

TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 44

TRIMESTRE ENERO-MARZO 1994

NUMERO 1

CODEN:TURRAB 44(1):1-76

Incidencia del gusano cogollero y sus enemigos naturales en tres agrosistemas de maíz. H. Cortez M., J. Trujillo A.	1
Cambios isoenzimáticos inducidos por estrés hídrico y temperatura en pasto Llorón. C.V. Echenique, P.A. Polci	10
Interspecific hybrid of cassava and its cytogenetic behaviour. H.N. Nassar, N.M.A. Nassar, C. Vieira, L.S. Saraiva	18
Dinámica poblacional de <i>Liriomyza sativae</i> y sus parásitos en tomate. S. Issa, R. Marciano	24
Seleção de cultivares de feijão com alta capacidade de nodulação e tolerantes a solos ácidos. G. Pesanha, D.L. de Almeida, F.F. Duque, B.F. de Souza Filho, A.A. Franco	31
Evaluación de cinco diseños de trampas para el muestreo de la mosca del mango. E. González, N. Boscán de Martínez, G. Rodríguez.....	39
Some aspects of the biology of the maize stalk borer <i>Busseola fusca</i> fuller (Noctuidae: Lepidoptera) in Kenya. M.W. Macharia, B.M. Khaemba, K.V. Seshu Reddy	45
Improved chemical protection of sorghum seed and seedlings from insect pests in Honduras. H.E. Portillo, H.N. Pire, D.H. Meckenstock, F. Gómez	50
Suelos de las comarcas productoras de vino de Málaga (Andalucía, España). R. Delgado, A. Iriarte, E. Barahona, J. Párraga	57
Reseñas de libros	38, 56, 71, 72



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

San José, Costa Rica

CR ISSN 0041 - 4360

Incidencia del Gusano Cogollero y sus Enemigos Naturales en Tres Agrosistemas de Maíz¹

H. Cortez M. *, J. Trujillo A. **

ABSTRACT

The incidence of *Spodoptera frugiperda* (Smith) and their parasitoids and predators were evaluated in the monoculture of traditional and technologically improved maize, as well as in maize intercalated with beans. The parameters evaluated were: number of egg masses, number of larvae, percentage of damage and parasitism, and the number of predators of *S. frugiperda*. Results showed that the highest incidence of *S. frugiperda* was in the least diversified systems and the greatest presence of natural enemies was found in the most diversified systems. The number of eggs masses in the technologically improved maize was five times higher than the traditional cultivated maize, and 17.5 times higher than in maize intercalated with beans. The number of larvae in technificated maize was 3.8 and 10.7 times greater than the traditional and intercalated maize, respectively. The percentage of parasitism until flowering were 25% for traditional maize and 8.6% for the technologically improved variety. Parasitoid species were: *Chelonus* sp. (Braconidae), *Euplectrus* sp. (Eulophidae), *Eiphosoma* sp. (Ichneumonidae) and two unidentified species of the families Trichogrammatidae, Mymaridae and Tachinidae. The predators were *Zelus* sp., *Repipta* sp. and *Apiomerus* sp. of the Reduviidae family. Members of the Carabidae family (Odacanthini subfamily) were also observed. Members of the Forficulidae family and Araneida order are also thought to be pest predators.

Key words: *Spodoptera*, natural enemies, traditional maize systems.

INTRODUCCIÓN

El gusano cogollero, *S. frugiperda* (Smith), es la principal plaga del maíz en México, en donde causa pérdidas del 10% al 90%, principalmente

¹ Recibido para publicar el 9 de marzo de 1993. Los autores agradecen al Dr. Alejandro González Hernández de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Méx., por su valiosa colaboración en la identificación de los parasitoides.

* Investigador-Docente; Centro de Enseñanza, Investigación y Capacitación para el Desarrollo Agropecuario, Forestal y Acuícola del Sureste (CEICADES) Colegio de Postgraduados, Apdo. postal No. 24 Cárdenas Tabasco Méx.

** Profesor-Investigador. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Chapingo. Méx.

RESUMEN

Se evaluó la incidencia de *Spodoptera frugiperda* (Smith), y la de sus parasitoides y depredadores en monocultivo de maíz tradicional y tecnificado, así como en maíz intercalado con frijol. Los parámetros evaluados fueron: número de oviposuras y larvas, porcentaje de daño y de parasitismo y número de depredadores del gusano cogollero. Se observó mayor incidencia de *S. frugiperda* en sistemas menos diversificados y mayor presencia de enemigos naturales en los más diversificados. El número de oviposuras en el maíz tecnificado fue cinco veces mayor que en el tradicional y 17.5 veces más que en el intercalado con frijol. El número de larvas en maíz tecnificado fue 3.8 y 10.7 veces mayor que en el maíz tradicional e intercalado, respectivamente. Los porcentajes de parasitismo hasta la floración del cultivo fueron de 25% para el maíz tradicional y de 8.6% para el tecnificado. Las especies de parasitoides fueron: *Chelonus* sp. (Braconidae), *Euplectrus* sp. (Eulophidae), *Eiphosoma* sp. (Ichneumonidae) y tres especies no identificadas de las familias Trichogrammatidae, Mymaridae y Tachinidae. Se encontraron las siguientes especies de depredadores: *Zelus* sp., *Apiomerus* sp. y *Repipta* sp. de la familia Reduviidae; de la familia Carabidae, se observaron miembros de la subfamilia Odacanthini. Además se mencionan como posibles depredadores de la plaga miembros de la familia Forficulidae (Dermaptera) y del orden Araneida.

Palabras clave: *Spodoptera*, enemigos naturales, maíz, sistemas tradicionales.

en regiones de clima cálido (Sifuentes 1974). Los daños que ocasiona justifican medidas de control, generalmente mediante aplicaciones de insecticidas; sin embargo, el problema no se ha solucionado.

Distintas investigaciones muestran que la diversificación de hábitat agrícolas reduce, en ocasiones, las poblaciones de insectos-plaga (Risch *et al.* 1983). Por ejemplo, se observó que la diversificación del cultivo de frijol afectó negativamente la presencia y el daño del *Apion godmani* y *Epilachna varivestis*, al mismo tiempo que favoreció la presencia de sus enemigos naturales (Lopes 1992). De igual modo se determinó que la habilidad del gusano cogollero para localizar su planta hospedera está relacionada con la composición de especies vegetales en cultivos de maíz (Altieri 1980). Lo anterior se explica por el enmascaramiento de los químicos que guían la plaga para encontrar sus hospederas. Las mo-

dificaciones de los ambientes agrícolas de producción de maíz pueden ser muy diversas y pueden regular al gusano cogollero. Así, las asociaciones de maíz con leguminosas y la manipulación de la comunidad de maleza logran reducir la incidencia de la plaga (Altieri y Withcomb 1980; Francis *et al.* 1978) e incrementar las poblaciones de insectos entomófagos (Sánchez *et al.* 1989).

Tabasco es un estado con excepcional riqueza de cultura agrícola (Gliessman 1980); por eso, es urgente evaluar científicamente las propiedades de sistemas agrícolas tradicionales. Esos estudios permitirán rescatar los componentes más valiosos para integrarlos a diseños agrícolas modernos que consideren la eficiencia económica y de recursos energéticos. Por lo anterior, los objetivos del presente estudio fueron los siguientes:

- Evaluar la incidencia de *S. frugiperda* en tres diferentes sistemas de producción de maíz: tradicional, intercalado con frijol, y tecnificado.
- Evaluar los niveles de parasitismo y depredación de *S. frugiperda* en los tres sistemas de producción indicados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló durante el ciclo de cultivo primavera-verano de 1991 (junio-setiembre) en parcelas de maíz, cultivadas por agricultores de La Chontalpa en Tabasco, Méx. y en el Laboratorio de Entomología del Centro de Enseñanza, Investigación y Capacitación para el Desarrollo Agropecuario, Forestal y Acuícola del Sureste (CEICADES), Colegio de Posgraduados, Cárdenas, Tabasco. El lugar se encuentra a 23 msnm con una temperatura media anual de 26.7°C y 2240 mm anuales de precipitación (García 1973).

Los agrosistemas de maíz evaluados fueron: tradicional, intercalado con frijol y tecnificado. En los dos primeros, la siembra se hizo manual (a espeque) y con el mínimo de insumos agrícolas, mientras que en el tecnificado, la siembra se realizó con maquinaria y un elevado gasto de insumos agrícolas (fertilizante, herbicida, semilla híbrida, tratamiento químico de semilla), además de una aplicación de insecticida del grupo de los piretroides el 8 de julio.

La siembra se realizó los días 5, 13 y 16 de junio para el maíz intercalado, tecnificado y tradicional, respectivamente. La semilla utilizada fue la variedad H-507 para el sistema tecnificado y el criollo Mejen, para los otros dos. La densidad de siembra fue de 21 000, 40 000 y 70 000 plantas por hectárea para los sistemas intercalado, tradicional y tecnificado, en ese orden.

Se efectuaron muestreos cada tercer día hasta el 24 de julio, de manera semanal a partir del 16 de agosto hasta la madurez fisiológica del cultivo. La superficie de muestreo fue de 1 ha, tanto para el maíz tradicional como para el tecnificado, y de 0.5 ha para el intercalado con frijol. En las dos primeras, se seleccionaron aleatoriamente 10 sitios de muestreo y 5 para la última, constituidos cada uno por 40 plantas de maíz.

La incidencia de la plaga se evaluó con base en el número de masas de huevos, larvas y porcentaje de daño. Simultáneamente se registró el número de depredadores y los porcentajes de parasitismo. Para este último caso, los huevos y larvas del gusano cogollero se mantuvieron en condiciones de laboratorio hasta la obtención de los parasitoides. Estos fueron identificados por el Dr. A. González Hernández de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Méx. Los porcentajes de parasitismo se estimaron con base en el total de palomillas y/o parasitoides que emergieron.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incidencia de *S. frugiperda*

Los resultados obtenidos indican mayor incidencia del gusano cogollero en los sistemas menos diversificados. De esta manera, el número de masas de huevos en maíz tecnificado fue cinco veces mayor que en el de maíz tradicional y 17.5 veces más que en el intercalado con frijol. Los valores promedio acumulados en 40 plantas fueron de 7.0, 1.4 y 0.4 para maíz tecnificado, tradicional e intercalado, respectivamente (Fig. 1a). En cuanto a su distribución en el tiempo, se observó que el periodo de oviposturas ocurrió durante el mes de julio y posteriormente a la floración del cultivo (16 de agosto) ya no se detectaron masas de huevos. De los diez muestreos realizados en julio, se registraron oviposturas en todos cuando el maíz fue tecnificado, en siete casos

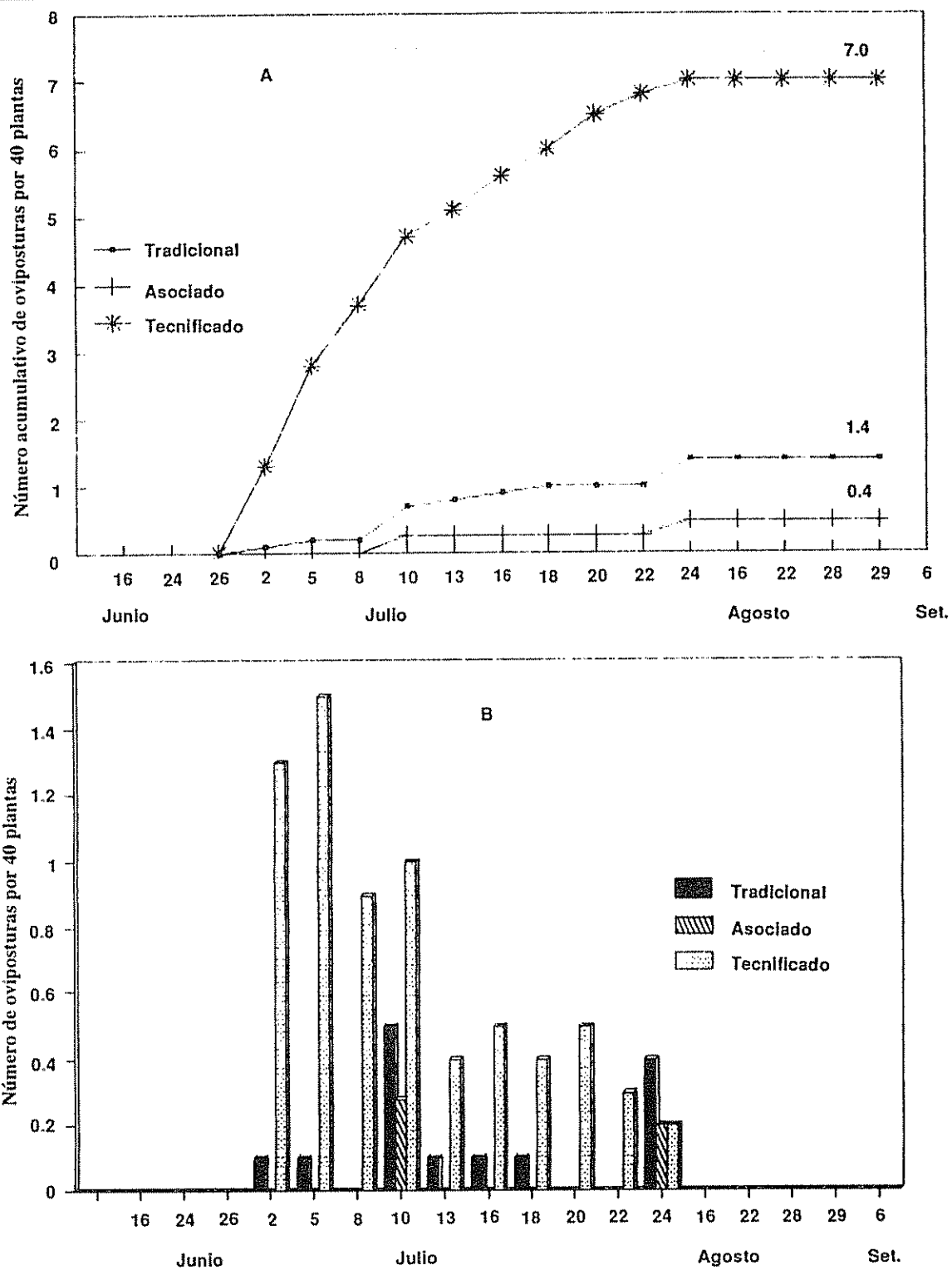


Fig. 1. Número acumulado de oviposiciones de *S. frugiperda* (a) y su distribución temporal (b) en tres sistemas de producción de maíz en La Chontalpa, Tabasco (1991).

cuando se cultivó de manera tradicional, y únicamente en dos cuando se intercaló con frijol (Fig. 1b).

Con la incidencia de larvas del gusano cogollero ocurrió algo similar a lo observado en las oviposaduras.

En el maíz tecnificado su número fue 3.8 y 10.9 veces mayor que en el maíz intercalado, respectivamente. Los números promedio acumulados por 40 plantas fueron de 28, 7.2 y 2.6 larvas para los sistemas de maíz tecnificado, tradicional e intercalado, en ese orden (Fig. 2a).

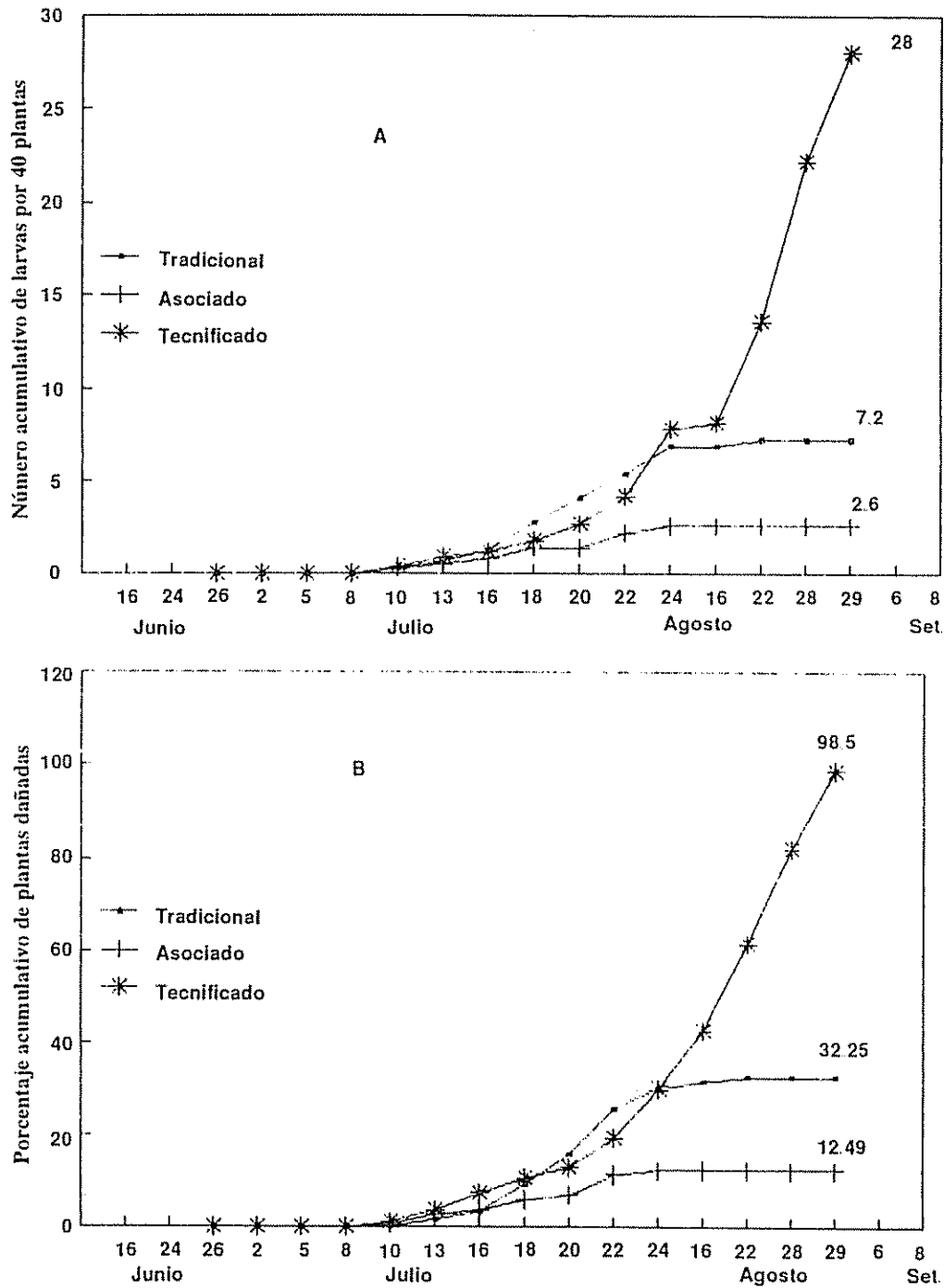


Fig. 2. Número acumulativo de larvas de *S. frugiperda* (a) y niveles acumulativos de daño (b) en tres sistemas de producción en La Chontalpa, Tabasco.

Por otra parte, el maíz tecnificado presentó un 98.5% de daño acumulado en contraste con el 32.15% observado en el tradicional; el sistema de maíz intercalado con frijol tuvo menor daño, sólo el 12.49 % (Fig.

2b). En el maíz tradicional, los mayores niveles poblacionales y de daño ocurrieron del 18 de julio al 24 de julio; igual en el maíz tecnificado durante la segunda mitad del cultivo (22 de julio al 29 de agosto) (Fig. 2).

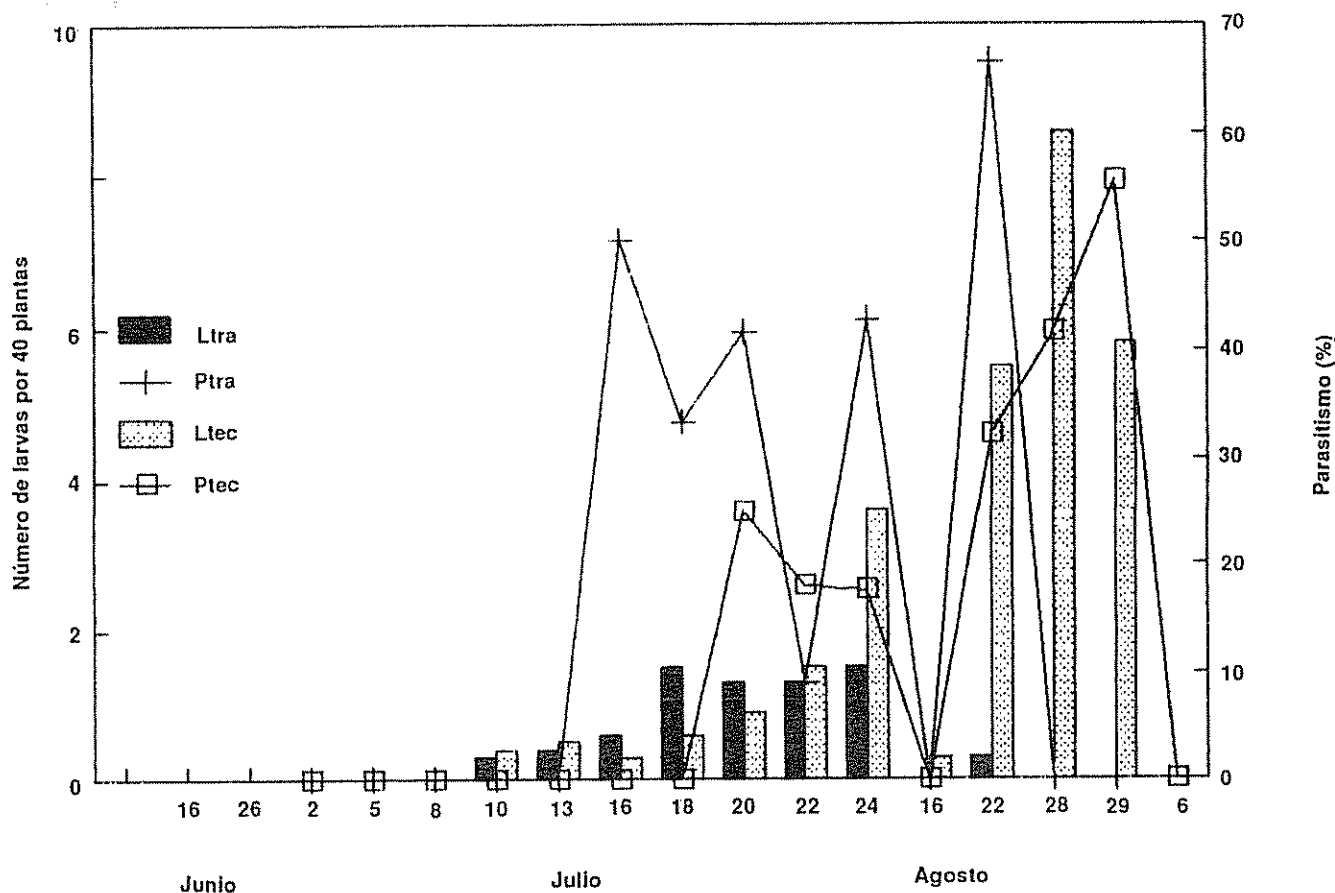


Fig. 3. Fluctuación poblacional de larvas de *S. frugiperda* en maíz tradicional (Ltra) y tecnificado (Ltec) y porcentajes de parasitismo en maíz tradicional (Ptra) y tecnificado (Ptec) en La Chontalpa, Tabasco (1991).

