han sido introducidas a la Flora Yucatenense tienen un valor proteínico considerable; tal es el caso de *Sesbania grandiflora*, *Albizia lebeck*, *Delonix regia* y *Canavalia ensiformis*,

Cuadro 1. Análisis proximal de 25 diferentes leguminosas de la Península de Yucatán.

No.	Especies estudiadas	% Humedad	% Grasas	% Cenizas	% Fibra cruda	% Proteína	% E.I.N.**
1	<i>Abrus precatorius</i> L.	11.06	2.80	3.04	11.00	19.30	52.80
2	<i>Acacia gaumeri</i> Blake	7.46	1.62	3.86	11.19	24.03	51.84
3	<i>Acacia pennatula</i> Sch. & Cham Beneth	4.68	2.08	3.85	16.85	22.22	50.32
4	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd	7.00	4.60	3.40	9.50	12.60	62.90
5	<i>Albizia lebbbeck</i> (L.) Benth*	21.30	3.99	3.20	13.93	34.72	22.86
6	<i>Caesalpinia bonduc</i> (L.) Roxb	8.83	4.07	3.50	20.28	10.56	52.76
7	<i>Caesalpinia vesicaria</i> L.	3.94	4.45	3.77	11.65	13.58	62.61
8	<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC*	13.00	2.50	0.05	7.98	32.48	43.09
9	<i>Canavalia mexicana</i> Piper	12.53	1.60	1.24	16.56	28.83	39.24
10	<i>Cassia obtusifolia</i> L.	8.49	0.90	9.90	11.30	27.60	41.81
11	<i>Cassia occidentalis</i> L.	8.77	19.70	3.97	11.59	20.69	35.28
12	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook) Raf.*	7.84	5.20	7.50	17.45	35.46	26.55
13	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Grisebach	7.33	2.49	3.70	10.49	31.00	44.99
14	<i>Galactia striata</i> (Jacq.) Urban	11.98	1.71	3.24	11.07	27.01	44.99
15	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud	12.25	15.70	3.20	8.50	15.70	44.65
16	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) De Witt	10.30	3.50	9.20	33.10	16.10	27.80
17	<i>Lonchocarpus longistylus</i> Pittier	6.45	34.35	3.78	4.90	28.85	21.67
18	<i>Mucuna andreana</i> Micheli	10.41	4.20	3.32	22.31	15.90	43.86
19	<i>Rynchosia minima</i> (L.) DC	12.96	1.39	3.36	14.47	22.58	45.24
20	<i>Sesbania emereus</i> (Aubl.) Urban Pers.	15.90	4.40	3.84	15.68	34.74	25.44
21	<i>Sesbania grandiflora</i> (L.) Poirs*	12.60	5.80	3.80	13.14	44.56	20.10
22	<i>Pachyrrhizus erosus</i> (L.) Urban	8.60	0.80	4.60	4.60	10.07	71.33
23	<i>Phaseolus lunatus</i> L.*	5.40	1.60	3.90	4.90	25.00	59.20
24	<i>Pithecellobium albicans</i> (Kunth) Benth.	1.75	1.05	3.06	7.74	36.37	50.03
25	<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.*	10.13	1.70	5.10	13.70	27.50	41.87

* Introducidas a la Península de Yucatán

** Extracto libre de nitrógeno.

mismas que son plantas muy abundantes y sobre las cuales, incluso, se conocen formas de cultivo; si bien algunas son ornamentales en la Península, en otros países son cultivadas en gran escala como plantas forrajeras o maderables, como es el caso de *Sesbania grandiflora* de la cual existen grandes cultivos en el sureste asiático (11). En la Península, se cultiva como planta ornamental por ser de crecimiento rápido y tener flores atractivas

Con base en los resultados obtenidos, el CINVESTAV ha realizado estudios con dietas balanceadas para alimento de tilapia (*Oreochromis mossambicus*), usando la semilla de *Sesbania grandiflora*, (13) y de *Canavalia ensiformis* tratada con varias técnicas de extracción y cocimiento. Estos estudios demostraron que no hubo diferencias significativas con el testigo cuando se utilizó en dietas para esa especie de mojarra; sin embargo, en el presente trabajo se recomienda realizar con detalle estudios de toxicología sobre estas especies de plantas (10). Del trabajo con *Sesbania grandiflora* se obtuvo, como conclusión, que los niveles de tóxicos no termolábiles, como la

canavanina, hacen que sea muy difícil la utilización de este material a pesar de su alto valor proteínico.