A pesar de que, al inicio, la presencia de larvas de gusano cogollero (10 de julio y 13 de julio) mostró una tendencia de incremento poblacional en el maíz tecnificado, posteriormente (16 de julio al 20 de julio) la densidad de larvas fue dos veces menor que en el sistema tradicional (Fig. 3). Esa reducción poblacional de larvas de gusano cogollero en maíz tecnificado es posible explicarla por la aplicación de insecticida al cultivo.

Grupos de parasitoides y porcentajes de parasitismo

Se registraron seis especies de parasitoides, de las cuales cinco pertenecen al orden Hymenóptera y una al orden Díptera. Las especies no identificadas de las

familias Mymaridae y Trichogrammatidae se obtuvieron de huevos; *Chelonus* sp. (Braconidae), *Euplectrus* sp. (Eulophidae) y *Eiphosoma* sp. (Ichneumonidae) de larvas, y una especie no identificada de la familia Tachinidae de prepupas de la plaga.

La frecuencia y número de parasitoides obtenidos de huevos fueron tan reducidos que no son importantes para un programa de control biológico inducido de *S. frugiperda*. El bajo nivel de parasitismo de huevos pudo deberse, entre otros factores, a la presencia de la cubierta de escamas que los cubren y a su disposición en capas superpuestas, que impiden que los huevos centrales sean atacados, como lo mencionan otros investigadores (Johannes y Carrillo 1987).

El mayor número y diversidad de parasitoides ocurrió en larvas de la plaga; las especies más abundantes fueron *Chelonus* sp. y *Euplectrus* sp. La primera fue superior durante la primera fase del cultivo, en tanto que *Euplectrus* sp. fue más abundante en la etapa posterior a la floración. *Chelonus* es de hábitos solitarios internos, mientras que la otra especie es un ectoparasitoide gregario de la que se obtuvo un promedio de 10 individuos por huésped.

En prepupas de la plaga, se encontró de uno a dos parasitoides de la familia Tachinidae por huésped, pero el número total fue menor al de los parasitoides himenópteros obtenidos de larvas de la plaga.

En cuanto al porcentaje total de parasitismo (excepto los de huevos), los resultados indican mayor actividad parasítica en el maíz tradicional que en el tecnificado, mientras que en el intercalado con frijol no se detectaron casos de parasitismo. En el maíz tradicional el parasitismo empezó el 16 de julio, cuando también la población de larvas de la plaga comenzó su incremento; por el contrario, en el maíz tecnificado la actividad parasítica se registró hasta el día 20 de julio; en esa fecha, la población de la plaga ya había iniciado un notable incremento (Fig. 3)

Hasta la floración del cultivo, el nivel de parasitismo fue mayor en el maíz tradicional que en el tecnificado, período en el cual (10 al 24 de julio) los porcentajes en promedio de parasitismo fueron de 25 % y 8.6 % para el sistema tradicional y tecnificado, respectivamente. El máximo nivel de parasitismo registrado en el maíz tradicional fue de 66.6 % y en el tecnificado fue de 55.5 por ciento.

Existió un período en el que se observó una reducción en el parasitismo en ambos sistemas de cultivo (16 de agosto), debido a la reducción poblacional de la plaga en esa etapa fenológica del cultivo (floración) (Fig. 3). Es probable que los porcentajes de parasitismo presentados estén por debajo del efecto real de los parasitoides como factores de mortalidad del gusano cogollero. Mortalidades adicionales pueden deberse, entre otras causas, a la utilización de los huéspedes en la alimentación de los parasitoides adultos, al ataque de éstos sin existir oviposición y a los traumas en el huésped por la oviposición del parasitoide (Van Driesche 1983).

Al comparar la fluctuación poblacional de larvas de la plaga se advierte que en el maíz tradicional, después de alcanzar el máximo pico poblacional (18 de julio), su densidad se mantuvo a un mismo nivel hasta el momento de la floración, lo que coincidió con los altos niveles de parasitismo determinados en la primera fase del sistema de cultivo. Por el contrario, en el maíz tecnificado existió un incremento logarítmico de la plaga, a la vez que la actividad parasítica decreció. Eso sucedió por lo menos durante la etapa anterior a la floración del cultivo y aunque, luego, hubo un repunte en el parasitismo, la población de la plaga no se redujo (Fig. 3). El aumento en la actividad parasítica ocurrió probablemente porque las larvas de gusano cogollero en ese período del cultivo, se encontraban más expuestas a la acción de los parasitoides.

Aunque no fue estudiado en este trabajo, es importante mencionar que, en varias ocasiones, se observaron larvas muertas por una enfermedad, posiblemente de origen viral. Los síntomas observados en condiciones de laboratorio fueron: pérdida del movimiento, coloración oscura, cutícula firme y hemolinfa de color oscuro.

Grupos de depredadores

El número promedio de depredadores del gusano cogollero por 40 plantas fue 1.7 veces mayor en el maíz intercalado con frijol (44.8) que en el monocultivo tradicional, y 2.5 veces más que en el maíz tecnificado (17.6).

Los principales depredadores del gusano cogollero se incluyen en las familias Reduviidae y Carabidae. De la primera, se identificaron las especies *Zelus* sp., *Repipta* sp. y *Apiomerus* sp. (Cuadro 1), las cuales se mencionan como agentes importantes de control biológico de la plaga (King y Saunders 1984). De la familia Carabidae, los depredadores más abundantes correspondieron a la subfamilia Odacanthini y en menor proporción a la especie *Callida* sp. (Cuadro 1).

Las familias Chrysopidae y Coccinellidae, principalmente depredadores de pulgones, a veces se alimentan de huevos de *S. frugiperda* (King y Saunders 1984). De los coccinélidos se identificaron las especies *Coleomegilla maculata* Deg. y *Cycloneda sanguinea* (L.) (Cuadro 1).

Se registró un importante número de miembros de la familia Forficulidae (Dermaptera) y del orden Araneida, y, aunque el primer grupo es mencionado como depredador de *S. frugiperda* (King y Saunders 1984), al no contar con la identificación del género, no se puede asegurar que en este caso hayan desempeñado tal función; sin embargo, la frecuencia con la que se observaron en el cogollo de la planta pudiera ser indicio de su actividad depredadora.

Los miembros del orden Araneida son considerados de hábitos depredadores generalistas y aunque pudiera ser una desventaja respecto a otros depredadores más específicos, la importancia de las arañas radica en el efecto estabilizador de los agroecosistemas, principalmente cuando sus presas tienen poblaciones bajas (Hagen *et al.* 1976).

Los sistemas de maíz tradicional e intercalado con frijol (cero labranza) probablemente favorecieron la proliferación de la fauna entomófaga, que ataca al gusano cogollero y, por consiguiente, la reducción de su población y su daño. Sánchez *et al.* (1989) encontraron mayor abundancia de insectos entomófagos en la aso-

ciación maíz-frijol bajo cero labranza y mencionan como posible causa el mayor desarrollo de maleza, la cual puede proveer néctares y refugio a los insectos benéficos de presas alternas. Se ha demostrado, también, que los daños típicos de *S. frugiperda* pueden ser reducidos mediante el manejo de la comunidad de maleza (Altieri y Withcomb 1980). En este estudio, se determinó un mayor desarrollo de maleza en los cultivos tradicional e intercalado, principalmente de hoja ancha, comparado con el sistema tecnificado siempre libre de maleza.

Por otro lado, la aplicación de insecticida en el maíz tecnificado (8 de julio) pudo interferir con la actividad de los enemigos naturales en ese sistema de cultivo (Fig. 3).

Se sabe que la composición vegetal y la concentración de alimento en el agrosistema maíz, desempeñan un importante papel en la habilidad del gusano cogollero para localizar a su planta hospedera (Altieri 1980). En este caso, la mayor superficie cultivada con maíz tecnificado y, por consiguiente, la mayor concentración de alimento para la plaga, pudieron favorecer el encuentro de la fuente alimenticia. Por el contrario, en el maíz tra-

Cuadro 1. Grupos y número de depredadores de *S. frugiperda* en tres sistemas de producción de maíz en La Chontalpa, Tab., 1991.

Grupos de depredadores	Sistema de producción		
	Tradicional	Asociado	Tecnificado
Orden Araneida*	7.3**	16.4**	3.4**
Familia Carabidae	1.0	11.0	0.1
Subfamilia Odacanthini			
<i>Callida</i> sp			
Familia Coccinellidae	0.6	0.0	8.0
<i>Coleomegilla maculata</i> Deg			
<i>Cicloneda sanguinea</i> (L.)			
Familia Reduviidae*	2.0	2.8	0.1
<i>Apiomerus</i> sp			
<i>Zelus</i> sp			
<i>Repipta</i> sp			
Familia Anthicoridae*	0.4	0.6	0.1
Familia Forficulidae*	14.2	14.0	13.7
Familia Vespidae*	0.1	0.0	0.0
<i>Polybia</i> sp			
Familia Chrysopidae	0.1	0.0	0.4
Total	25.0	44.8	17.6

* Grupos considerados en el total.

** Promedio de individuos encontrados por 40 plantas.

dicional e intercalado con frijol, la mayor abundancia de malezas en ambos y la presencia de frijol como componente vegetal adicional en el segundo, provocarían la poca presencia de *S. frugiperda*.

Incluso las diferencias observadas entre el maíz tradicional e intercalado podrían definirse por la presencia del frijol en el segundo sistema, donde se registró el mayor número de depredadores y la más baja incidencia de la plaga. Esto último influyó en que no se hayan detectado parasitoides en ese sistema de cultivo. Adicionalmente, las pequeñas superficies de maíz cultivadas bajo estos sistemas pudieron originar la baja colonización de la plaga.

Los resultados, aquí presentados, sugieren que los sistemas de maíz practicados de manera tradicional en La Chontalpa, demuestran valiosos componentes ecológicos de regulación del gusano cogollero, que podrían integrarse para su control a diseños de tecnología agrícola moderna. Conocer los principales parasitoides y depredadores de *S. frugiperda* y la época de mayor actividad parasítica es fundamental en el manejo de los enemigos naturales para el control biológico de la plaga.

De igual manera, el conocimiento de la función de la diversidad vegetal en la fluctuación poblacional de la plaga y de sus reguladores bióticos son aspectos importantes por considerar en estudios futuros sobre el manejo del gusano cogollero en La Chontalpa. Manejos más sofisticados podrían hacerse mediante la cría de parasitoides y su manipulación a través de la feromona sexual de la plaga.

CONCLUSIONES

- En La Chontalpa, Tabasco, *S. frugiperda* fue atacado por una amplia diversidad de parasitoides y depredadores, que recibieron en su actividad benéfica la influencia de la complejidad vegetal del agrosistema maíz.
- La incidencia de *S. frugiperda* fue inversamente proporcional a la diversidad vegetal del sistema de cultivo, por el contrario, la de sus enemigos naturales fue directamente proporcional.
- Los parasitoides más frecuentes de *S. frugiperda* fueron las especies *Chelonus* sp. y *Euplectrus* sp.
- Los depredadores más sobresalientes fueron las especies *Zelus* sp., *Apiomerus* sp. y *Repipta* sp. (Reduviidae), y los de la subfamilia Odacanthini de la familia Carabidae.
- La ocurrencia de parasitismo hasta el momento de la floración del cultivo fue 25% y 8.6% para el maíz tradicional y el tecnificado, respectivamente.

LITERATURA CITADA

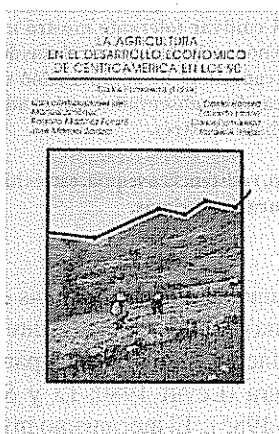
- ALTIERI, M A 1980 Diversification of corn agroeco-systems as a means of regulating fall armyworm populations Florida Entomologist 63(4):450-456
- ALTIERI M A ; WIIHCOMB W H 1980 Weed manipulation for insect pest management in corn Environment Management 4(6):483-489
- FRANCIS, C A ; FLOR, C A ; PRAGER M 1978 Effects of bean association on yields and yield components of maize. Crop Science 18:760-764
- GARCIA E 1973 Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (adaptado a las condiciones de la República Mexicana) Méx UNAM p 186
- GLIESSMAN, S.R. 1980 Aspectos ecológicos de las prácticas agrícolas tradicionales en Tabasco. Méx : Aplicación para la producción biótica 5(3):93-101
- HAGEN, K S ; BOMBOSCH, S ; MCMURTRY, J A 1976 The biology and impact of predators In C B Huffaker, P S Messenger (Eds) Theory and practice of biological control. New York, Academic press p 127-130
- JOHANNES T I ; CARRILLO SÁNCHEZ J L 1987 Evaluación de la efectividad de *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) en el combate de *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Recomendaciones para su uso Agrociencia 67:75-84
- KING, A B S ; SAUNDERS, J L 1984 Las plagas invertebradas de los cultivos anuales alimenticios en América Central Londres, Administración de Desarrollo Extranjero. p 46-48.
- LOPES ARROYO, J I 1992 Diversidad vegetal y control de insectos: Un análisis en poblaciones de *Apion godmani* Wagner y *Epilachna varivestis* Mulsant, en frijol diversificado Tesis de Maestría en Ciencias. Méx Montecillos, Colegio de Posgraduados 152 p
- RISCH, J S ; ANDOW, D ; ALTIERI, M A 1983 Agroecosystems diversity and pest control: Data, tentative conclusions, and new research directions Environmental Entomology 12(3):625-629

SÁNCHEZ E. J.; VERA G. J.; BRAVO M. H.; CARRILLOS; J.L.
1989 Análisis de la entomofauna asociada al agroecosistema
maíz-frijol bajo tres intensidades de labranza. Agrociencia
76:139-152

SIFUENTES, J.A. 1974 El gusano cogollero del maíz y su control
en México. Méx. INIA. Folleto de divulgación no. 52. 6 p.

VAN DRIESCHE, R.G. 1983. Meaning of "percent parasitism" in
studies of insect parasitoids. Environmental Entomology
12(6):1611-1622

LIBRO RECOMENDADO



La Agricultura en el Desarrollo Económico de Centroamérica en los 90. IICA. C. Pomareda (Ed.). 1992. 202 p.
ISBN 92-9039-203 7.

Este libro compendia diversos trabajos realizados por destacados profesionales de las ciencias agrícolas, y constituye una valiosa contribución técnica a los esfuerzos de los países centroamericanos por lograr la consolidación de un modelo de desarrollo en el contexto internacional. Dichos trabajos tratan temas de gran interés socio-político y económico, tales como las relaciones intersectoriales en la agricultura, los elementos básicos de una estrategia de modernización agroindustrial y el comercio intrarregional de productos agropecuarios.

US\$10.00

Ver lista de publicaciones disponibles para la venta
y boleta de solicitud en la última sección de la revista Turrialba.

Cambios Isoenzimáticos Inducidos por Estrés Hídrico y Temperatura en Pasto Llorón¹

C.V. Echenique*, P.A. Polci*

ABSTRACT

The effects of low water potentials and two temperature regimes on isozymic patterns of peroxidases, esterases and acid phosphatases were studied on seedlings and plants of two cultivars of weeping lovegrass, *Eragrostis curvula* (Schr.) Nees with different drought resistance. In mature plants of both cultivars, water stress induced an increase in number and relative intensity of esterases and peroxidases, while acid phosphatases showed only increased band activity. Seedlings also showed qualitative and quantitative isozymic changes and an interaction between water stress and temperature was detected. These changes were reversible. When seedlings were returned to growth in water, they exhibited isozymic patterns similar to normal growing plants. Plant responses differed depending on their drought tolerance; the drought-tolerant cultivar showed a higher peroxidase and lower acid phosphatase activity than the less-tolerant one. This trait, along with a rapid recovery capacity, might indicate that the observed changes could be an adaptive response, and not plant damage.

RESUMEN

Se estudiaron los efectos de bajos potenciales hídricos y dos regímenes de temperatura sobre los patrones isoenzimáticos de peroxidasas, esterases y fosfatasas ácidas en plántulas y plantas de dos cultivares de pasto llorón, *Eragrostis curvula* (Schr.) Nees., con diferente resistencia a la sequía. En ambos cultivares, el estrés hídrico produjo un aumento en el número e intensidad relativa de bandas de esterases y peroxidasas; las fosfatasas ácidas mostraron aumento de actividad, pero no del número de bandas. En plántulas se observaron también alteraciones cualitativas y cuantitativas de los zimogramas y una interacción entre estrés hídrico y temperatura. Estos cambios fueron reversibles. Transferidas las plántulas a agua destilada, sus patrones isoenzimáticos fueron similares a los correspondientes controles. Como respuesta al estrés, el cultivar tolerante mostró mayor actividad de peroxidasas y menor actividad de hidrolasas ácidas. Y esto, sumado a la rápida capacidad de recuperación de las plántulas, indicaría que los cambios observados serían adaptables, más que por el daño debido al estrés.

Palabras clave: Pasto llorón, resistencia a sequía, estrés hídrico - temperatura, isoenzimas.

INTRODUCCIÓN

Las respuestas de las plantas al estrés hídrico incluyen cambios metabólicos, que les permiten eludir o sobreponerse a tal situación. Estos cambios dependen del genótipo, de la intensidad y duración del estrés y de las etapas ontogénicas en que se produce (Soriano 1980). Hsiao (1973) indicó que los cambios en el metabolismo, producidos por estrés moderado, representan respuestas regulativas de la planta, mientras que puede sucumbir ante un estrés severo.

Los procesos de aclimatación en las plantas están controlados por un sistema genético regulado, directa o indirectamente, por los factores ambientales, particularmente baja temperatura (Levitt 1980; Li y Sakai 1982; Sarhan y Chevrier 1985). El mecanismo involucrado es poco conocido, pero se inducen en la planta respuestas que le permiten tolerar el frío y soportar el congelamiento (Levitt 1972), probablemente a través de la síntesis o acumulación de proteínas específicas (Sarhan y Perras 1987). Estos patrones alterados de síntesis proteica podrían ser el resultado de regulación de la expresión génica a nivel de transcripción y podrían proveer información sobre la capacidad de adaptación de la planta (Sarhan y Perras 1987). La aclimatación a la sequía ha sido menos estudiada, pero podrían ocurrir fenómenos similares (Graff 1980), produciéndose cambios en la composición de las bases del RNA (Kessler y Frank-Tishler 1962). Estos cambios pueden reflejarse en las enzimas, esperando que las células puedan sintetizarlas con similar actividad, pero menos susceptibles al daño por desecación. Mantener un conjunto de enzimas más estables frente al estrés permite a la planta ma-

¹ Recibido para publicar el 18 de enero de 1994

* Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, San Andrés 800, 8000 Bahía Blanca. Buenos Aires, Arg

yor supervivencia. Esta es una diferencia fundamental entre cultivares resistentes y no resistentes.

Por otra parte, la deshidratación severa provoca numerosos cambios en el citoplasma que podrían tener profundos efectos sobre la estructura de las proteínas u otros grandes polímeros, que dependen del agua para su estructura, como el DNA o el RNA. La pérdida de algunas enzimas claves podría impedir a la célula retomar la actividad metabólica normal luego de la rehidratación. Se han señalado incrementos en la degradación y disminución de la síntesis de sustancias metabólicas importantes, como ésteres de fosfato y proteínas, a consecuencia de la desecación (Tood y Yoo 1964). Hay un balance más favorable entre síntesis y degradación en las variedades resistentes. Una alteración en el equilibrio entre enzimas sintéticas e hidrolíticas sería la causa principal de muerte por sequía en las plantas

Otra característica de los cultivares resistentes al estrés ambiental sería la capacidad de evitar el daño en los tejidos, que conduce a la descompartimentalización y liberación de enzimas desde el complejo lipoproteico y las organelas (Viera da Silva 1976).

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de bajos potenciales hídricos y cambios de temperatura sobre los patrones isoenzimáticos de peroxidasas, esterases y fosfatasas ácidas y el posible carácter adaptable de alteraciones en dichos patrones. Este estudio se realizó en plantas y plántulas, que pertenecen a dos cultivares de pasto llorón, *Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees, con diferente resistencia a la sequía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y tratamientos de sequía

- Plantas de los cultivares Morpa y Don Eduardo (INTA, EE Anguil), que crecieron a la intemperie en recipientes de 10 000 cc. fueron sometidas a sequía por supresión del suministro de agua durante 5 d, al cabo de los cuales se tomaron las muestras. Plantas regadas normalmente se utilizaron como controles.
- Semillas de los cultivares Morpa y Don Eduardo germinadas en cajas de Petri, en cámara de cultivo a 18°C y 28°C con un fotoperíodo de nueve horas.

Se realizaron tres tratamientos: control (humedecidas diariamente con agua destilada) y estrés 1 y 2, con polietilenglicol de peso molecular 6000 (PEG-6000) (MERK), disuelto en agua destilada, de -0.3 y -0.6 MPa de potencial osmótico respectivamente, renovado diariamente. Las soluciones de PEG-6000 se prepararon de acuerdo con Steuter *et al.* (1981). Cuando la parte aérea medía 1 cm, se realizó el primer estudio electroforético.

Para el estudio de recuperación, las plántulas tratadas con PEG-6000 fueron lavadas y transferidas a cajas similares humedecidas con agua destilada. Luego de permanecer durante 7 d en estas condiciones, se repitió el estudio electroforético.

Electroforesis

- Plantas: se obtuvieron extractos al macerar en mortero un trozo de lámina foliar de 10 cm de largo de hojas jóvenes, completamente expandidas y recién cortadas. El homogenato se obtuvo con 150 µl de buffer tris-cítrico 0.05 M por borato de sodio 0.19 M (9:1 V/V), pH 8.3 y se absorbió en trozos de papel Whatmann no. 3 de 6 x 5 milímetros.
- Plántulas: se tomaron 10 mg de hoja de 1 cm de altura y se maceraron con 100 µl de buffer tris-cítrico 0.015 M pH 8.6.

La electroforesis se realizó en geles de almidón al 13% (SIGMA, Lot. 25 F-0364) de 12 x 15 x 0.6 cm en dos sistemas buffer:

- Planta: el buffer utilizado para preparar el gel fue tris-cítrico 0.05 M por borato de sodio 0.19 M (9:1 v/v), pH 8.3. Como buffer de electrodos se utilizó borato de sodio 0.19 M, pH 8.3.
- Plántulas: como buffer para preparar el gel se utilizó tris-cítrico 0.015 M, pH 8 y para los electrodos se utilizó el borato de sodio 0.3 M, pH 8.6.

Los extractos se sembraron a 5 cm del borde catódico del gel y se aplicó una corriente de 25 mA durante 3.5 h a 4° centígrados.

El revelado de isoenzimas se realizó en los siguientes medios de incubación:

Esterasas: 100 ml de buffer tris-HCl 0.1 M pH 6.0 con 5 mg de Fast Garnett GBC, más el agregado de 2 ml de acetato de alfa naftilo al 1% en acetona al 50 por ciento. El gel se incubó a 37°C en oscuridad durante aproximadamente dos horas.

Peroxidasas: 100 ml de buffer acetato de sodio 0.2 M, pH 5.0 con 50 mg de 3-amino-9-etil carbazol disueltos en 5 ml de dimetilformamida. En el momento del revelado, se agregaron 0.5 ml de peróxido de hidrógeno al 10% y se incubó a temperatura ambiente.

Fosfatasas ácidas: 50 ml de buffer acetato de sodio 0.2 M, pH 5.0 y 2 ml de Cl_2Mg 0.1 M, con 17 mg de Fast Garnett GBC (SIGMA), más el agregado de 20 mg de fosfato ácido de alfa naftilo disueltos en 2 ml de buffer acetato en el momento del revelado. Se incubó a temperatura ambiente en oscuridad.

Contenido relativo de agua: Se determinó en las plantas de acuerdo con Turner (1985).

RESULTADOS

En las plantas de ambos cultivares, el estrés hídrico produjo un aumento de actividad en los tres sistemas isoenzimáticos, que consistió en cambios cualitativos (en el número de bandas) y cuantitativos (en la intensidad relativa de cada banda) en los zimogramas de peroxidasas y esterazas, en tanto que en fosfatasas ácidas los cambios fueron solamente cuantitativos (Fig. 1).

Las isoperoxidasas más afectadas por el estrés fueron las de mayor movilidad (Fig. 1a, zona b); así las plantas pertenecientes a 'Don Eduardo' se observaron más activas.

La actividad de las esterazas y fosfatasas ácidas se incrementó como consecuencia del estrés; pero fueron mayores, en términos relativos, en plantas pertenecientes al cultivar Morpa (Fig. 1b y 1c).

En las plántulas, se evidenció la interacción entre los factores temperatura y estrés hídrico. Se determinaron cambios cualitativos en los sistemas isoenzimáticos analizados en ambos cultivares al variar la temperatura (Figs. 2 a 7). A 30°C aumentó la actividad general de peroxidasas en el cultivar Don Eduardo, fundamentalmente en las zonas "a" y "b", con disminución en la banda más catódica (zona c) (Fig. 2a). En 'Morpa' hubo

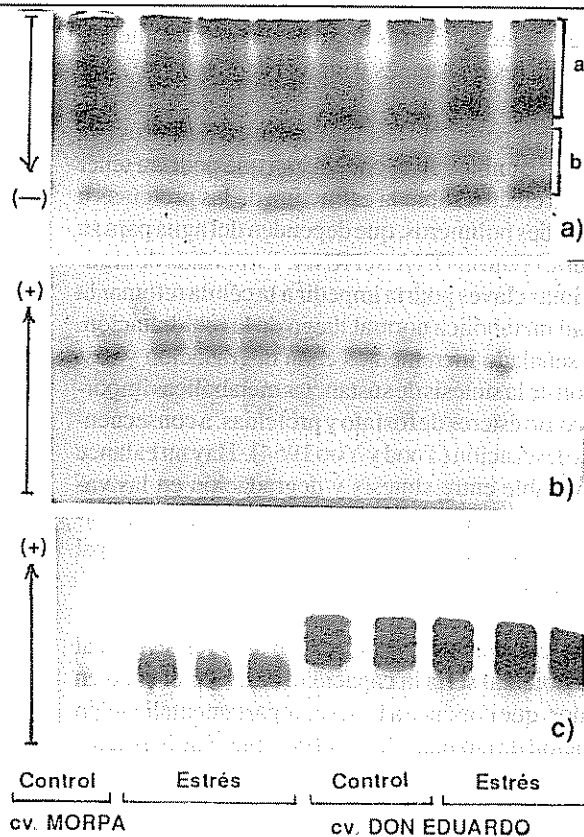


Fig. 1. Patrones isoenzimáticos de hojas de pasto llorón: a) peroxidasas, b) esterazas, c) fosfatasas ácidas.

Leyenda: Contenido relativo de agua: cv. Don Eduardo, control: 92.5%; estrés: 62.2%; cv. Morpa, control: 94.4%; estrés: 57.4%.

Nota: La flecha indica la dirección de la migración electroforética.

aumento de actividad en la zona "a" y disminución en "b" y "c", con desaparición total de una banda.

La actividad de las esterazas en plántulas se incrementó con la aparición e intensificación de bandas al disminuir el potencial osmótico de la solución (Fig. 3). También aumentó la actividad de fosfatasas ácidas con la aparición de nuevas bandas en 'Don Eduardo' (Fig. 4), si bien el sistema, en este caso, no fue tan "resolutivo" como en las plantas adultas.

En 'Morpa', a 20°C, se observó la desaparición de bandas de peroxidasas en las zonas "a" y "c" (Fig. 5b), mientras que en 'Don Eduardo' se intensificaron las bandas con el estrés más severo, sobre todo la de mayor movilidad (Fig. 6b). En las plántulas de control a esta temperatura, se observaron isozimas de peroxidasas de

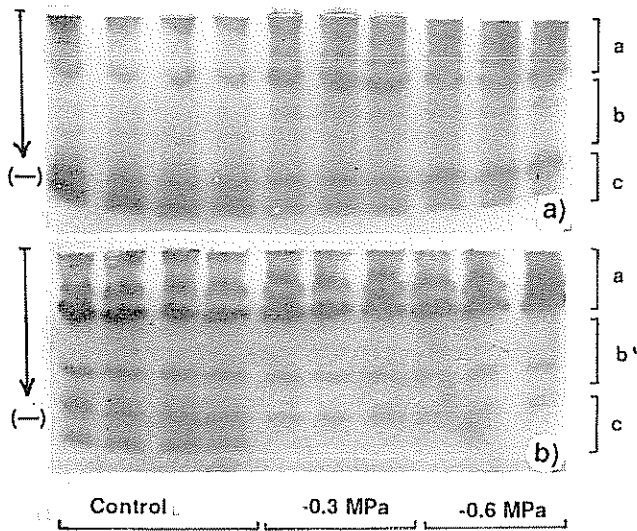


Fig. 2. Isoenzimas de peroxidasas de plántulas de pasto llorón, que creció bajo 30°C.: a) cv. Don Eduardo; b) cv. Morpa.

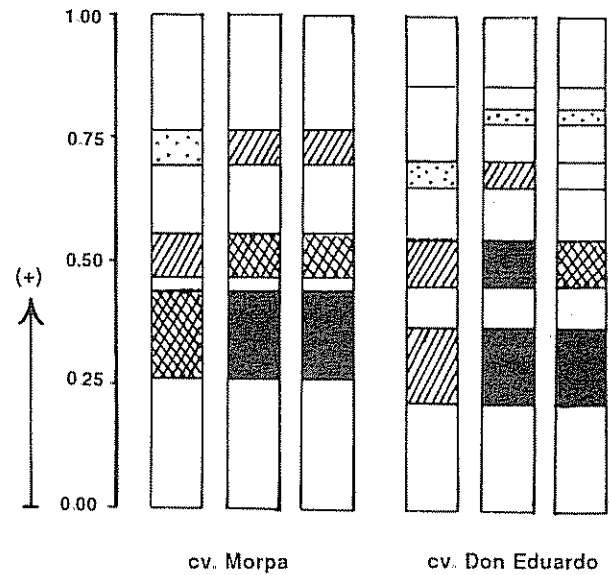


Fig. 4. Isoenzimas de fosfatasa ácida de plántulas de pasto llorón crecido bajo 30°C.; intensidad de las bandas en orden decreciente.

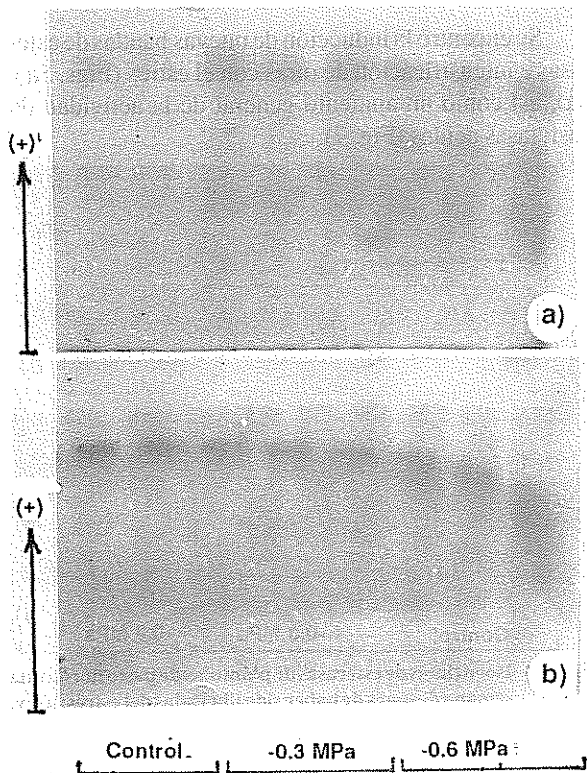


Fig. 3. Isoenzimas de esterases de plántulas de pasto llorón, que creció bajo 30°C.: a) cv. Morpa; b) cv. Don Eduardo.

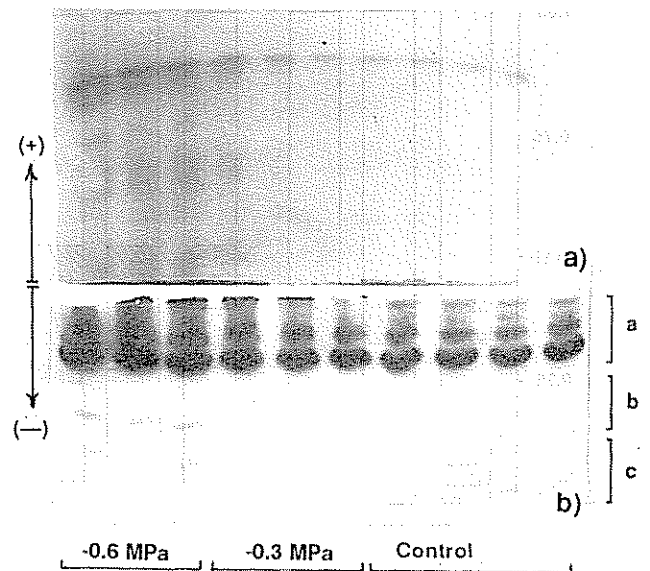


Fig. 5. Isoenzimas de esterases (a) y peroxidasas (b) de plántulas de pasto llorón crecido en 20°C, en el cv. Morpa.

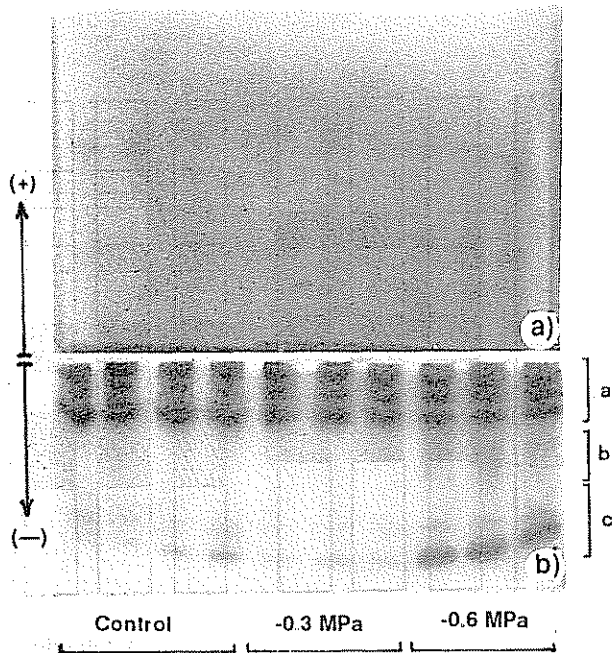


Fig. 6. Isoenzimas de esterases(a) y peroxidases(b) de plántulas de pasto llorón crecido en 20°C, en el cv. Don Eduardo

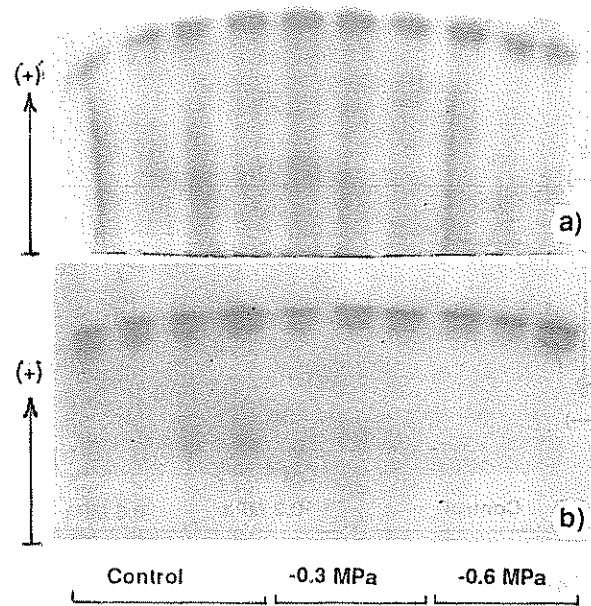


Fig. 8. Isoenzimas de peroxidases de plántulas de pasto llorón una semana después de haber sido liberadas del estrés: a) cv. Don Eduardo; b) cv. Morpa.

movilidad electroforética, ausentes en una temperatura de 30°C, probablemente por el efecto de la temperatura sobre su síntesis o actividad. En los controles, la actividad de peroxidases fue mayor a 30° centígrados.

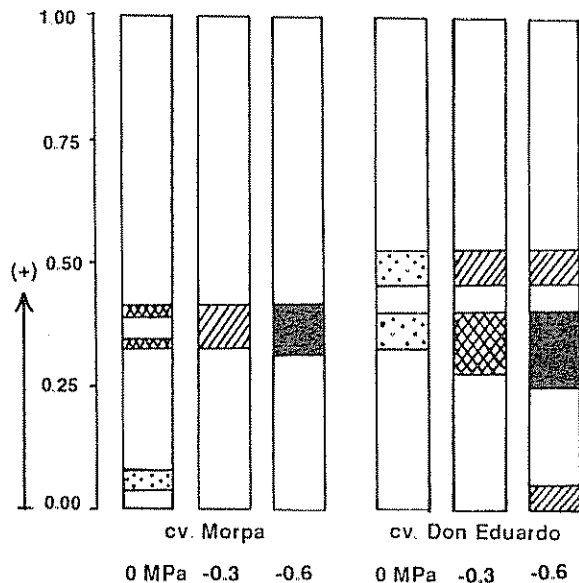


Fig. 7. Isoenzimas de fosfatasas ácidas de plántulas de pasto llorón crecido en 20°C.; intensidad de las bandas en orden decreciente

Se encontró la inducción de nuevas bandas de esterases e intensificación de otras con el estrés (Figs. 5a y 6a), así como un aumento general de la actividad de fosfatasas ácidas (Fig. 7).

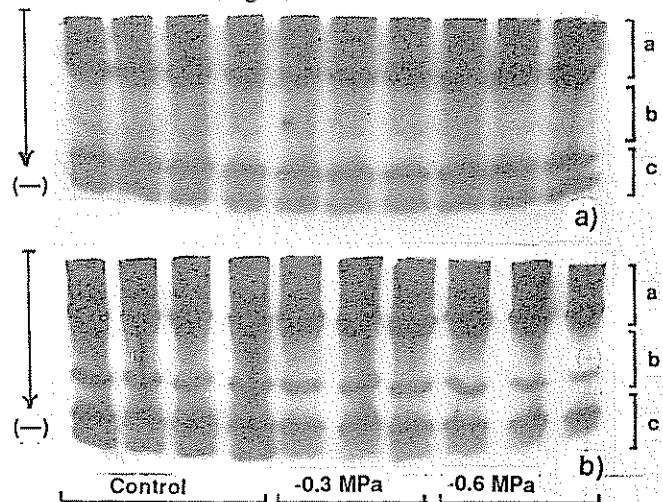


Fig. 9. Isoenzimas de esterases de plántulas de pasto llorón una semana después de haber sido liberadas del estrés: a) cv. Don Eduardo; b) cv. Morpa.

Luego de transferir todas las plántulas a agua destilada, los patrones isoenzimáticos no mostraron diferencias cualitativas y demostraron una rápida recuperación (Figs. 8 y 9).

DISCUSIÓN

La respuesta de las plantas de ambos cultivares fue diferente y estaría relacionada con la habilidad diferencial de las mismas para tolerar condiciones de estrés ambiental, fundamentalmente, de sequía. Las plantas pertenecientes al cv. Don Eduardo son más resistentes a la sequía (Echenique y Curvetto 1986) y mostraron características de tolerancia protoplasmática a la desecación (Echenique *et al.* 1989). Esta tolerancia estaría relacionada con el mantenimiento de las estructuras celulares intactas debido a una mayor integridad de las membranas, aun con bajos potenciales hídricos en los tejidos (Echenique *et al.* 1989). Las peroxidasas, junto al superóxido dismutasa y catalasa, forman parte del sistema de control de peróxidos en las células vegetales (Dhindsa y Matowe 1981; Kalir y Poljakoff-Mayber 1981) y de protección de las membranas celulares. En este trabajo fue evidente un incremento general de la actividad de peroxidasas en plantas y en plántula y, aún más, en el cultivar tolerante con activación de bandas fundamentalmente de movilidad electroforética alta.

Estos resultados indican que, en parte, la tolerancia protoplasmática observada previamente podría deberse a un sistema más efectivo de remoción de peróxidos. Los efectos de los peróxidos sobre las membranas señalan la necesidad de un sistema de control para prevenir su acumulación (Dhindsa y Matowe 1981). Formando parte de este sistema se encuentran las peroxidasas, que, junto con el superóxido dismutasa y catalasa, están involucradas en la defensa de las células aeróbicas contra el radical superóxido y H_2O_2 , productos de la reducción parcial de O_2 (Kalir y Poljakoff-Mayber 1981), provocada por la desecación (Bewley 1979) y otras condiciones ambientales extremas. En un trabajo previo se observó un aumento de la actividad del superóxido dismutasa en plantas de pasto llorón sometidas a sequía con PEG-6000 (Echenique *et al.* 1989).

La activación de las peroxidasas depende de varios reguladores de crecimiento y cambia durante el desarrollo (Galston y Davis 1969), de acuerdo con los factores ambientales tales como temperatura (De Jong *et al.* 1968; McCown *et al.* 1969a, b; Roberts 1967), enfermedades y daño (Kanazawa *et al.* 1967; Novacky y Hampton 1968); así correlaciona los cambios isoenzimáticos con la aclimatación (Roberts 1967).

Gerloff *et al.* (1967) y McCown *et al.* (1969a, b) encontraron cambios cualitativos y cuantitativos en peroxidasas de alfalfa y *Dianthus*, respectivamente. En

el primer caso, las diferencias entre cultivares aclimatados y no aclimatados no fueron lo suficientemente claras; mientras que en *Dianthus* con la aclimatación se desarrollaron bandas adicionales de peroxidasas durante la exposición a bajas temperaturas. En arroz, Mali y Mehta (1977) descubrieron bandas de peroxidasas características de plantas tolerantes a la sequía y sugirieron que las enzimas que presentan esos cambios se encuentran implicadas en la tolerancia.

En otros organismos, como *Drosophila* (Ashburner y Bonner 1979), levaduras (Deshaies *et al.* 1988) y también plantas superiores (Barnet *et al.* 1980; Cooper y Ho 1983), ante un cambio brusco de temperatura, aparecen nuevas proteínas que podrían proveer termotolerancia (Loomis y Wheeler 1980; Mitchell *et al.* 1979), siendo más eficientes o menos sensibles a tal situación. Esto podría ser el resultado de la transcripción diferencial, indicando la capacidad de adaptación de la planta (Cloutier 1983; Sarhan y Perras 1987; Smith 1970).

En plantas del cultivar Don Eduardo, la actividad de fosfatasa ácida fue menor. Viera Da Silva (1976) encuentra que el déficit hídrico induce una importante solubilización de fosfatasa ácida y otras hidrolasas en especies susceptibles de algodón. Asimismo, estas enzimas muestran solubilización en plantas que evitan la sequía, no así en aquellas que la toleran (Viera da Silva 1969). Liberadas, las hidrolasas ácidas pueden tener una acción destructiva y la mayoría de los efectos deletéreos del estrés podrían ser explicados por tales destrucciones (Viera da Silva 1976). Los cultivares más resistentes al estrés hídrico logran mantener un balance más favorable entre síntesis y degradación cuando se enfrentan a este factor ambiental, lo que puede atribuirse al cultivar Don Eduardo.