Los resultados obtenidos demuestran la potencialidad de este grupo vegetal como alimento humano y animal y dan una buena base para hacer futuras investigaciones en el campo nutricional. Este tipo de estudios revierte el conocimiento etnobotánico obtenido de las comunidades rurales, tal como lo propone Toledo (18).

CONCLUSION

De las especies estudiadas, al menos 14 tienen altos niveles proteínicos que pueden ser usados en la nutrición animal. Para ello, se requiere continuar con la experimentación en dietas, tanto de peces como de otros organismos usando al menos las especies identificadas. Sin embargo, también es necesario obtener métodos sencillos que permitan eliminar la toxicidad presente, en mayor o menor grado, en estas semillas.

LITERATURA CITADA

1. AYKROYD, W.R.; DOUGHTY, J. 1964. Legumes in Human Nutrition. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 138 p. (Organization Nutritional Study no. 19).
2. BRESSANI, R.; ELIAS, L.G. 1974. New protein foods. Ed. by A.M. Altschul. New York. Academic Press, v. 1A. p. 230-297.
3. BRESSANI, R.; ELIAS, L.G. 1980. Nutritional value of legume crops for humans and animals. In Advances in legume science. Ed. by R.J. Summerfield; A.H. Buting. p. 135-155.
4. CABRERA SANORES, J.A. 1979. El Uaxim. Tes. Ing. Química Mérida, Yucatán. 120 p.
5. DE LA VEGA D.; SOTELO, L.A. 1982. Valor nutritivo de la semilla de *Canavalia ensiformis*, sola y suplementada con metionina y cereales. Rev. Soc. Quím. 26(2):1-5.
6. DUKE, J.A. 1981. Handbook of legumes of world economic importance. New York, London, Plenum Press. 345 p.
7. FLORES, J.S. 1983. Significado de los haltunes (sartenajas) en la cultura maya. Biótica 8(3):259-279.
8. FLORES, J.S. Datos etnobotánicos de las leguminosas de la Península de Yucatán. Resúmenes 9. In Congreso Mexicano de Botánica (9., 1984, México). Resúmenes. p. 243-244.
9. KAY, D.E. 1978. Food legumes. Tropical Products Institute, London. 536 p. (Crop and Product Digest no. 3).
10. MARIINEZ, C.A.; GALVAN, C.R.; CHAVEZ, S.C. 1985. Resultados preliminares de la harina de *Canavalia ensiformis* como sustituto parcial de harina de pescado en dietas para mojarra africana (*Oreochromis mossambicus*). Memorias de la Primera reunión sobre la Producción y Utilización del Grano de *Canavalia ensiformis* en sistemas pecuarios de Yucatán, México. Universidad Autónoma de Yucatán. 13 p.
11. NATIONAL ACADEMY of Science. 1979. Tropical legumes resources for the future. Washington, D.C. National Academy Press. 332 p.
12. NATIONAL ACADEMY of Science. 1981. The winged bean, a high protein crop for the tropics. 2ed. Washington, D.C. National Academy Press. 59 p.
13. OLVERA, N.M.A. 1985. Efectos de la sustitución de harina de pescado en la dieta de *Oreochromis mossambicus* por semillas de *Sesbania grandiflora*. Tesis de Maestría. Venezuela, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Unidad Mérida. 31 p.
14. POLHILL, R.M.; RAVEN, P.H. 1984. Advances in legumes systematics Parts I and II. England. Royal Botanical Gardens, University of Reading. p. 1-426; 427-1 049.
15. RACHIE, K.O.; ROBERTS, L.M. 1974. Grain legumes of the lowland tropics. In Advances in agronomy. Ibadan, Nigeria. International Institute of Tropical Agriculture. p. 1-132.
16. SOSA, V.; FLORES, J.S.; RICO-GRAY, V.; LIRA, R.; ORTIZ, J.J. 1985. Etnoflora Yucatanense. Lista Florística y Sinonimia Maya. Fascículo 1. Xalapa, Veracruz. INIREB. 225 p.
17. SUMMERFIELD, R.J.; BUNTING, A.H. 1978. Advances in legume science. England. Royal Botanical Gardens, University of Reading. 669 p.
18. TOLEDO, V.M. 1982. La etnobotánica hoy. Reversión del Conocimiento, Lucha Indígena y Proyecto Nacional. Biótica 7(2):141-150.