Cheng *et al.* (1968) encontraron que la deshidratación, en determinados períodos de la germinación del trigo, resulta en transcripciones incorrectas y no se produce el complemento enzimático normal. Esto se debe a daños irreparables a nivel del ADN y ARN. En pasto llorón, y en las condiciones en que se realizó este estudio, los cambios resultaron ser reversibles, ya que después de una semana sin estrés hídrico no se observaron prácticamente diferencias en relación con las plantas normalmente regadas.

Como conclusión, se puede decir que la capacidad de rápida recuperación, sumada a un mayor incremento en actividad de peroxidasas fundamentalmente en el cultivar tolerante, indica que tales cambios tienen natu-

raleza adaptable y forman parte del proceso de inducción de tolerancia a la sequía y aclimatación en diferentes temperaturas.

Si bien se observaron bandas que se modifican como consecuencia del estrés y un incremento general de peroxidasas podría conferir tolerancia, por el momento, no puede atribuirse esta característica a una banda en particular.

LITERATURA CITADA

- ASHBURNER, M.; BONNER, Y. J. 1979. The induction of gene activity in *Drosophila* by heat shock. *Cell* 17:241-254
- BARNET, T.; ALTSCHULER, M.; McDANIEL, C. N.; MASCARENHAS, J. P. 1980. Heat shock-induced proteins and nucleic acids in polyacrylamide gels. *European Journal of Biochemistry* 46:83-88
- BEWLEY, J. D. 1979. Physiological aspects of desiccation tolerance. *Annual Review of Plant Physiology (EE UU)* 30:195-238
- CHENG, D.; SARID, S.; KATCHALSKI, E. 1968. The role of water stress in the inactivation of messenger RNA of germinating wheat embryos. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 61:1378-1383
- CLOUTIER, Y. 1983. Changes in the electrophoretic patterns of the soluble proteins of winter wheat and rye following cold acclimatization and desiccation stress. *Plant Physiology (EE UU)* 71:400-403
- COOPER, P.; HO, T. D. 1983. Heat shock proteins in maize. *Plant Physiology* 71:215-222
- DE JONG, D. W.; OLSON, A. C.; HAWKER, K. M.; JANSEN, E. F. 1968. Effect of cultivation temperature on peroxidase isozymes of plant cells grown in suspension. *Plant Physiology (EE UU)* 43:841-844
- DESHAIES, R. J.; KOCH, B. D.; WERNER-WASHBURNE, M.; CRAIG, E.; SCHEKMAN, R. 1988. A subfamily of stress proteins facilitates translocation of secretory and mitochondrial polypeptides. *Nature* 332:800-805
- DHINDSA, R. S.; MATOWE, W. 1981. Drought tolerance in two mosses, correlated with enzymatic defence against lipid peroxidation. *Journal Experimental Botany* 32:79-91
- ECHENIQUE, C. V.; CURVETTO, N. R. 1986. Efectos del déficit hídrico en cinco cultivares de pasto llorón, *Eragrostis curvula* (Schr.) Nees sens. lat.: Niveles de clorofila y prolina y permeabilidad de membranas celulares. *Phyton* 46:195-206.
- ECHENIQUE, C. V.; GARCIA, M. G.; CURVETTO, N. R. 1989. An ultrastructural study of weeping lovegrass *Eragrostis curvula* (Schr.) Nees.: Effects of water stress. *Micr. Electr. Biol. Cel.* 13(1):97-112
- ECHENIQUE, C. V.; POVERENE, M.; CURVETTO, N. R. 1989. Efecto del ácido abscísico y estrés hídrico sobre tres sistemas isoenzimáticos en pasto llorón. *In* Reunión Latinoamericana (10); Reunión Nacional de Fisiología Vegetal (18). Misiones, Puerto Iguazú, Arg. 8 p
- GAFF, D. F. 1980. Protoplasmic tolerance of extreme stress. *In* Adaptation of plants to water and high temperature stress. N.C. Turner, P. J. Kramer (Eds). New York, John Wiley. p 207-230
- GALSTON, O. A.; DAVIS, P. J. 1969. Hormonal regulation in higher plants. *Science* 163:1288-1297
- GERLOFF, E. D.; STAHMANN, M. A.; SMITH, D. 1967. Soluble proteins in alfalfa roots as related to cold hardiness. *Plant Physiology* 42:895-899
- HSIAO, T. 1973. Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology* 24:519-570
- KALIR, A.; POLJAKOFF-MAYBER, A. 1981. Changes in activity of malate dehydrogenase, catalase, peroxidase and superoxide dismutase in leaves of *Helimione portulacoides* (L.): Aellen exposed to high sodium chloride concentrations. *Annals of Botany* 47:75-85
- KANAZAWA, Y. T.; ASAHII, I.; URITANI, I. 1967. Changes of B-type haem content in relation to peroxidase biosynthesis in injured sweet potato roots. *Plant and Cell Physiology* 8:249-262
- KESSLER, B.; FRANK-TISHLER, J. 1962. Dehydration-induced synthesis of nucleic acids and changing of composition of ribonucleic acid: A possible protective reaction in drought-resistant plant. *Nature* 196:542-543
- LEVITT, J. 1972. The nature of stress injury and resistance. *In* Responses of plants to environmental stresses. J. Levitt (Ed). New York, Academic Press. p 168-171
- LEVITT, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. New York, Academic Press. v 1, p 116-227
- LI, P. H.; SAKAI, A. 1982. Plant cold hardiness and freezing stress: Mechanisms and crop implications. *In* International Plant Cold Hardiness Seminar. Proceedings. New York, Academic Press. v 2, p. 1-87
- LOOMIS, W. F.; WHEELER, S. 1980. Heat shock response of *Dictyostelium*. *Developmental Biology* 79:399-408.
- MALI, P. C.; MEHTA, S. L. 1977. Effect of drought on proteins and isozymes in rice during germination. *Phytochemistry* 16:643-646.
- MCCOWN, B. H.; BECK, G. E.; HALL, I. C. 1969a. The hardening response of three clones of *Dianthus* and the corresponding complement of peroxidase isozymes. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 94:691-693.
- MCCOWN, B. H.; HALL, I. C.; BECK, G. E. 1969b. Plant leaf and stem proteins. II. Isozymes and environmental change. *Plant Physiology* 44:210-216
- MITCHELL, H. K.; MOLLER, G.; PETERSEN, N.; LIPPS, L. 1979. Specific protection from phenocopy induction by heat shock. *Developmental Genetics* 1:63-74
- NOVACKY, A.; HAMPTON, R. E. 1968. Peroxidase isozymes in virus infected plants. *Phytopathology* 58:301-305

- ROBERTS, D.W.A. 1967. Peroxidase isozymes in wheat leaves grown at 6° and 20°. *Plant Physiology* 42:16.
- SARHAN, F.; CHEVRIER, N. 1985. Regulation of RNA synthesis by DNA - dependant RNA polymerases and RNases during cold acclimation in winter and spring wheat. *Plant Physiology* 78:250-255.
- SARHAN, F.; PERRAS, M. 1987. Accumulation of a high molecular weight protein during cold hardening of wheat (*Triticum aestivum* L.) *Plant and Cell Physiology* 28:1173-1179.
- SMITH, R.L. 1970. Peroxidase polymorphism in cultivated oats. *Avena sativa* L. and *A. byzantina* C. Koch. *Crop Science* 10:273-276.
- SORIANO, A. 1980. Ecofisiología del stress en las plantas. *Revista de la Facultad de Agronomía* no. 1:1-12.
- STEUTER, A.A.; MOZAFAR, A.; GOODWIN, J.R. 1981. Water potential of aqueous polyethylene glycol. *Plant Physiology* 67:64-67.
- TURNER, N.C. 1981. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant and Soil* 58:339-366.
- TODD, G.W.; YOO, B.Y. 1964. Enzymatic changes in detached wheat leaves as affected by water stress. *Phyton* 21:61-68.
- VIERA DA SILVA, J. 1969. Comparaison entre cinq espèces de *Gossypium* griant à l'activité de la phosphatase acide après un traitement osmotique: Etude de la vitesse de solubilisation et de formation de l'enzyme. *Z. Pflanzenphysiol* 60:385-387.
- VIERA DA SILVA, J. 1976. Water stress, ultrastructure and enzymatic activity. In *Water and plant life*. O.L. Lange, L. Kappen, E.D. Schulze (Eds.) New York, Springer-Verlag.

FE DE ERRATAS

Turrialba 42(3):375-381

Page	Line	Says:	Should say:
375 left column	15	genotype variety.	variety genotype.
376 left column	22	Two tissue extraction	Two different methods of extraction
376 right column	4	to detect the presence of SDS	for the presence of SDS
380 left column	8	We do not that	We do not what
380 left column	27	IEF' and SDS-PAGE	IEF - and SDS PAGE

Interspecific Hybrid of Cassava and its Cytogenetic Behaviour¹

H.N. Nassar*, N.M.A. Nassar*,
C. Vieira**, L.S. Saraiva***

ABSTRACT

An interspecific hybrid between cassava, *Manihot esculenta* Crantz and *M. neuseana* Nassar and its progeny were examined meiotically and mitotically. The F1 hybrid showed an irregular meiosis due to unpaired chromosomes. The backcrossed progeny varied from partially fertile to sterile. Meiotic restitution was also recorded in all of the hybrids. Diploid pollen formation was also observed. The irregular meiosis of the F1 hybrid led to production of aneuploidy in its backcrossed progeny. The use of F1 hybrid as a maternal plant in backcrosses with cassava improved seed setting in F2 progeny, while the reciprocal backcross produced sterile progeny.

Key words: Wild species, aneuploid, irregular meiosis, meiotic restitution, dyad, tryad.

RESUMEN

Se examinaron las características meióticas y mitóticas de un híbrido interespecífico entre yuca *Manihot esculenta* Crantz y *M. neuseana* y de su progenie. El híbrido F1 mostró una meiosis irregular debido a la disparidad de sus cromosomas. La progenie retrocruzada varió desde parcialmente fértil a estéril. También se registró la restitución meiótica en todos los híbridos, y se observó la formación de polen diploide. La meiosis irregular del híbrido F1 conllevó a la producción de aneuploidía en su progenie retrocruzada. El uso del híbrido F1 como planta madre en los retrocruzamientos con yuca mejoró la viabilidad de las semillas en la progenie de F2, mientras que el retrocruzamiento recíproco produjo una progenie estéril.

INTRODUCTION

Wild species of different crops have been used frequently as a source of useful genes through interspecific hybridization (Harlan 1976; Hawkes 1977; Rick 1978). The only published case of interspecific hybridization in cassava has been that of Nichols (1947) who successfully transferred genes for resistance to mosaic from *M. glaziovii* to cassava, saving it from extinction in East Africa. Since 1976, Nassar has systematically evaluated wild manioc species native to South America for different useful characters (Nassar 1978 a,b,c,e; 1979, 1985, 1986). Moreover, he established and maintained a living collection

of these species at the Universidade de Brasilia for systematically interspecific hybridization with cassava. One of the most interesting species for breeding is *Manihot neuseana* Nassar. It is tolerant to low temperature, resistant to stem borers, highly resistant to bacteria and is an evergreen (Nassar 1985). An interspecific hybrid between this species and cassava was obtained early by the second author (Nassar 1989). This paper describes the cytogenetic behaviour of this hybrid and its backcrossed progeny.

MATERIAL AND METHODS

The wild manioc species *M. neuseana* was hybridized with the cassava clone Catelo through controlled hybridization with the help of pollinating insects (Nassar 1989; Nichols 1947). An interspecific hybrid that combined marker genes of both parents was obtained. The marker genes were ribbed fruit, acquired from cassava, and variegated fruit color from *M. neuseana* (Fig. 1). This hybrid (HN) was backcrossed with cassava and used as a pollinator in one of the trials and as a fruit carrier in the second trial.

¹ Received for publication on November 22, 1993

This work was carried out with the help of a grant from the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasilia, Bra. The living collection was initiated by the Canadian International Development Research Center (IDRC), to whom we are very grateful

* Departamento de Agronomia, Universidade de Brasilia, Brasilia

** Departamento de Fitotecnia, Universidade de Vicosa, Vicosa, Bra

*** Departamento de Biologia Geral, Universidade de Vicosa, Bra

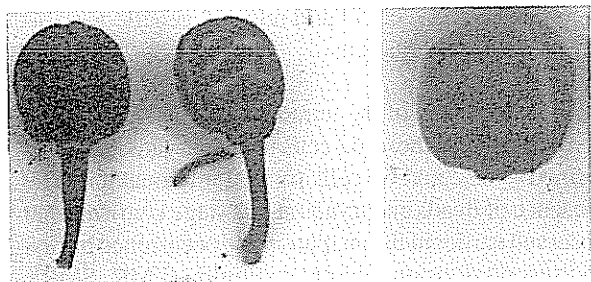


Fig. 1. a) Marker genes, winged fruit of cassava (left) and variegated fruit of *M. neusana* (right); b) fruit of the F1 hybrid (HN).

Seeds were obtained from both crosses, but only one plant could be raised from each; HO1 was the result of the interspecific hybrid (HN) as maternal plant (seed carrier), and HO4 resulted from crosses where the interspecific hybrid (HN) was used as pollinator. The three hybrid plants (HN, H1 and H4) were studied cytogenetically for both meiotic and mitotic behavior. For the study of meiosis, inflorescences were fixed in a mixture of three parts absolute alcohol and one part glacial acetic acid and kept in the refrigerator for 24 hours. The anthers were smeared with acetic carmine. Chromosome configurations in the metaphase, chromosome distribution in anaphase I and tetrad formation were also studied. Pollen viability had been determined by using acetocarmine and iodine stain (Nassar 1978d). For mitotic study, root tips were left in 0.2% colchicine for 2 h, then fixed in acetic alcohol for 24 hours. Before smearing with acetocarmine, they were treated with HCL 1N for 10 minutes.

RESULTS AND DISCUSSION

Meiotic behaviour of the EI hybrids (HN)

One hundred pollen mother cells (PMCs) were studied in metaphase I of the interspecific hybrid *M. neusana* with cassava; 30 PMCs in metaphase II and 1000 tetrads of the same material were also investigated. The study of metaphase I showed different chromosome configurations, as seen in Table 1. The average of bivalent frequency in all cells of metaphase I was 16.13 per cell. The high frequency of univalents was attributed to lack of synapses between chromosomes, or failure of the two species to remain associated.

Table 1. Frequency of chromosome configurations of metaphase I in interspecific *Manihot* hybrids and their parents.

	PMCs (no.)	Mean		
		Trivalents	Bivalents	Univalents
<i>N. neusana</i>	20	-	18.00	-
Cassava	20	-	18.00	-
HN	100	-	17.00	1.58
HO1	30	1.86	16.13	0.13
HO4	100	1.63	12.41	8.84

Virtually the only other report on this subject is that of Magoon *et al.* (1970) where chromosome pairing in the interspecific hybrid *M. glaziovii* (rubber tree) and cassava was studied, and a regular synapsis that led them to conclude that there is a strong relationship between this species and cassava. Nassar, Silva and Vieira (1985) suggested that the material used by Magoon was not a pure *M. glaziovii*, but rather a natural interspecific hybrid between this species and cassava. If this is true, the supposed interspecific hybrid would be a backcrossed progeny. The study of anaphase I showed that out of 40 PMCs studied, 38 cells exhibited laggards, which were attributed to the occurrence of univalents resulting from non-homologous chromosomes (Fig. 2).



Fig. 2. Breakdown of anaphase I in F1 hybrid (HN).

Anaphase II showed meiotic restitution. Of 33 PMCs studied in this phase, five cells exhibited a second meiotic restitution (SMR), forming 36 chromosomes on each pole. Apparently this phenomenon is a consequence of meiotic disturbance in the hybrid. An example of this disturbance was the breakdown of anaphase I. Probably this was due to disharmony between the two different genomes. Nassar (1992) previously

documented this phenomenon in the interspecific hybrids of cassava with *M. pseudoglaziovii*. The presence of such restitution was confirmed in the following tetrad stage, where the formation of both dyads and terads was observed (Fig. 3).

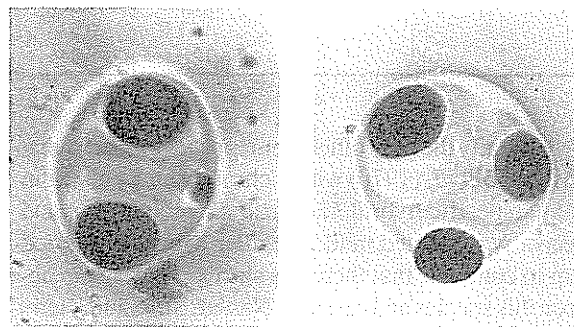


Fig. 3. Dyad and tryad in F1 hybrid (HN).

In various crops, interspecific hybridization has led to the disturbance of meiotic division, with consequent meiotic restitution, e.g. in *Trifolium pratense* by Parrott and Smith (n.d.), and in *Medicago* spp. by Vorsa and Bingham (1979). In manioc species, Hahn *et al.* (1990) reported $2n$ pollen formation in wild species, in addition to certain clones of cassava itself. The detection of this phenomenon enabled these researchers to isolate triploid and tetraploid types from progeny that came from crosses of cassava with certain wild *Manihot* species, namely *M. glaziovii* and *M. epruinosa*.

These types proved much more productive than commercial clones used in Nigeria. Nassar (1992) manipulated the meiotic restitution occurring in interspecific hybrids of *M. pseudoglaziovii* with cassava to produce triploid types that showed very good productivity under semi-arid conditions. The discovery of the frequent occurrence of this phenomenon in interspecific hybrids of cassava offers an effective tool for the production of polyploid types by sexual means, instead of the traditional method of colchicine applied to vegetative parts, which normally induces unstable, chimeral types (Abraham *et al.* 1964). An additional advantage is that production of triploid types may lead to production of trisomics among their progeny. If genes which control productivity in cassava are polygenes with additive model action, as it is the case for many crops, certain trisomics of this crop may be more productive than their diploid ancestors. In general, the production

of polyploidy via sexual means is advantageous from both genetic and evolution viewpoints, as it offers a vigorous heterotic effect and releases genetic variability useful for adaptations.

For the study of the tetrad stage, 1065 PMC were investigated. Of these, 62 cells formed tryads, while 47 formed dyads, and 62 cells formed micronuclei. The presence of dyads and tryads at this stage confirms that observed earlier in the anaphase: the occurrence of first and second division meiotic restitution (FMR, SMR). Both these types are capable of producing $2n$ gametes. However, the FMR is more valuable since it preserves the major part of its heterosis and epistatic interaction (Mendiburu and Peloquin 1977; Parrot and Smith n.d.; Vorsa and Bingham 1979). For the viability study (Table 3), 1235 pollen grains were analyzed, of which 36.68% were found viable.

Table 2. Diploid pollen in interspecific *Manihot* hybrids and their parents.

	Pollen grains examined (no.)	Diploid pollen	
		(no.)	(%)
<i>M. neuvana</i>	818	3	0.36
Cassava	1 162	3	0.26
HN	1 235	20	1.62
HO1	1 128	8	0.71
HO	1 007	6	0.60

This low viability was attributed to irregularity of chromosome pairing. Of these 1235 pollen grains, 20 were found to have a diploid size pattern (Table 2).

Cytogenetic behaviour of the backcrossed generation (HO1)

Table 1 shows frequency of chromosome configurations at metaphase I. Bivalents, trivalents and univalents were present, with a mean of 16.1 bivalents, 1.86 trivalents and 0.13 univalents. The presence of trivalents indicated aneuploidy in this hybrid (Fig. 4). This was confirmed by mitotic counting, which showed $2n=38$, i.e., $2n+2$ (Fig. 5).

In anaphase I, the presence of laggards with different frequencies was recorded. The study of 900 tetrads showed 644 normal ones, 218 micronuclei, 12 dyads and 26 tryads. Analysis of pollen viability revealed that only 35.8% were viable (Table 3).

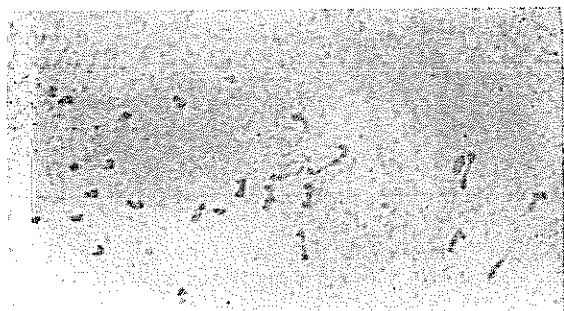


Fig. 4. Chromosome configuration in metaphase I of hybrid HO1 shows presence of two trivalents.

Cytogenetic behaviour of the backcrossed generation (HO4)

One hundred PMC's at metaphase I were studied. Again, bivalents, trivalents and univalents with averages of 12.4, 1.6 and 8.8, respectively, were observed. The total chromosome count for the different configurations was 38. This showed a constitution of $2n + 1 + 1$, which was confirmed by root tip mitotic counting. In

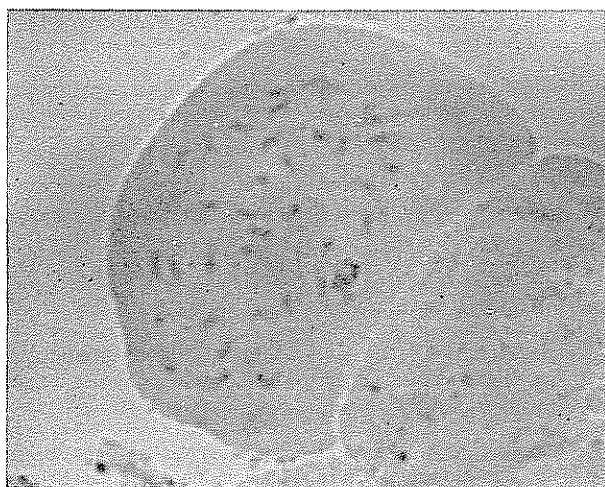


Fig. 5. Mitotic metaphase in root tip of hybrid HO1, with 38 chromosomes ($2n+1+1$).

anaphase I, of 32 PMCs studied, 31 proved to have laggards. In anaphase II, 35 PMCs were examined; of these, seven cells appeared as restitution nuclei, later confirmed in the tetrad stage.

Table 3. Viability of pollen of the Interspecific *Manihot* hybrids and their parents.

	Pollen analyzed (no.)	Viable pollen		Non-viable pollen
		(no.)	(%)	
<i>M. neusana</i>	1 001	818	81.72	183
HN	1 235	1 162	94.09	73
HO1	1 830	655	35.80	1 175
H04	1 542	273	17.70	1 269

In the tetrad stage, 1 196 sporocytes were observed. Of these, 326 were normal, 826 contained micronuclei, 25 were tryads, and 19 were dyads. The study of pollen viability showed a very low viable grain percentage of 17.7% (Table 3).

Cytogenetic behaviour of the parents

The cassava clone EB01 showed a regular meiotic division in all of the 20 PMCs studied, with 18 bivalents formed. A total of 950 tetrads were examined, of which 942 were normal, five contained micronuclei and three were tryads (Table 4).

The study of *M. neusana* used as a parent in this experiment showed it to have a regular meiosis with 18 bivalent formations. Of 1011 tetrads studied, 1003 were normal, while six had micronuclei, and two were dyads. The pollen viability was 81.72% (Table 3). Mitotic counting of root tips showed $2n=36$. This was the first report of a chromosome number for this new species, recently described by Nassar (1985).

Evolutionary and plant breeding significance

The fertility of the hybrid HO1 shows the possibility of further manipulation of this hybrid through backcrosses to transfer useful genes of *M. neusana* to cassava. The backcrossed generations produced were aneuploid $2n + 1 + 1$ in both cases studied (HO1 and H04). In the case of hybrid H04, the plant was completely sterile, having a chromosomal constitution of $2n + 1 + 1$. Obviously, this hybrid resulted from fertilization of a pollen gamete $n + 1 + 1$ of the parent hybrid (HN), with a cassava ovule of "n". On the other hand, when the interspecific hybrid HN was used as maternal plant, a fertile progeny was obtained. When it was used

Table 4. Analysis of tetrads of interspecific *Manihot* hybrids and their parents.

	Tetrads (no.)			PMCs with		Tryads		Dyads	
	Total	Normal	(%)	(no.)	(%)	(no.)	(%)	(no.)	(%)
<i>M. neusana</i>	1 011	1 003	99.22	6	0.59	2	0.19	-	-
Cassava	950	942	99.15	5	0.53	3	0.31	-	-
HN	1 065	694	65.15	262	24.60	62	5.82	47	4.41
HO1	900	644	71.55	218	24.22	26	2.88	12	1.33

as a pollen parent in the backcross with cassava, it resulted in the production of a sterile progeny (HO4). Probably this was due to the elimination of fertile embryo genotypes in the progeny because of incompatibility or disharmony between them and the endosperm. The partial fertility of the backcrossed generation (HO1) shows that the species *M. neusana* may be classified within the secondary gene pool of cassava according to the concept of Harlan and de Wet (1971). Other *Manihot* species that may fit in this category are: *M. melanobasis* (Jennings 1959), *M. glaziovii* (Magoon 1970), *M. reptans*, *M. zenhtneri*, *M. anomala*, *M. oligantha*, *M. pohlii* (Nassar *et al.* 1985), and *M. dichotoma*, *M. epruinosa*, *M. leptophylla* (Hahn *et al.* 1990).

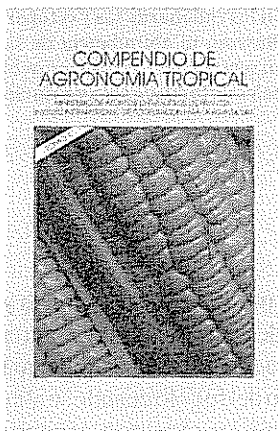
It was concluded that the cassava hybrid with *M. neusana* sowed irregular meiotic behavior in the lack of complete chromosome pairing, formation of univalents in metaphase I, chromosome retardation in anaphase I, micronuclei in the tetrad, meiotic restitution and reduced pollen viability. When backcrossed to cassava, this interspecific hybrid produced two aneuploids $2n + 1 + 1$. These showed irregular meiosis, partial chromosome pairing and the presence of meiotic restitution. The two backcrossed F₂ hybrids differed as regards pollen viability and fertility, which was attributed to variable genetic constitutions. The meiotic restitution continued to occur in F₂ hybrids, which sowed that it must be correlate with interspecific meiotic irregularity.

LITERATURE CITED

- ABRAHAM, A ; PANICHER, P K ; MATHEW, P M 1964 Polyploids in relation to breeding in tuber crops Journal of the Indian Botanical Society 43:278-283
- HAHN, S K ; BAL, K. V ; ASIEDU, R 1990 Tetraploids, triploids and 2n pollen from diploid interspecific crosses with cassava Theoretical and Applied Genetics (Germany) 79:433-439
- HARLAN, J R 1976 Genetic resources in wild relatives of crops Crop Science (EE UU) 16:329-333
- HARLAN, J R ; DE WET, J W J 1971 Towards a rational classification of cultivated plants Taxon 20:509-517
- HAWKES, J G 1977 Importance of wild germplasm in plant breeding Euphytica 26:615-621
- JENNINGS, D L 1959 *Manihot melanobasis* Muehl -Arg.; A useful parent for cassava breeding Euphytica 8:157-162
- MAGOON, M L ; KRISHNAN, R ; VIJYABAI, K 1970 Cytogenetics of F₁ hybrids between cassava and *M. Glaziovii* (Ceara rubber) and its backcrosses Genetics 41:425-436
- MENDIBURU, A O ; PELOQUIN, S J 1977 Bilateral sexual polyploidization in potatoes Euphytica 26:573-583
- NASSAR, N M A 1978a Conservation of the genetic resources of cassava: Determination of wild species localities with emphasis on probable origin Economic Botany (EE UU) 32:311-320
- NASSAR, N M A 1978b Wild *Manihot* species of Central Brazil for cassava breeding Canadian Journal of Plant Science 58:257-261
- NASSAR, N M A 1978c Some further *Manihot* species of potential value for cassava breeding Canadian Journal of Plant Science 58:915-916
- NASSAR, N M A 1978d Genetic resources of cassava: Chromosome number of *Manihot* species Indian Journal of Genetics and Plant Breeding 38:135-137
- NASSAR, N M A 1978e Microcenters of cassava diversity in Central Brazil Turrialba (C R) 28:345-347
- NASSAR, N. M. A 1979 Three wild *Manihot* species of Central Brazil with tolerance to stress conditions Canadian Journal of Plant Science 59:553-555
- NASSAR, N M A ; SILVA, J R ; VIEIRA, C 1985 Hibridacoes interespecificas no genero *Manihot* Adans Ciencia e Cultura 38:1050-1055
- NASSAR, N M A 1985 *Manihot neusana* Nassar: A new species native to Parana, Brazil Canadian Journal of Plant Science 65:1097-1100
- NASSAR, N M A 1986 Genetic variation of a wild *Manihot* species native to Brazil and its potential for cassava improvement Field Crop Research 13:177-184
- NASSAR, N. M. A 1989 Broadening the genetic base of cassava *Manihot esculenta* Crantz by interspecific hybridization Canadian Journal of Plant Science 69:1071-1073

- NASSAR, N.M.A.; CARVALHO, C.G. 1991. Insetos polinizadores e seus comportamento nas especies silvestres da mandioca, *Manihot* spp. *Ciencia e Cultura* 42:703-706.
- NASSAR, N.M.A. 1992. Production of triploid cassava: *Manihot esculenta* Crantz by diploid hybrid gamete. *Field Crop Research* 30:173-182.
- NICHOLS, R.F.W. 1947. Breeding cassava for virus resistance. *East African Agricultural Journal* 12:184-194.
- PARROTT, W.A.; SMITH, R.R. n.d. Production of 2n pollen in red clover. *Crop Science* 24:469-472.
- RICK, C.M. 1978. Potential improvement of tomatoes by controlled introgression of genes from wild species. In *Broadening the genetic base of crops*. A.C. Zeven, M.A. Harten (Eds.). Wageningen 347 p.
- VORSA, N.; BINGHAM, E.T. 1979. Cytology of pollen formation in diploid alfalfa, *Medicago sativa*. *Canadian Journal of Genetics and Cytology* 21:525-530.

LIBRO RECOMENDADO



Compendio de Agronomía Tropical - Tomo II. IICA/Ministerio de Asuntos Extranjeros de Francia. 1989. 693 p. ISBN 92-9039-152 9.

Este segundo tomo brinda, de manera sistemática e ilustrada, conocimientos fundamentales sobre 138 diferentes cultivos tropicales de importancia económica por sus cualidades alimenticias o industriales. Su propósito es servir de complemento didáctico y de guía para resolver las consultas a los estudiantes, educadores y otros profesionales de las Ciencias Agrícolas sobre los cultivos tropicales de América. Al igual que el Primer Tomo es una adaptación parcial del *Mémento de l'Agronome* y es fruto de la contribución de diferentes técnicos y especialistas.

US\$20.00

Ver lista de publicaciones disponibles para la venta y boleta de solicitud en la última sección de la revista Turrialba.

Dinámica Poblacional de *Liriomyza sativae* y sus Parásitos en Tomate¹

S. Issa*, R. Marcano**

ABSTRACT

Field studies were conducted to determine the number of leaf miner fluctuations in three periods of the year: the dry season (October-December 1985); the end of the dry season-beginning of the rainy season (March-May 1986); and the rainy season (July-September 1986). The highest population of live larvae was found in the dry season, whereas the highest number of leaf miners were found toward the end of the dry season. The parasites reared from *Liriomyza sativae* on tomato leaves included genera of the families Eulophidae (*Chrysonotomyia* sp., *Closterocerus* sp., *Diglyphus* sp., *Chrysocaris* sp. and *Omphale* sp.), Pteromalidae (*Halticoptera* sp.), Eucilidae (*Cothonaspis* sp.) and Braconidae (*Opius* sp.). Larval endoparasitism was the predominant parasitic type for the dry season. Toward the end of the dry season, by larvae predominated, both endo-and ectoparasitism, whereas in the rainy season we did not find differences between the populations of the three parasitic types. The highest parasite population was found near the end of the dry season-beginning of the rainy season.

Key words: Agromyzidae, diptera, dinámica poblacional, parásitos, tomate, *Liriomyza sativae*.

RESUMEN

Se determinó la incidencia de *Liriomyza sativae* Blanchard en cultivos de tomate durante la época seca (octubre-diciembre de 1985), a finales de la época seca y principios de la lluviosa (marzo-mayo de 1986), y en la época lluviosa (julio-septiembre de 1986). Los resultados muestran que la mayor población de larvas vivas de la plaga se observó durante la época seca, pero el daño más grande se encontró a finales de la época seca y principios de la lluviosa. En relación con los enemigos naturales, se encontraron cuatro familias de Hymenoptera Parasítica: Eulophidae (*Chrysonotomyia* sp., *Closterocerus* sp., *Diglyphus* sp., *Chrysocaris* sp. y *Omphale* sp.); Pteromalidae (*Halticoptera* sp.); Eucilidae (*Cothonaspis* sp.) y Braconidae (*Opius* sp.). Durante la época seca, se determinó la preponderancia del endoparasitismo larva-larva; en la segunda época de muestreos (marzo-mayo 1986), los grupos predominantes fueron los endoparásitos y ectoparásitos larva-larva, y en la época lluviosa la abundancia de las tres formas de parasitismo fueron semejantes. La mayor población de parásitos se encontró a finales de la época seca y principios de la lluviosa.

INTRODUCCIÓN

El pasador o minador de la hoja *L. sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) es considerada como una plaga secundaria en tomate (*Lycopersicon esculentum*); sin embargo, durante los últimos 10 años sus poblaciones aumentaron considerablemente hasta ocasionar problemas en la mayoría de las zonas productoras de tomate en Venezuela. Se ha pensado que este aumento se debe a la aplicación indiscriminada de insecticidas contra otras plagas, especialmente del Orden Lepidoptera, que atacan directamente el fruto.

El daño ocasionado por esta plaga es directa y únicamente sobre el follaje de la planta y se presenta en tres formas: el más obvio es la serpentina o camino que deja la larva del pasador dentro del foliolo cuando se alimenta durante toda su fase larval; los otros dos, son los orificios dejados por la hembra sobre el foliolo al alimentarse de sus exudaciones y por las posturas endofíticas.

La magnitud del daño que puede producir esta plaga se relaciona con el momento en que ataca el cultivo y, por supuesto, con el tamaño de la población. Si el ataque se produce cuando la planta tiene pocas semanas de transplantada o en el semillero, en que el follaje no es abundante y las poblaciones de la plaga son grandes, el cultivo se puede perder. Sin embargo, si el ataque se produce cuando las plantas están finalizando su crecimiento vegetativo y comenzando la época de floración, el rendimiento del cultivo no será muy afectado. Durante la época de fructificación, un ataque de esta plaga sería irrelevante si las poblaciones son pequeñas, pero si son grandes, producen una necrosis total sobre los folíolos

1 Recibido para publicar el 6 de octubre de 1992

* Departamento de Biología de Organismos, Universidad Simón Bolívar, Apartado 89000 Caracas 1080-A, Ven

** Instituto de Zoología Agrícola, Universidad Central de Venezuela, Apdo. 4579, Maracay 2101-A, Edo. Aragua, Ven

y los frutos quedan expuestos. Entonces, por efecto de la radiación solar directa, pueden quemarse y no ser comerciales.

REVISIÓN DE LITERATURA

En el género *Liriomyza*, se han realizado algunos estudios poblacionales en diversos cultivos. Johnson (1980) y Pérez (1980) trabajaron con *L. sativae* en tomate en California (EE. UU.); Chandler *et al.* (1987), lo hicieron con *L. trifolii* en pimentón; Zehnder *et al.* (1984) con *L. sativae* y *L. trifolii*; Trumble *et al.* (1983), con *L. trifolii* y *L. sativae* y sus parásitos en apio.

Para *Liriomyza* se han reportado unas 40 especies de parásitos. Dentro de ellos sólo se conocen los del tipo larva-larva y larva-pupa, externos internos. Desde el punto de vista de la diversidad de especies, se han realizado varios estudios sobre su distribución poblacional y sus hospederos, como Parkman *et al.* (1989); Lynch *et al.* (1987), con *L. sativae* y *L. trifolii* en sandía o patilla; Johnson *et al.* (1979), con tomate; Jensen *et al.* (1970), con *L. munda* (*L. sativae*) y *L. pictella* (*L. sativae*), con alfalfa; Oatman *et al.* (1959), con *L. pictella* (*L. sativae*), con melón. De los artrópodos depredadores, no se obtuvo información.

Por la importancia actual de *L. sativae* en Venezuela, los objetivos de este trabajo fueron estudiar las fluctuaciones poblacionales del pasador, la relación con sus parásitos en el campo y las posibles influencias climáticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios se realizaron en la Estación Experimental Samán Mocho, Edo. Carabobo, de la Universidad Central de Venezuela (425 msnm). Se sembraron tres parcelas experimentales de tomate (variedad Río Grande) de 1600 m² (40 m x 40 m). Cada parcela fue dividida en 36 subparcelas de 44 m² cada una con una separación entre hilos de 1.10 m y 0.30 entre plantas.

Las parcelas se sembraron en tres épocas diferentes del año: setiembre de 1985, febrero y mayo de 1986 (parcelas 1, 2 y 3, respectivamente). Las parcelas fueron empaladas después de la tercera semana del transplante. Durante la época lluviosa fue necesario aplicar un fungicida (Mancozeb, 4 g/l) a partir del transplante. Durante los estudios no se aplicó insecticida.

Se realizaron muestreos semanales a partir de la primera semana después del transplante y hasta la última cosecha de tomate, mientras hubo follaje en buen estado. De cada subparcela se escogió una planta al azar que estuviera ubicada en los dos hilos centrales; de ella se tomaron tres hojas, que se colocaron en bolsas de papel identificadas con el número de la subparcela; posteriormente, se trasladaron al laboratorio donde fueron analizadas. Se observaron todos los folíolos con una lupa de 20X y se registró el número de larvas vivas, muertas y parasitadas. Se consideraron larvas parasitadas todas aquellas en donde se encontraron huevos o larvas de parásitos, interna o externamente, y larvas muertas todas aquellas afectadas por factores diferentes al parasitismo. También se cuantificó el número de serpentinatas, así como las pupas del pasador y de los parásitos.

Los folíolos donde se hallaron larvas vivas del pasador y de los parásitos, fueron aislados en frascos pequeños con agua, en la cual se sumergió el pecíolo, con una base provista de algodón, hasta la formación de las pupas. Estas fueron colocadas en viales tapados con algodón humedecido hasta la emergencia de los adultos, que se preservaron en alcohol al 75% para una identificación posterior. La mayoría de los parásitos fueron identificados por el Dr. Yoshimoto del *Biosystematic Research Institute*, Can., y por el Dr. Díaz de la Universidad Lisandro Alvarado, Ven.

Para los análisis estadísticos, se determinó el porcentaje de parasitismo tomando el promedio de individuos parasitados y se dividió entre el número total de larvas vivas (sanas y parasitadas) por cada tipo o forma de parasitismo, semanalmente y por época. Para comparar estos resultados se hizo una prueba de "t" de Student para $\alpha = 0.05$. Asimismo, se utilizó esta misma prueba para comparar los porcentajes en promedio de larvas vivas totales con respecto al porcentaje promedio de parasitismo total en cada una de las épocas estudiadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución poblacional de *L. sativae*

En todos los muestreos realizados se encontró que *L. sativae* (Díptera: Agromyzidae) era la especie-plaga.

Para la época seca (30 de octubre al 26 de diciembre de 1985), los resultados (Fig. 1) muestran que la población de larvas vivas del pasador aumenta progresivamente al igual que el número de serpentinatas. En el

caso de larvas vivas, su número es relativamente bajo al inicio y se incrementa hacia el 11 de diciembre, luego disminuye en la siguiente semana y aumenta hasta alcanzar su valor máximo el 26 de diciembre. El daño en los folíolos (número de serpentinias por folíolos totales) forma una curva semejante a la curva poblacional de las larvas vivas, aunque siempre por encima de ella (Fig. 1). Es notorio que para la última semana de muestreos, cuando se esperaba una disminución del número de larvas vivas debido a la disminución significativa del follaje disponible para la oviposición, hubo un aumento de las mismas.

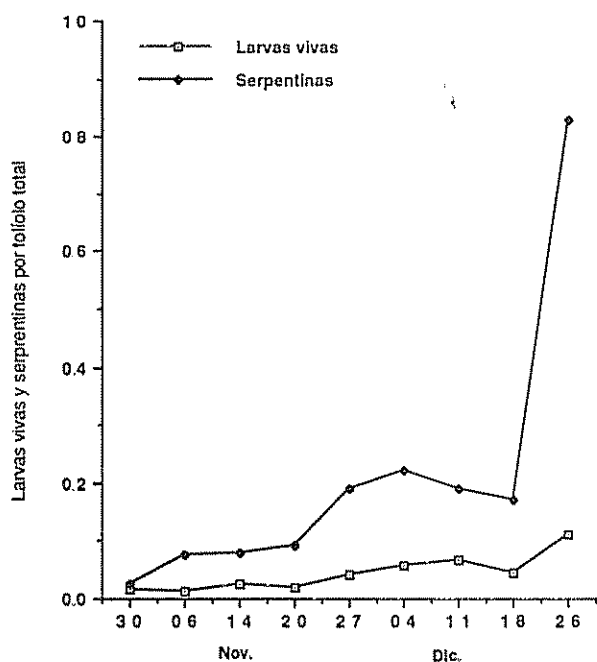


Fig. 1. Número de larvas vivas y serpentinias de *L. sativae* por folíolo, desde el 30 de oct. al 26 de dic. de 1985.

Durante la época del 12 de marzo al 7 de mayo de 1986 (finales de la época seca-principios de la época lluviosa) se pudo observar que durante las primeras cinco semanas de muestreo, la población del pasador fluctuó entre 17×10^{-3} y 43×10^{-3} larvas vivas por folíolos totales por muestra (Fig. 2), alcanzando un máximo el 3 de abril (semana 4), luego de lo cual comenzó a disminuir drásticamente hasta finales del cultivo. En relación con el número de serpentinias, se determinó que al igual que para la primera época de muestreo, la cantidad de larvas vivas obtenidas fue menor al daño encontrado; además se observaron fuertes fluctuaciones en esta última y una gran diferencia en la cantidad.

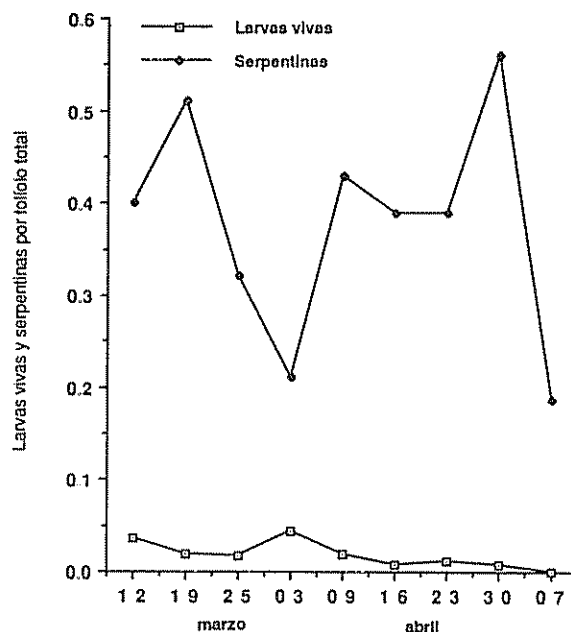


Fig. 2. Número de larvas vivas y serpentinias de *L. sativae* por folíolos totales desde el 12 de marzo al 7 de mayo de 1986.

En la época del 8 de julio al 6 de agosto de 1986 (época lluviosa) (Fig. 3), se pudo notar un comportamiento diferente a los dos descritos anteriormente. El máximo pico poblacional de larvas vivas se observó durante la primera semana de muestreos (8 de julio), a partir del cual disminuyó progresivamente en la segunda semana y drásticamente a partir de la tercera hasta el final del cultivo. Con respecto al número de serpentinias se encontró un máximo en la segunda fecha de muestreo, disminuyó bruscamente hasta la cuarta semana (26 de julio) y se mantuvo a niveles relativamente bajos hasta finales del cultivo.

Estos resultados sugieren que en las épocas muestreadas existen factores reguladores (parásitos y precipitación) de las poblaciones del pasador. Esto se manifiesta en la diferencia encontrada entre el número de larvas vivas y las serpentinias. Respecto a las curvas originadas de los muestreos periódicos se observó que en la primera época (oct. a dic. de 1985) el aumento que se encontró para la última fecha fue bastante inusual, pues se esperaba una disminución total de la población por falta de follaje. No obstante, en el campo las malezas que bordeaban durante casi todo el período la plantación de tomate se cortaron en la penúltima semana de muestreo; es probable que algunas de ellas actuaran como hospederos intermediarios de las poblaciones del pasador y que las hembras utilizaran la poca cantidad de follaje de tomate disponible para ovipositar.

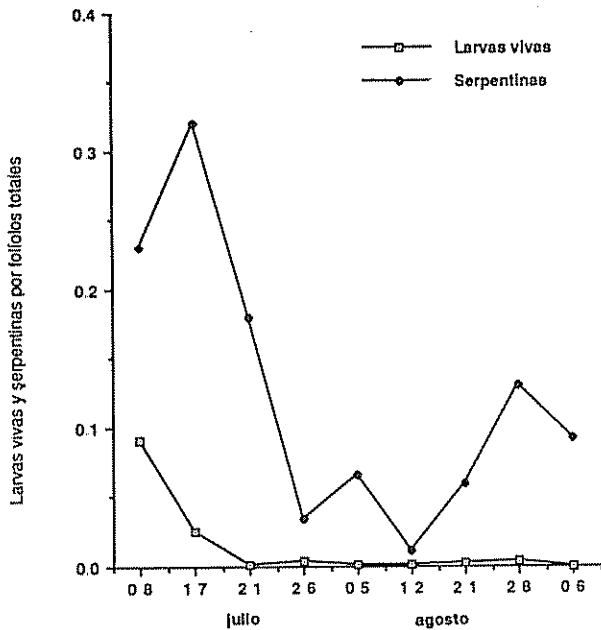


Fig. 3. Número de larvas vivas y serpentinias de *L. sativae* por folíolos totales, desde el 8 de julio al 6 de setiembre de 1986.

La advertencia más significativa con respecto a las curvas poblacionales del pasador, durante la segunda época de muestreos (febrero-marzo de 1986), fue la gran diferencia entre las curvas de larvas vivas y el daño al folíolo (serpentinias por larvas vivas = 20.90), que se relacionaría con la mayor población de parásitos obtenida durante la misma época (relación larvas vivas por parásitos = 0.65), los cuales evidentemente regulaban la población de pasadores. Durante la última época de muestreo, se encontró que en las tres primeras semanas los parásitos regularon la población, pero a partir de esa fecha y hasta finales del cultivo fueron los factores

climáticos (precipitación) y, probablemente, los microorganismos entomopatógenos los que actuaron sobre ambas poblaciones.

De las diferencias encontradas entre las curvas de las larvas vivas y las serpentinias se dedujo que para un muestreo es necesario contar las larvas vivas y no las serpentinias, porque el daño en los folíolos es acumulativo y no refleja realmente el crecimiento poblacional, por lo que éste podría estar sobrestimado.

Fluctuaciones poblacionales de los parásitos de *L. sativae*

El Cuadro 1 muestra las familias y géneros de parásitos encontrados. En este también se puede observar que, dentro de la familia Eulophidae, las especies pertenecientes al género *Chrysonotomyia* están explotando al mismo hospedero, pero con diferentes formas de parasitismo.

De los géneros de parasitoides encontrados, todos han sido reportados anteriormente como parásitos del género *Liriomyza* (Johnson, 1987; Lynch *et al.* 1987; Parrella 1987; Zehnder *et al.* 1984; Trumble *et al.* 1983; Lema *et al.* 1979; Price 1979; Jensen 1970; Stegmaier 1966; Harding 1965; Griffiths 1963) excepto del género *Omphale*.

En relación con el tipo o forma de parasitismo, se encontró que, para la época seca (Fig. 4, parcela 1), los endoparásitos larva-larva representan el 10.0% \pm 6.56 del total; los endoparásitos larva-pupa, el 5.0% \pm 6.9; y los ectoparásitos larva-larva, el 0.6% \pm 1.2 del total. Es importante resaltar que los primeros (endo I-I) son significativamente mayores que los ectoparásitos. Estas

Cuadro 1. Tipos de parasitismo y géneros encontrados en larvas y pupas de *L. sativae* durante las tres épocas de muestreo.

Familia	Tipo de parasitismo		
	L - L endo	L - L ecto	L - P endo
	<i>Chrysonotomyia</i> sp	<i>Chrysonotomyia</i> sp	<i>Chrysonotomyia</i> sp
Eulophidae	<i>Closterocerus</i> sp	<i>Diglyphus</i> sp <i>Omphale</i> sp	<i>Chysocaris</i> sp
Pteromalidae			<i>Halticoptera</i> sp
Eucoilidae			<i>Cothonaspis</i> sp
Braconidae			<i>Opius</i> sp

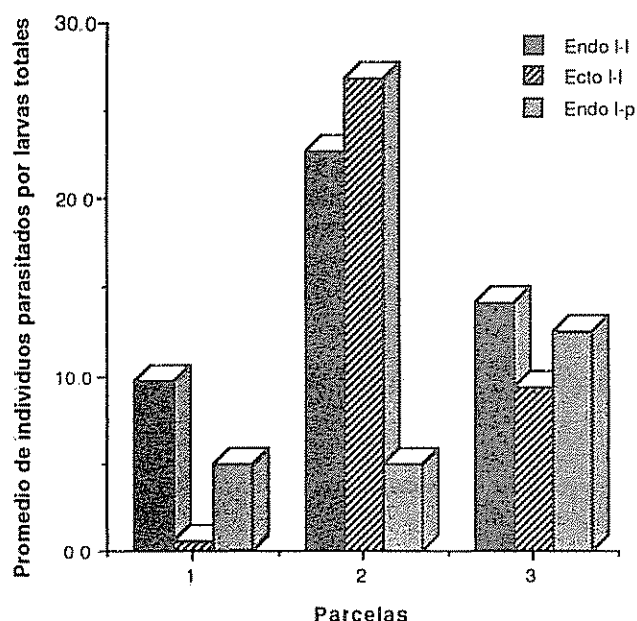


Fig. 4. Total de parásitos según el tipo de parasitismo para las tres épocas del cultivo.

cantidades cambiaron apreciablemente a finales de la época seca y principios de la lluviosa (Fig. 4, parcela 2), cuando se encontró una proporción parecida entre los endoparásitos larva-larva ($22.7\% \pm 10.2$) y los ectoparásitos larva-larva ($26.9\% \pm 17.8$); el porcentaje de endoparásitos larva-pupa ($4.9\% \pm 3.6$) se mantuvo semejante al de la época anterior; este grupo fue significativamente menor que los ectoparásitos, pero no que los endoparásitos larva-larva.

En el siguiente período (8 de julio al 6 de setiembre) se determinó que los porcentajes de parasitismo fueron muy semejantes (Fig. 4, parcela 3), y no se puede decir que exista un grupo dominante, ya que no se encontraron variaciones significativas entre los diferentes valores (endoparásitos larva-pupa: $14.2\% \pm 16.9$; endoparásitos larva-larva: $12.6\% \pm 11.1$; ectoparásitos larva-larva: $8.4\% \pm 7.5$). Tratando en particular cada forma de parasitismo se halló que tanto los endoparásitos como los ectoparásitos larva-larva alcanzan un máximo en la época de menor precipitación (febrero-marzo, parcela 2, Fig. 4). Sin embargo, se observó que las poblaciones de los endoparásitos aumentaron en los tres subsecuentes períodos y alcanzaron su máximo poblacional en la época de mayor precipitación.

En cuanto a las diferencias encontradas en los porcentajes de las tres formas de parasitismo observa-

das, se podría especular sobre algún tipo de regulación dependiente de la población del hospedero, en el que los endoparásitos y ectoparásitos larva-larva necesitan grandes poblaciones del hospedero para atacar, y que, de esa manera, se provoca parasitismo en las larvas más susceptibles (más jóvenes); en consecuencia el tiempo de búsqueda se reduciría; lo contrario sucedería con los endoparásitos larva-pupa, los cuales necesitan gastar mayor tiempo en la búsqueda, pues atacan las larvas de los últimos instares, por lo general, en menor disponibilidad (sea por estar ocupadas por otros parásitos o por enfermedades, reduciendo sus poblaciones). Además precisan tener mayor adaptación al hospedero, ya que las larvas de los últimos instares son menos susceptibles y deben mantenerse vivas hasta que se complete el pupario, donde se formará realmente la pupa del parásito. Esto se refleja en los resultados, cuando en la época de mayor abundancia de los hospederos (marzo-mayo 1986) los parásitos más abundantes son los larva-larva (ecto- o endoparásitos); durante la época de lluvia, cuando las poblaciones del hospedero disminuyen, las poblaciones de los parásitos larva-pupa se equiparan con los primeros. Con respecto a la primera época (seca), el factor climático regularía las poblaciones de los parásitos, en general.

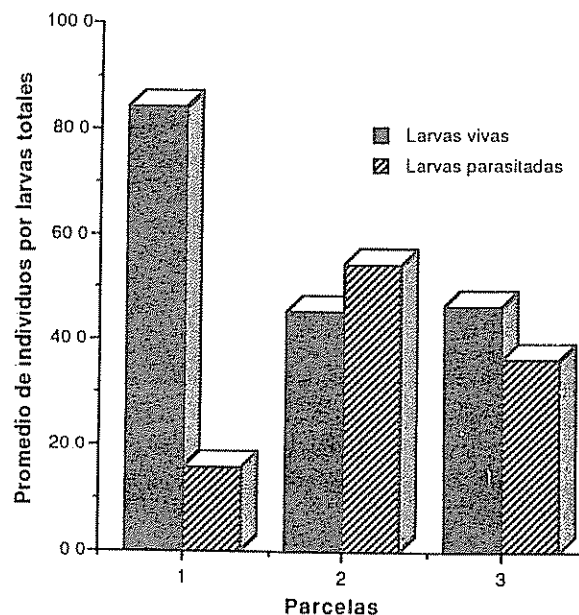


Fig. 5. Promedio (%) de larvas vivas y larvas parasitadas totales de *L. sativae* en las épocas estudiadas; a) 30 de octubre al 26 de diciembre de 1985; b) 12 de marzo al 7 de abril de 1986; c) 8 de julio al 6 de setiembre de 1986.

Si se compara el efecto del impacto de los parásitos sobre la población de larvas vivas de *L. sativae*, se encuentra (Fig. 5) que para la primera época de muestreos (época seca) el porcentaje de parasitismo total ($15.6\% \pm 6.6$) fue significativamente menor que el porcentaje de larvas vivas no parasitadas ($84.4\% \pm 6.6$) de la plaga. Sin embargo, para la segunda época de muestreos (finales época seca-principios época lluviosa), el porcentaje de parasitismo ($54.6\% \pm 18.8$) fue semejante al de larvas vivas no parasitadas ($45.5\% \pm 18.9$), ya que no se encontraron diferencias significativas entre ellas. Se puede deducir que los parásitos controlan aproximadamente la mitad de la población de la plaga, a pesar de ser ésta la época de mayor densidad poblacional de la plaga. Una situación similar se encontró en la última época de muestreos (época lluviosa); en ellas, el porcentaje de parasitismo disminuyó ligeramente ($36.8\% \pm 24.8$) y el de larvas no parasitadas aumentó ($46.8\% \pm 33.2$), pero no se encontraron diferencias significativas entre ambos valores.

CONCLUSIONES

Estos resultados conducen a varias conclusiones y recomendaciones. La primera sería tratar de mejorar las formas de muestreo de esta plaga en el campo para no sobreestimar sus poblaciones. Además se encontró que existe un complejo parasítico que regula las poblaciones de la plaga en dos épocas del año; como se observó en los resultados, los parásitos por sí solos llegaron a controlar más de la mitad de la población de larvas de la plaga. Otro factor regulador de las poblaciones de la plaga fue la precipitación; por esa razón, durante los períodos de lluvia, no es necesario implementar ninguna forma de control de *L. sativae*, sino que de algunas enfermedades que afectan los cultivos de tomate. La conclusión principal sería tomar en cuenta estos resultados para integrar los con aquellos realizados sobre las plagas primarias del tomate con el fin de establecer un programa consciente para el manejo de este cultivo.

LITERATURA CITADA

- CHANDLER, L. ; GILSTRAP, F. 1978 Seasonal fluctuations and age structure of *Liriomyza trifolii* (Diptera:Agromyzidae) larval populations on bell peppers Journal of Economic Entomology 80:102-106
- GRIFFITHS, G. 1963 Breeding leaf-mining flies and their parasites Ent. Rec 74:178-185
- HARDING, J. 1965 Parasitism of the *Liriomyza munda* in the winter garden area of Texas Journal of Economic Entomology 58:442-443
- JENSEN, G. ; KOEHLER, C. 1970 Seasonal and distributional abundance and parasites of leafminers of alfalfa in California Journal of Economic Entomology 63(5):1223-1228
- JOHNSON, M. 1978 Insect pest management strategies for control of *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera:Agromyzidae) on pole tomatoes in Southern California Ph D Thesis Entomology Riverside. EE UU. University of California 126 p
- JOHNSON, M. ; OATMAN, E. ; WYMAN, J. 1980 Natural control of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) in pole tomatoes in southern California. EE UU Entomophaga 25(2):193-198
- JOHNSON, M. 1987 Parasitization of *Liriomyza* sp (Diptera: Agromyzidae) infesting commercial watermelon plantings in Hawaii Journal of Economic Entomology 80:56-61
- LEMA, K. ; POE, S. 1979 Age specific mortality of *Liriomyza sativae* due to *Chrysonotomomyia formosa* and parasitization by *Opius dimidiatus* and *C. formosa* Environmental Entomology 8(5):935-937
- LYNCH, J. ; JOHNSON, M. 1987 Stratified sampling of *Liriomyza* spp (Diptera: Agromyzidae) and associated hymenopterous parasites on watermelon Journal of Economic Entomology 80(6):1254-1261
- OATMAN, E. ; MICHEL BACHER, A. 1959 The melon leaf miner *Liriomyza pictella* (Thomson) (Diptera:Agromyzidae) II Ecological studies Annals of the Entomological Society of America 52:83-89
- PARKMAN, P. ; DUSKY, J. ; WADDILL, H. 1989 Biological studies of *Liriomyza sativae* (Diptera:Agromyzidae) on Castor Bean Environmental Entomology 18(5):768-772
- PARRELLA, M. 1987 Biology of *Liriomyza* Annual Review Entomology 32:201-224
- PEREZ, G. 1980 Biological studies of the vegetable leaf miner *Liriomyza sativae* Blanchard on tomato in California Ph D Thesis Entomology Riverside. EE UU. University of California 150 p
- PRICE, J. ; POE, S. 1976 Response of *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae) and its parasites to stake and mulch culture of tomatoes Florida Entomologist 59(1):85-87

TRUMBLE, J.; NAKAKIHARA, H. 1983. Occurrence, parasitization and sampling of *Liriomyza* spp. (Diptera:Agromyzidae) infesting celery in California (U.S.A.) Environmental Entomology 12(3):810-814.

ZEHNDER, G.; TRUMBLE, J. 1984. Spatial and diel activity of *Liriomyza* spp (Diptera:Agromyzidae) in fresh market tomatoes. Environmental Entomology 13(5):1411-1416.

Seleção de Cultivares de Feijão com Alta Capacidade de Nodulação e Tolerantes a Solos Ácidos¹

G. Pesanha*, D.L. de Almeida**, F.F. Duque**,
B.F. de Souza Filho***, A.A. Franco**

ABSTRACT

Six field experiments were conducted to identify black bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) which are able to nodulate and are high yielding in acid soils. Ten out of 65 cultivars selected at pH 3.9 and 4.5 were tested in several soils and localities (hydromorphic soil in Magé-RJ; alluvial soil in Magé and Campos-RJ; and red-yellow podzolic soil in Pinheiral-RJ). There was a large variability in among cultivars, localities, and soil types. The cultivar Negro Argel presented the best nodulation in one experiment, but was sensitive to soil acidity, and increases in nodulation were not correlated with increases in grain yields. In low pH soils, higher initial nodulation in other cultivars did not correlate with increases in grain yield. The cultivars A222 and CNF145 were more productive under acid conditions. The cultivar Xodó showed poor nodulation, but was more efficient in using soil nitrogen.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, acidity tolerance, symbiosis, nodulation.

INTRODUCTION

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tem sido cultivado no Brasil, em sua maior parte, em solos ácidos, frequentemente com níveis altos de Al e Mn e baixos teores de Ca, Mg e principalmente P, apresentando ainda deficiência de um ou mais micronutrientes (Franco 1977, 1982; Munns 1968). Sabe-se que a acidez do solo associada a toxidez de Al e Mn e deficiência de Ca varia em importância relativa com o solo e afeta de forma diferente a planta e o rizóbio. O feijoeiro tem se mostrado uma cultura bastante sensível à acidez, principalmente quando dependente da fixação de

RESUMO

Foram conduzidos seis ensaios em condições de campo, visando selecionar cultivares de feijão de cor preta, com alta capacidade de nodulação e produção sob condições de solos ácidos. Foram usados, inicialmente, 65 cultivares em dois níveis de pH (3.9 e 4.5), sendo 10 destas selecionadas para serem testadas em diversos locais e tipos de solos (hidromórfico - Magé; Aluvial - Magé e Campos, e Podzólico vermelho-amarelo - Pinheiral). Ocorreu grande variação de comportamento das diversas cultivares com localidade e solos. A cultivar Negro Argel apresentou maior nodulação que as demais em um dos experimentos mas foi sensível a acidez. Maior nodulação não correspondeu a maior produção de grãos. Além disto a maior nodulação inicial em pH baixo, de uma maneira geral, não correspondeu necessariamente a uma maior produção de grãos. As cultivares A222 e CNF145 apresentaram maiores produções em pH mais ácido e a cultivar Xodó cresceu melhor mesmo sem nódulos, indicando maior eficiência em utilizar o nitrogênio do solo.

N₂ (Franco 1977, 1980, 1981; Graham e Halliday 1977; Islam *et al.* 1980). Seus efeitos têm sido atribuídos a redução da sobrevivência e multiplicação do rizóbio, da infecção dos pelos radiculares e da formação dos nódulos nas raízes, e aos efeitos sobre o funcionamento da simbiose e crescimento da planta hospedeira (Bromfield e Jones 1980; Franco 1982; Graham e Parker 1964; Lindstrom *et al.* 1985; Munns 1977a,b).

A variabilidade genética observada entre cultivares de feijão quanto a capacidade de nodulação e fixação de N₂ (Graham e Halliday 1977; Graham e Rosas 1977; Pereira 1982; Vargas 1987) indica a possibilidade de selecionar cultivares comerciais com simbiose mais eficiente. Além disso, a literatura tem mostrado que a nodulação e fixação de N₂ é marcadamente mais sensível à acidez do solo do que o crescimento da planta (Evans *et al.* 1980; Munns 1968). Também, tem sido observado que as cultivares de feijão de sementes pretas são menos sensíveis à acidez do solo com altas concentrações de Al do que aquelas com sementes de outras cores (Spain *et al.* 1975). Desse modo, parece possível obter-se cultivares de feijão capazes de nodular e fixar quantidades suficientes de N₂, necessárias para boas produções de

¹ Recebido para publicação el 28 de maio de 1991

* Prof. Adjunto de UFRRJ, bolsista CNPq, km 47 Antiga Rio-São Paulo 23851, Seropédica, ITAGUAÍ, Rio de Janeiro. Bra
** Pesquisador do CNPq-EMBRAPA, km 47 Antiga Rio, São Paulo 23851, Seropédica, ITAGUAÍ, Rio de Janeiro, Bra
*** Pesquisador da PESAGRO, Estação Experimental de Campos, Campos. RJ

grãos, através do processo biológico, nas condições de solos ácidos.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, instalou-se um experimento com 60 cultivares de feijão de sementes pretas em dois níveis de pH (3.9 e 4.2), usando-se calcáreo dolomítico, em um solo hidromórfico da fazenda Sendas Agropecuária de Magé, RJ. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas dos níveis de pH do solo e as sub-parcelas das cultivares de feijão, com 4 repetições. As sub-parcelas eram formadas por uma fileira de plantas de 4 m de comprimento, espaçadas de 0.60 m entre si com 15 sementes/metro linear de sulco. O plantio foi efetuado em março de 1984, utilizando-se uma adubação a lanço, de 120 kg P_2O_5 /ha na forma de superfosfato triplo.

Em seguida, utilizando-se 10 cultivares selecionadas do primeiro experimento e 5 cultivares indicadas para a região, foi instalado outro ensaio no delineamento experimental de blocos ao acaso, com 4 repetições, no mesmo tipo de solo usado anteriormente, com pH corrigido com calcáreo dolomítico para 4.5. As parcelas eram formadas de 4 fileiras com 4 m de comprimento e espaçadas entre si de 0.60 m com 15 sementes/metro linear de sulco. A área útil da parcela para produção de grãos foi de 3.60 m². O plantio foi realizado em setembro de 1984, utilizando-se uma adubação nos sulcos de plantio de 80 kg P_2O_5 /ha na forma de superfosfato triplo.

Usando-se as 10 cultivares selecionadas dos experimentos anteriores, foi instalado um ensaio em Campos (plantio em março de 1985), um em Pinheiral (plantio em abril de 1985) e outro em Parada Modelo/Magé (plantio em abril de 1987), no delineamento experimental de blocos ao acaso em parcelas subdivididas com três níveis de pH do solo (4.5; 5.0 e 5.5), obtidos com

aplicação de calcáreo dolomítico, com 4 repetições. As subparcelas eram formadas pelas cultivares com 4 fileiras de 5 m de comprimento, espaçadas entre si de 0.50 m, com 15 sementes/metro linear de sulco. Utilizou-se área útil de 4 m², para a produção de grãos. Nestes ensaios foram aplicados 80 kg de P_2O_5 /ha, na forma de superfosfato simples, nos sulcos antes do plantio. Em todos os ensaios as sementes foram inoculadas com uma mistura de estirpes (CO5 e SEMIA 487) de *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*, na forma de inoculante em turfa produzido no CNPBS-EMBRAPA.

Finalmente, procurou-se avaliar o comportamento de algumas cultivares de feijão selecionadas dos ensaios anteriores acrescidas daquelas tidas como boas noduladoras, obtidas através de melhoramento em condições sem acidez. Desse modo, instalou-se um ensaio em Parada Modelo, Magé com 10 cultivares em solo com pH igual a 4.6, usando o delineamento experimental de blocos ao acaso com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por 4 fileiras com 5 m de comprimento, espaçadas de 0.50 m entre si, com 15 sementes/metro linear de sulco e área útil de 4 m² para produção de grãos. O plantio foi feito em setembro de 1987 com adubação de 80 kg de P_2O_5 /ha na forma de superfosfato simples colocado nos sulcos de plantio. A inoculação de sementes foi feita com o mesmo inoculante de turfa dos experimentos anteriores.

Na Tabela 1, são apresentadas as análises químicas dos diversos solos utilizados nos experimentos. A medida do pH do solo, feita antes do plantio dos ensaios, foi em água na diluição de 2:1, enquanto aquelas efetuadas nas épocas de avaliações da nodulação e produção de grãos, apresentadas nas tabelas (2 a 6) foram feitas em pasta.

Em todos os ensaios, foram realizadas coletas de plantas aos 25 dias após o plantio, para avaliação da nodulação (número e peso de nódulos secos a 60 °C com

Tabela 1. Análise química dos solos onde foram realizados os experimentos.

Local	Tipo de solo	P	K	Ca	Mg	Al	pH ^b	C	MO	N	C/N
		ppm		me/100 cm ³				%			
Magé	Hidromórfico	7.0	78	5.6	2.2	7.5	3.6	4.09	7.06	0.36	11.4
Campos (1985)	Aluvial	11.4	158	1.2	1.0	3.0	4.7	1.95	3.36	0.18	10.7
Pinheiral	Podzólico verm-amarelo	4.4	77	0.9	0.8	0.9	4.7	0.27	0.46	0.09	- a
P Modelo/Magé	Aluvial	30.1	147	2.1	1.5	0.8	4.5	1.11	1.91	0.13	8.5

a Valor extremamente alto devido ao baixo teor de N estar em uma faixa pouco precisa pelo método de análise usado

b pH do solo sem calagem em água (2:1) antes do plantio

ventilação forçada), além da colheita final para avaliação da produção de grãos secos a 13-14% de umidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A nodulação (número de nódulos/planta) de 60 cultivares de feijão de sementes de cor preta não apresentou diferença significativa entre os níveis de pH 3.9 e 4.2 e nem interação das cultivares com o pH do solo em Magé-RJ (Tabela 2). Porém, individualmente, houve diferenças entre cultivares, sendo que, as cultivares "RAI79" e "CNF 0160" apresentaram maior nodulação que a "Preto 132" ($P = 0.05$), enquanto as demais tiveram um comportamento semelhante. Mesmo

para plantas ainda pequenas, a nodulação, de uma maneira geral, foi baixa em todas as cultivares, sendo menor ainda no pH mais baixo. A produção de grãos foi menor no pH mais baixo (Tabela 3). Apesar do pH baixo dos dois tratamentos (3.9 e 4.2) e alta disponibilidade de Al^{3+} (Tabela 1), as produções de grãos foram relativamente altas, provavelmente devido ao alto teor de matéria orgânica do solo (Tabela 1) que minimizou o efeito de toxidez de Al^{3+} . A produção de 1736 kg/ha de grãos obtidos em pH 4.2 na média das 60 cultivares representa pelo menos 3 vezes a média nacional. Das três cultivares com maior nodulação, somente a cultivar BAT 549 ficou entre as três cultivares de maior produção. Entretanto, somente a cultivar CNF 0141 com alta produção apresentou baixa nodulação.

Tabela 2. Nodulação (no. de nódulos/planta) de 60 cultivares de feijão em 2 níveis de pH do solo, aos 25 dias após a emergência, época da "seca" -1984 - Magé, RJ (Médias de 4 repetições).

Cultivares de feijão	Número de nódulos por planta			Cultivares de feijão	Número de nódulos por planta		
	pH 3.9	pH 4.2	Médias		pH 3.9	pH 4.2	Médias
RAI 79	3.7	10.1	6.9	EMP 60	0.6	5.3	3.0
CNF 0160	2.2	11.5	6.9	RAI 71	0.4	5.2	2.8
BAT 549	1.3	11.1	6.2	EMP 84	0.8	4.5	2.7
A 222	5.7	4.5	5.1	BAT 67	1.5	3.2	2.4
A 236	1.4	10.5	6.0	EF 23	2.0	2.5	2.3
CNF 0178	3.1	6.4	4.8	ICA QUEIZAL	1.5	2.8	2.2
BAT 1554	4.1	5.0	4.6	CNF 0122	1.4	2.9	2.2
CNF 0115	1.2	8.2	4.7	E5201	0.7	4.1	2.4
CNF 0144	3.9	3.8	3.9	PV 99	0.2	5.4	2.8
CD 43	1.4	5.2	3.3	MORUNA 80	1.8	2.1	2.0
CNF 0120	1.4	6.7	4.1	BAT 1191	1.7	2.0	1.9
CNF 0155	3.9	3.3	3.6	DOR 62	1.9	1.6	1.8
CNF 0179	2.1	5.4	3.8	CNF 0141	1.5	2.0	1.8
CNF 0173	1.3	6.8	4.1	A 210	2.0	1.4	1.7
A 226	5.3	2.0	3.7	BAT 1060	0.6	3.2	1.9
BAT 148	2.5	4.4	3.5	BAT 76	0.8	2.8	1.8
BAT 1470	1.7	5.5	3.6	EEP 710/75	0.9	2.6	1.8
CNF 0162	3.2	3.1	3.2	PV 89	0.6	3.0	1.8
BAT 445	2.7	3.6	3.2	CNF 0145	1.1	1.8	1.5
PV 299	2.0	4.4	3.2	CNF 0154	0.6	2.6	1.6
RAI 70	2.0	4.5	3.3	BAC 25	0.2	3.6	1.9
PV 175	1.3	5.4	3.4	A 227	0.6	2.5	1.6
BAT 261	1.4	5.4	3.4	EEP 527/75	0.5	2.4	1.5
A 237	1.2	5.4	3.3	RAI 76	0.6	2.0	1.3
RAI 78	2.0	3.9	3.0	A 235	0.1	3.2	1.7
BAT 431	1.2	5.2	3.2	BAT 429	0.4	1.6	1.0
CORNELL 49242	3.8	1.7	2.8	RAI 77	0.5	1.3	0.9
BAT 451	1.3	4.2	2.8	RAI 72	1.4	0.3	0.9
CNF 0158	2.3	3.0	2.7	RAI 75	0.9	0.3	0.6
CNF 0140	1.9	3.0	2.5	PRETO 132	0.0	1.0	0.5
Médias					1.5	3.7	
Tukey (5%)	-	-	6.0	-	-	-	6.0

*Os dados acima, para efeito de análise das variantes, foram transformados em $x + 1$

Tabela 3. Produção de grãos de 57 cultivares de feijão em 2 níveis de pH em Magé, RJ plantio da "seca" em 1984 (Médias de 3 repetições).

Cultivares de feijão	Produção de grãos (kg/ha) ^a			Cultivares de feijão	Produção de grãos (kg/ha)		
	pH 3.9	pH 4.2	Médias		pH 3.9	pH 4.2	Médias
CNF 0120	1939	2502	2220	PV 175	1181	1720	1450
CNF 0141	1842	1763	1803	PV 299	1133	1763	1448
BAT 549	1542	2046	1794	EF 23	1399	1496	1447
CNF 0144	1561	1927	1744	CNF 0175	1421	1469	1445
CORNELL 49-242	1410	2071	1741	CNF 0160	789	2077	1433
A 237	1365	2111	1738	RAI 78	1170	1683	1426
BAT 148	1415	1960	1687	CNF 0154	1311	1535	1423
BAT 67	1482	1869	1675	RAI 77	1401	1430	1415
CNF 0179	1510	1810	1660	CNF 0178	1097	1690	1393
BAT 429	1309	1980	1644	BAT 431	1155	1608	1382
EMP 84	1174	2114	1644	BAT 1554	1333	1399	1366
CNF 0140	1653	1634	1644	CNF 0122	910	1810	1360
A 227	1164	2103	1633	BAC 25	638	2034	1336
G 5201	1575	1687	1631	A 226	1218	1429	1323
PV 99	1395	1836	1616	RAI 72	1388	1210	1299
CNF 0145	1729	1495	1612	BAT 261	1045	1538	1292
A 235	1120	2082	1601	CNF 0158	973	1607	1290
ICA QUETZAL	1123	2062	1593	A 236	701	1822	1262
CD 43	1069	2118	1593	BAT 1470	792	1706	1249
DOR 62	1119	2039	1579	BAT 1191	757	1718	1238
A 210	1557	1580	1569	RAI 79	1012	1449	1231
EEP 710/75	1218	1869	1544	A 222	692	1745	1219
BAT 76	1378	1660	1519	PRETO 132	983	1453	1218
CNF 0115	992	2010	1501	EEP 527/75	1256	1144	1200
BAT 1060	1384	1603	1493	BAT 445	1072	1252	1162
PV 89	1054	1930	1492	EMP 60	694	1486	1090
MORUNA 80	853	2104	1479	RAI 75	832	1174	1003
CNF 0155	973	1979	1476	CNF 0162	735	1169	952
BAT 451	1554	1388	1471				
Médias					1203b	1736a	

Foram selecionadas dez cultivares do experimento anterior com maior nodulação em pH mais baixo e incluídas mais cinco recomendadas para a região e testadas no mesmo solo e local em pH 4.5 na época "das águas". Neste experimento, as cultivares CNF 0178 e CNF 0120, apresentaram maior nodulação e produção de grãos, enquanto que as cultivares CNF 0141 e Negro Argel apresentaram maior nodulação, mas produção igual as cultivares A222 e BAT 179 com baixa nodulação (Tabela 4). As cultivares CNF 0141, CNF 120 e Negro Argel apresentaram a maior nodulação mas a produção de grãos somente foi entre as melhores na cultivar CNF 120. Islam *et al.* (1980) concluíram que *Phaseolus vulgaris* L. é extremamente sensível à concentração de H⁺, entretanto, cultivares de feijão tolerantes à acidez tem sido observadas por Foy *et al.* (1967); Spaim *et al.* (1975); Noble *et al.* (1985).

As dez cultivares selecionadas no primeiro experimento foram também testadas em três níveis de pH (4.5,

5.0 e 5.5) em três localidades com solos diferentes: solo aluvial em Campos-RJ, solo hidromórfico em Parada Modelo-Magé, RJ e solo podzólico vermelho-amarelo em Pinheiral-RJ cujas análises são apresentadas na Tabela 1. Nos três solos estudados, o pH em água do tratamento sem calagem antes do plantio, apresentou pequena variação em relação ao pH medido em pasta, 25 dias após o plantio. No solo aluvial de Parada Modelo em Magé, o pH sem calagem apresentou o mesmo valor (4.5) antes do plantio, medido em água 1:2.5 ou 25 dias após o plantio, medido em pasta. Todas as cultivares de feijão apresentaram melhor nodulação no solo aluvial de Parada Modelo do que nos demais (Tabela 5). Em Campos e em Pinheiral, a nodulação foi praticamente nula devido ao estresse hídrico, ocorrido logo após o plantio, que pode ter acarretado a morte do rizóbio antes da infecção das raízes (Bruck e Franco 1991). As diferenças entre cultivares só foram relevantes em Parada Modelo onde as cultivares A222, CNF 0145, BAT 179 e Negro Argel apresentaram maior

Tabela 4. Número de nódulos, 25 dias após o plantio, e produção de 15 cultivares de feijão em solo com pH 4.5 em Magé, RJ, época "das águas" de 1984 (Médias de 4 repetições).

Cultivares de feijão	Número nódulos/planta ^a		Produção de grãos (kg/ha) pH 4.5
	pH 4.5		
A 222	0 0 e ^b		709 a
BAT 179	0 8 cde		767 a
BAT 304	3 5 abcde		876 a
BAT 549	1 0 de		887 a
CD 43	6 5 abcd		676 a
CNF 0120	10 0 a		1 001 a
CNF 0141	10 0 a		746 a
CNF 0145	4 0 abcde		1 009 a
CNF 0155	1 3 cde		869 a
Negro Argel	9 8 ab		791 a
Bat 451	6 5 abc		879 a
Cornell 49/242	1 5 cde		937 a
Rio Tibaji	3 5 abcde		620 a
Iguassu	2 3 bcde		582 a
CNF 0178	6 3 abcd		1 086 a
Média	4 4		829
C V (%)	41 4		38 5

a Os dados acima, para efeito de análise das variantes, foram transformados em $x + 1$

b As médias seguidas da mesma letra não diferiram entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

nodulação nos níveis de pH mais alto. As cultivares BAT 549, CD 43 e CNF 0120 apresentaram igual nodulação nos três níveis de pH. Neste experimento fica bastante evidente a sensibilidade da nodulação da cultivar Negro Argel a acidez. Mesmo assim, em pH 4.5 ainda superou as menos sensíveis à acidez.

Resultados semelhantes foram obtidos por Vargas (1987) que estudando o comportamento de 126 cultivares de feijão para tolerância à acidez (pH 4.5), em condições controladas, encontrou diferenças marcantes entre as cultivares. Algumas cultivares foram tolerantes ao pH, como "Preto 143" e "Capixaba Precoce", enquanto outras, sensíveis, como "Negro Argel" e "BAT 115".

Os resultados de produção de grão refletem as condições edafológicas climáticas dos diferentes locais (Tabela 6) Em Pinheiral e Campos, as produtividades foram limitadas, principalmente por falta de água na fase inicial, enquanto em Parada Modelo os níveis de produtividade foram bastante superiores, devido a maior disponibilidade de água. Em Campos, devido ao alto teor de Al^{3+} do solo, houve grande resposta a calagem. Neste local no pH alto, a baixa nodulação pode também ter sido afetada pela alta disponibilidade de N do solo (Tabela 1), já que, algumas cultivares com baixa nodulação atingiram produções em torno de 1000 kg/ha de grãos. A cultivar Negro Argel que é boa noduladora mas pouco responsiva (Duque *et al.* 1985) produziu em Campos no

Tabela 5. Nodulação (no. de nódulos/planta) de 10 cultivares de feijão em 3 localidades do Estado do Rio de Janeiro (Médias de 4 repetições).

Cultivares de feijão	Campo (1985) pH do solo			Pinheiral/Paráí pH do solo			P Modelo, Magé pH do solo		
	4.5	5.0	5.5	4.5	5.0	5.5	4.5	5.0	5.5
A 222	0	1	4	2	4	1	14	10	24
BAT 304	1	1	1	1	2	2	6	9	9
BAT 549	0	0	1	5	2	2	17	8	12
CD 43	1	0	1	3	6	4	12	9	13
CNF0120	0	0	3	3	2	2	9	10	7
CNF 0141	0	1	2	1	5	2	5	8	8
CNF 0145	1	1	1	1	1	3	8	8	19
CNF 0155	1	1	1	1	1	1	7	18	13
Negro Argel	1	1	2	4	2	2	23	31	41
BAT 179	1	0	1	2	3	1	7	9	13
Médias	0.6	0.6	1.7	2.3	2.8	2.0	10.8	12.0	15.9
C V ¹ (%) a		2.1			7.0			48.1	
b		24.4			32.4			33.9	

¹ Análise estatística em blocos sub-divididos, sendo (a) nível de pH do solo e (b) cultivares de feijão

Tabela 6. Produção de grãos, em kg/ha, de 10 cultivares de feijão em 3 níveis de pH do solo em 3 localidades do Estado do Rio de Janeiro (Médias de 4 repetições).

Cultivares de feijão	Campo (1985) pH do solo			Pinheiral/Paraf pH do solo			P Modelo/Magé pH do solo		
	4.5	5.0	5.5	4.5	5.0	5.5	4.5	5.0	5.5
A 222	214	333	928	476	389	499	1 435	1 512	1 293
BAT 304	290	400	758	488	445	479	831	899	755
BAI 549	285	453	890	349	298	469	1 350	1 321	1 422
CD 43	295	575	1 084	349	383	557	1 396	1 409	1 355
CNF 0120	319	548	771	406	392	449	1 112	1 296	1 410
CNF 0141	285	448	924	385	350	410	1 307	1 377	1 429
CNF 0145	320	485	985	333	280	443	1 730	1 793	1 988
CNF 0155	234	445	825	367	389	634	1 220	1 557	1 507
Negro Argel	110	380	630	-	-	-	1 350	1 508	1 505
BAT 179	308	451	926	358	268	355	-	-	-
Médias	266	452	872	393	355	477	1 323	1 408	1 407
C V ¹ (%) a		28.5			4.7			19.2	
b		37.5				31.5			20.9

1 Análise estatística em blocos subdivididos sendo (a) nível de pH do solo e (b) cultivares de feijão

pH alto (pH 5.5), sem ter nodulação, apenas 630 kg/ha e, em Parada Modelo, 1505 kg/ha no mesmo pH, onde apresentou boa nodulação.

Para nodulação (número e peso de nódulos), fazendo análise de regressão conjunta de todas localidades, o efeito de pH dentro de cada cultivar para número de nódulos só foi significativo para as cultivares A222 ($Y = -4.20 + 1.32x$) e CNF 0145 ($Y = -0.24 + 0.46x$) ($P = 0.05$). Em relação ao peso de nódulos, somente a cultivar Negro Argel foi significativa ($Y = -8.41 + 2.32x$) ($P = 0.05$), confirmando a sensibilidade desta cultivar a acidez, o que já havia sido observado nos experimentos anteriores. Para a produção de grãos, entretanto houve significância da regressão para o efeito do pH em todas as cultivares testadas e, para localidade, apenas em Campos (Tabela 7).

Esta resposta em Campos, é mais relacionada as plantas crescendo com o N proveniente do solo do que com a simbiose já que a nodulação foi quase nula. O comportamento das diversas cultivares foi muito variável com o solo e época de plantio. Obteve-se boa nodulação e produção mesmo em solo com pH muito ácido (3.9 e

Tabela 7. Regressões da produção de grãos (kg/ha) com o pH dentro de locais e cultivares de feijão.

Variáveis	Equações	
pH	$Y = -1509.32 +$	$446.84 X^{**}$
Locais		
pH em Campos	$Y = -5616.27 +$	$1231.00 X^{**}$
pH em Pinheiral	$Y = -566.62 +$	$196.75 X$
pH em P Modelo	$Y = -375.75 +$	$197.25 X$
pH em Campos	$Y = -230.16 +$	$162.38 X$
Cultivares de feijão		
pH na cv A 222	$Y = -670.16 +$	$279.75 X^{**}$
pH na cv Bat 179	$Y = -1974.88 +$	$492.00 X^{**}$
pH na cv Bat 304	$Y = -1282.08 +$	$377.50 X^{**}$
pH na cv Bat 549	$Y = -1528.20 +$	$447.00 X^{**}$
pH na cv CD 43	$Y = -1448.25 +$	$438.75 X^{**}$
pH na cv CNF 0120	$Y = -1552.45 +$	$425.50 X^{**}$
pH na cv CNF 0141	$Y = -1493.29 +$	$444.00 X^{**}$
pH na cv CNF 0145	$Y = -1712.20 +$	$510.75 X^{**}$
pH na cv CNF 0155	$Y = -2387.95 +$	$624.50 X^{**}$
pH na cv Negro Argel	$Y = -1111.94 +$	$391.00 X^{**}$

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

4.2) mas com alto teor de matéria orgânica (Tabelas 1 e 2). Resultados de Franco e Munns (1982) mostraram que a nodulação inicial do feijoeiro foi muito reduzida em pH 5.0 em solução nutritiva. Observaram ainda que o efeito da toxicidade de Al^{3+} era diminuída com a presença de maior concentração ou atividade iônica do Ca^{2+} . O experimento de Magé mostra ainda que a matéria orgânica também exerce grande influência, podendo proteger a nodulação mesmo em condições de acidez e de alta disponibilidade de Al^{3+} .

Tabela 8. Nodulação de plantas colhidas aos 25 dias após o plantio e produção de grãos de 10 cultivares de feijão, em pH do solo igual a 4.6 na época "das águas", em Parada Modelo. Magé, R.J., 1987 (Médias de 3 repetições).

Cultivares de feijão	Nódulos/planta (número)	Nódulos/planta peso (mg)	Produção de grãos (kg/ha)
A 222	23 ab	19 a	1 239 b
CNF 0145	18 ab	14 a	1 383 b
Negro Argel	25 a	21 a	1 273 b
CNF 480	30 a	25 a	1 778 ab
Xodó	8 b	4 a	2 150 a
22-3	20 ab	16 a	1 565 ab
22-50	14 ab	6 a	1 746 ab
22-52	18 ab	14 a	1 997 ab
22-55	15 ab	14 a	1 566 ab
22-8	14 ab	12 a	1 431 ab
Média	18.5	14.5	1 613
C V (%)	29.3	59.1	16.2

As médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Resultados de um último experimento instalado em Parada Modelo no ano de 1987 (Tabela 8), mostram que a cultivar Xodo, selecionado para a região sob condições de adubação inicial de N e sem inoculação, apresentou baixa nodulação inicial mas alta produção de grãos, semelhante a da cultivar 22-52 que apresentou boa nodulação. Neste experimento em condições de acidez, as cultivares Negro Argel e CNF 480 e as linhagens selecionadas para alta nodulação (linhagens 22) apresentaram igual nodulação a das cultivares selecionadas anteriormente como tolerantes a acidez (cultivares A222 e CNF 0145). Apesar das cultivares tolerantes estudadas terem apresentado pouca nodulação em pH ácido, estes resultados mostram que a maior capacidade de nodulação compensa a sensibilidade à acidez. Além disso, o fato da tolerância fisiológica da planta para crescimento em pH ácido ser um caráter herdável, com valores médios a altos de heritabilidade (Vargas 1987), poderá propiciar a obtenção de cultivares tolerantes à acidez através dos métodos de melhoramento genético.

LITERATURA CITADA

- BROMFIELD, E. S. P.; JONES, D. G. 1980. Studies on acid tolerance of *Rhizobium trifolii* in culture and soil. *Journal of Applied Bacteriology* 48:253-264
- BRUCK, A. N.; FRANCO, A. A. 1991. Resultados ainda não publicados
- DUQUE, F. F.; NEVES, M. C. P.; FRANCO, A. A.; VITRIA, R. L.; BODDEY, R. M. 1985. The response of field grown *Phaseolus vulgaris* to *Rhizobium* inoculation and the quantification of N_2 fixation using ^{15}N . *Plant and Soil* 88:333-343
- EVANS, L. S.; LEWIN, F. L.; VELLA, F. A. 1980. Effect of nutrient medium pH on symbiotic nitrogen fixation by *Rhizobium leguminosarum* and *Pisum sativum*. *Plant and Soil* 56:71-80
- FOY, C. D.; FLEMING, A. L.; BURNS, G. R.; ARMIGER, W. H. 1967. Characterization of differential aluminum tolerance among varieties of wheat and barley. *Soil Science Society of America Proceedings* 31:513-520
- FRANCO, A. A. 1977. Nutritional restraints for tropical grain legume symbiosis. In *Exploiting the legume Rhizobium symbiosis in tropical agriculture*. J. M. Vincent, A. A. Whitray, J. Bose (Eds.). University of Hawaii, College of Tropical Agriculture. Misc Publication no 145. p. 237-252
- FRANCO, A. A.; DAY, J. M. 1980. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acid soils of Brazil. *Turrialba* 30(1):99-105
- FRANCO, A. A. 1981. Acidity factors limiting nodulation, nitrogen fixation and growth of *Phaseolus vulgaris* L. Ph.D. thesis. Univ. of California, Davis. 144 p.
- FRANCO, A. A.; MUNNS, D. N. 1982. Acidity and aluminum restraints on nodulation, nitrogen fixation, and growth of *Phaseolus vulgaris* L. in solution culture. *Soil Science Society of America Journal* 46:296-301
- GRAHAM, P. H.; PARKER, C. A. 1964. Diagnostic features in the characterization of the root nodule bacteria of legumes. *Plant and Soil* 20:383-396
- GRAHAM, P. H.; ROSAS, J. C. 1977. Growth and development of indeterminate bush and climbing cultivars of *Phaseolus vulgaris* L. inoculated with *Rhizobium*. *Journal of Agricultural Science* 88(2):503-508
- GRAHAM, P. H.; HALLIDAY, J. 1977. Inoculation and nitrogen fixation in the genus *Phaseolus*. In *Exploiting the legume: Rhizobium symbiosis in tropical agriculture*. J. M. Vincent, A. S. Whitray, J. Bose (Eds.). University of Hawaii, College of Tropical Agriculture. Misc Publication no 145. p. 313-314
- GRAHAM, P. H. 1981. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L.: A review. *Field Crops Research* 4:93-112
- ISLAM, A. K. M. S.; EDWARDS, D. G.; ASHER, C. J. 1980. Optimum pH for crop growth: Results of a flowing solution culture experiment with six species. *Plant and Soil* 54:339-357

- LINDSTROM, K.; SARSA, M.; PULKUNEN, J.; KASANEN, P. 1985. Symbiotic nitrogen fixation of *Rhizobium* (Galega) in acid soils, and its survival in soil under acid and cold stress. *Plant and Soil* 87:293-302.
- MUNNS, D.N. 1968. Nodulation of *Medicago sativa* in solution culture. I. Acid sensitive steps. *Plant and Soil* 38(1):129-146
- MUNNS, D.N. 1977a. Soil acidity and related factors. In *Exploiting the legume: Rhizobium symbiosis in tropical agriculture*. J.M. Vincent, A.S. Whitray, J. Bose (Eds.). University of Hawaii, College of Tropical Agriculture. Misc. Publication no. 145. p. 211-236.
- MUNNS, D.N. 1977b. Mineral nutrition and the legume symbiosis. In *A treatise on dinitrogen fixation*. IV. Hardy and Gibson (Eds.). New York, John Wiley. p. 353-391.
- NOBLE, A.D.; LEA, J.F.; FEY, M.V. 1985. Genotypic tolerance of select dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars to soluble Al and to acid low P soil conditions. *South African Journal of Plant and Soil Science* 2:115-119
- PEREIRA, P.A.A. 1982. Fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro. In *Feijão: Inovações tecnológicas para solução de problemas*. Belo Horizonte, Minas Gerais. Inf. Agropecuário no. 90. p. 41-46.
- SPAIM, J.M.; FRANCIS, C.A.; HOWEIER, R.H.; CALVO, F. 1975. Differential species and varietal tolerance to soil acidity in tropical crops and pasture. In *Soil management in tropical America*. E. Bornemiza, A. Alvarado (Eds.). Col., CIAT. p. 308-347
- VARGAS, A.A.T. 1987. Tolerance of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* to low pH. Thesis Ph.D., University of Minnesota. 123 p.

RESEÑA DE LIBROS

HUMUS, ITS Structure and Role in Agriculture and Environment. 1992. In *Symposium Humus et Planta* (10., 1991, Prague, Czechoslovakia). Proceedings. J. Kubát (Ed.). Amsterdam, Holanda, Elsevier. 202 p. ISBN0-444-88980-9. US\$111.50.

This volume presents the proceedings of the 10th international symposium *Humus et Planta* held in Prague in August 19-23, 1991. The main topics of this book are devoted to the recent advances in fundamental, as well as applied research of humic substances, the most abundant of the naturally occurring macromolecules of nature, the understanding of their nature and how they react and interact in their natural environments. Texts

are included on the structure, physical and chemical properties of humic substances; the relationships among humus, soil properties and fertility; the biotransformations of organic substances in the soil; the relationships between humic substances and plants and the interactions of humus and xenobiotic substances. This book presents recent knowledge of the complicated and challenging humic substances. It will be of interest not only to scientist, but also to University teachers and students of agricultural and environmental sciences.

ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS
AMSTERDAM, HOLANDA

Evaluación de Cinco Diseños de Trampas para el Muestreo de la Mosca del Mango¹

E. González*, N. Boscán de Martínez**, G. Rodríguez***

ABSTRACT

Five trap designs McPhail, EUGO TC-11, EUGO TC-12, EUGO TC-13 and EUGO TC-14, were evaluated in an experimental plot of mangoes, *Mangifera indica* L., at the *Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias*, Maracay, Ven. The traps were provided with torula yeast borax (TYB) bait in order to measure the capture capacity for adult *Anastrepha obliqua* (Macquart). During the experiment, it was observed that all the traps captured the mentioned insect species in the following order of efficiency, from most to least: McPhail, EUGO TC-13, EUGO TC-14, EUGO TC-11 and EUGO TC-12. In relation to the number of TYB pellets it was established that significant differences in the capture capacity of the McPhail and EUGO TC-13 traps did not exist.

Key words: *Anastrepha obliqua*, trap, bait.

RESUMEN

Se evaluaron cinco diseños de trampas (McPhail, Eugo TC-11, Eugo TC-12, Eugo TC-13 y Eugo TC-14) provistas con el atrayente, "Torula yeast borax", para la captura de insectos adultos de *Anastrepha obliqua* (Macquart) (Diptera: Tephritidae), en el huerto de mango, *Mangifera indica* L., del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Maracay, Ven. Durante la conducción del experimento de campo, se comprobó la captura de la referida especie insectil en todas las trampas, y se pudo establecer, al cuantificar la captura en promedio, el siguiente orden decreciente: McPhail, Eugo TC-13, Eugo TC-14, Eugo TC-11, Eugo TC-12. Como la detección de plagas tiene implícitas variables económicas, se relacionó la captura en promedio, registrada para las trampas de cada diseño, con el número de "pellets" utilizados en la suspensión atrayente; no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre las trampas McPhail y Eugo TC-13.

Palabras clave: *A. obliqua*, "Torula yeast borax", trampas McPhail

INTRODUCCIÓN

Existe en Venezuela una demanda creciente de frutos, sea para consumo fresco o bien para procesamiento industrial: jugos, mermeladas, compotas, conservas y otros. El precio actual del fruto para consumo fresco e industrial es un buen estímulo para el rubro frutícola como actividad agrícola remunerada que

garantiza la inversión económica. El mantenimiento e incremento de la referida demanda han determinado una mayor exigencia de la calidad de los frutos; por eso, el productor debe prestar atención a todas las variables que le permitan obtener cosechas de óptima calidad con costos de producción adecuados.

Entre las variables por considerar, el manejo de las plagas y las enfermedades son de las más importantes, pues su ataque constituye uno de los problemas que enfrenta el productor.

Durante las tres últimas décadas, las dificultades han sido cada vez mayores en relación con una variedad de plagas insectiles, que paulatinamente están diezmando el volumen y la calidad de la producción frutícola. Entre esas situaciones, se destaca el incremento de las poblaciones de moscas de las frutas pertenecientes a la familia Tephritidae, especialmente de los géneros *Anastrepha* y *Ceratitis*. Esas moscas causan las mayores dificultades para la fruticultura en escala mundial (Christenson y Foote 1960). El daño se genera cuando la hembra ovíparosita en el interior del fruto y, al producirse la eclosión, las larvas se alimentan de la pulpa; eso

¹ Recibido para publicar el 5 de julio de 1991

Los autores agradecen a los técnicos F. Ramos, S. Pérez e I. Ríos por su asistencia y dedicación durante la conducción de la fase experimental, así como también a los profesores E. Lander y S. Clavijo por sus sugerencias sobre el tratamiento estadístico de la información recabada.

* Instituto de Química y Tecnología. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela (UCV), Apartado 4579. Maracay, 2101-A, Edo. Aragua, Ven.

** Departamento de Protección Vegetal. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP)/Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Apartado 4653, Maracay, Edo. Aragua, Ven.

*** Centro Nacional de Frutales y Oleaginosas Perennes. FONAIAP, Apartado 184, Maturín, Edo. Monagas, Ven.

provoca un deterioro del fruto y, de esa manera, imposibilitan su consumo. Además, los países importadores de fruta adoptan medidas de protección extremas contra las plagas y obligan a los exportadores a un adecuado, costoso y severo control para garantizar la inocuidad en relación con la presencia de plagas y los probables residuos de insecticidas que pueda contener el fruto.

El uso de trampas con atrayentes para la captura de insectos es uno de los recursos que permiten inferir o conocer sobre algunas de las pautas probables de comportamiento de las plagas insectiles. En relación con las especies de los géneros *Anastrepha* y *Ceratitis*, se han formulado, en otros países, múltiples diseños de trampas y compuestos atrayentes que, en la mayoría de los casos, han permitido conocer algunas tendencias de su comportamiento. Las investigaciones conducidas hasta el presente han demostrado que las trampas McPhail (Fig. 1) constituyen un valioso recurso para la detección y muestreo de insectos adultos de *Anastrepha*. La evidencia más fuerte es la existencia de un manual que describe el uso de las trampas en Florida, EE. UU. (Burditt 1982).

También se conoce que especies como: *C. capitata* (Wied), *Dacus oleae* (Gmel), *Rhagoletis pomonella* (Walsh), *Rhagoletis cerasi* (L.), *D. dorsalis* Hend., *D. cucurbitae* Coq., *Platyparea porciloptera* Schr. y *D. tryony* (Frogg) son atraídas fuertemente por trampas con superficies coloreadas, especialmente en amarillo (Bateman 1976). Burditt describe (1982) que las investigaciones de Greny *et al.* demostraron que las trampas con superficies adhesivas de color amarillo tienen mayor capacidad para atraer y capturar adultos de *A. suspensa* (Loew). Este resultado fundamentó, entre otros, las investigaciones de Burditt (1982), quien al evaluar trampas McPhail modificadas por una coloración amarilla, dedujo que tenían capacidad para la captura análoga en relación con *A. suspensa*, igual que las trampas McPhail incoloras.

La atracción generada por las trampas McPhail en las especies Tephritidae se fundamenta en las características físicas de las mismas y en la fisico-química del atrayente al volatilizarse. La difusión de los compuestos volátiles en el medio hace posible que sean percibidos por los insectos, lo que determina una respuesta en función del umbral respectivo, probablemente de requerimiento energético, que produce un comportamiento motriz de desplazamiento hacia la fuente de emisión de los referidos compuestos volátiles. Hasta el momento se han utilizado en las trampas McPhail diferentes compuestos como atrayentes; el que mayor poder de atracción ha mostrado fundamentalmente hacia *Anastrepha*, es la

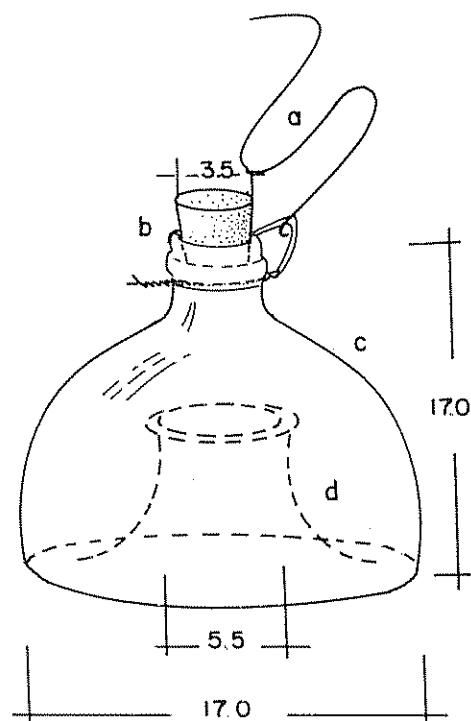


Fig. 1. Diseño McPhail; material de construcción: Vidrio incoloro transparente; unidad dimensional: centímetro (cm); componentes: a) dispositivo suspensor, b) tapón de goma, c) semicúpula, d) receptáculo con entrada inferior invaginada y 500 ml de capacidad.

formulación peletizada denominada "Torula yeast borax" (HTY-borax).

En atención a lo expuesto y a la necesidad de adelantar en Venezuela programas de detección y control de las moscas de las frutas, surgió la necesidad de realizar un proyecto del Ministerio de Agricultura y Cría, el cual requería fundamentalmente las trampas McPhail y el atrayente HTY-borax, ambos de manufactura foránea. Se tomó en cuenta esta incidencia limitante y, con el propósito de encontrar una solución parcial, se planificó una investigación cuyo objetivo fundamental fue formular y elaborar un diseño de trampas para capturar moscas de las frutas que sustituyeran a las McPhail.

MATERIALES Y MÉTODOS

El propósito de desarrollar un diseño análogo funcional de la trampa McPhail para la captura de moscas *Anastrepha*, que garantizara mejor operatividad y fac-

tibilidad de uso, llevó a la formulación por parte de la Sección de Química Agrícola (Facultad de Agronomía, UCV) de cuatro diseños de trampas: EUGO TC-11, EUGO TC-12, EUGO TC-13 y EUGO TC-14 (Figs. 2, 3, 4, 5, respectivamente). Las trampas de los referidos diseños se construyeron con base en material plástico de desecho (botellas de refresco y agua mineral: 2 l y 0.250 l, respectivamente). Se evaluaron junto con las trampas McPhail su capacidad para atrapar insectos adultos de *A. obliqua* (Macquart) y operatividad para manipularlas.

El experimento se realizó en el huerto de mango del CENIAP, a 450 msnm, 10° 16' N. 68° 38' W, localizado en El Limón (Maracay, Edo. Aragua). Se adoptó un diseño experimental aleatorio con dos tratamientos (períodos de captura y diseño) y cuatro réplicas. En cada trampa se colocó una suspensión atrayente de "Torula yeast borax" (HTY-borax) —recurso aportado por G. Blanco, del MAC, de la Dirección de Sanidad Vegetal— en relación a un "pellet" por cada 100 ml de agua; los

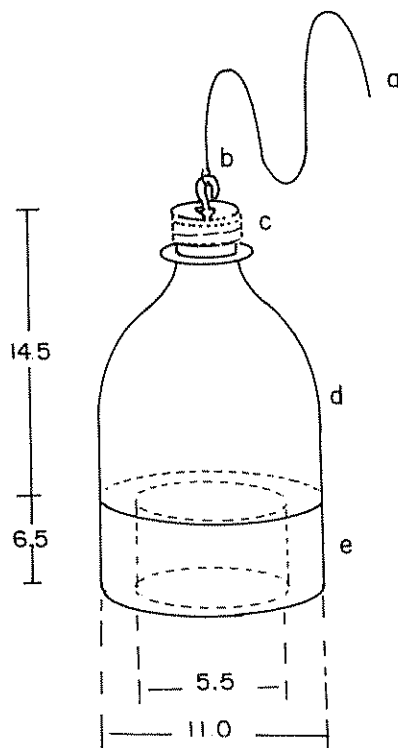


Fig. 2. Diseño EUGO TC-11; unidad dimensional: centímetro (cm); componentes: a) dispositivo suspensor, b) alcañata, c) tapa, d) semicúpula incolora transparente, e) receptáculo color marrón oscuro con entrada inferior cilíndrica transparente y con 250 ml de capacidad.

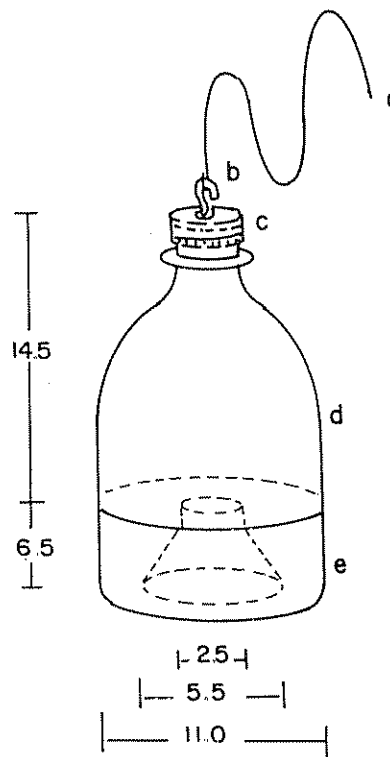


Fig. 3. Diseño EUGO TC-12; unidad dimensional: centímetro (cm); componentes: a) dispositivo suspensor, b) alcañata, c) tapa, d) semicúpula incolora transparente, e) receptáculo color marrón oscuro con entrada inferior cónica transparente y con 450 ml de capacidad.

volúmenes de carga fueron los siguientes: 250 ml para EUGO TC-11 y EUGO TC-13, 450 ml para EUGO TC-12 y EUGO TC-14, y 500 ml para McPhail. Provistas las trampas con la suspensión atrayente, se colocaron en los árboles de mango con una distribución espacial planificada (altura 3.5 m, separación 20 m). Fueron revisadas cada 15 días durante un lapso de tres meses (junio, julio y agosto de 1986) con el fin de recolectar la captura, renovar el atrayente y cambiar la posición en atención a las asignaciones aleatorias.

Una vez caracterizada la captura, los valores cuantificados de los adultos de *A. obliqua* fueron transformados en uno, a la expresión $\text{Log}_{10}(X+1)$, y en el otro, en función de la relación número de "pellets" por volúmenes de cargas en cada diseño, para aplicar el análisis de variancia (Jennrich y Sampson 1979). Se comprobó la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y se compararon los valores medios de captura transformados con el uso de la prueba de Tukey (Steel y Torrie 1960).

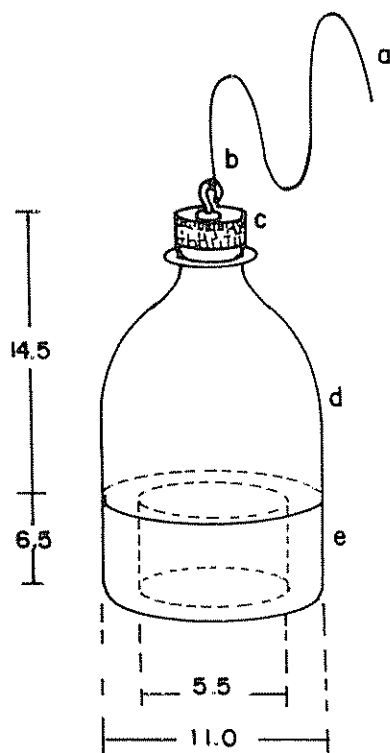


Fig. 4. Diseño EUGO TC-13; unidad dimensional: centímetro (cm); componentes: a) dispositivo suspensor, b) alfiler, c) tapa, d) semicúpula incolora transparente, e) receptáculo color amarillo con entrada inferior cilíndrica transparente y con 250 ml de capacidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El experimento de campo fue conducido de acuerdo con la metodología propuesta y, en ese sentido, se obtuvieron los resultados que a continuación se describen: Los valores en promedio de captura de insectos

adultos de *A. obliqua* (Cuadro 1), calculados para los diseños de trampas sometidos a evaluación durante cinco períodos de 15 días, evidencian que el atrayente utilizado (HTY- borax) poseería un potencial de atracción sobre esta especie insectil; además, los insectos movilizados una vez a la fuente atractiva fueron capturados durante los cinco períodos y se comprobó de esta forma la capacidad análoga de funcionamiento de los cuatro diseños formulados en relación a McPhail.

Los valores medios de captura de insectos adultos de *A. obliqua* (Cuadro 2) muestran la existencia de diferencias; hecho que se confirma al aplicar la prueba de Tukey al conjunto integrado por los valores medios $\text{Log}_{10}(X+1)$ de captura de cada diseño de trampa. La significación diferencial se deduce en el Cuadro 2 por medio de las letras minúsculas colocadas al lado derecho de las cifras que conforman la columna de valores medios. En ese sentido, se visualiza fundamentalmente la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre la media de captura de las trampas McPhail y las correspondientes a las trampas de los cuatro diseños formulados.

Si se considera que en el manejo integrado de plagas la detección se concibe como la confirmación valorada de la presencia sostenida o temporal de una determinada especie insectil del agroecosistema, y que, sobre la referida detección, tienen incidencia factores de naturaleza económica, se dedujo una variable que relaciona la captura insectil de los diseños evaluados con el número de "pellets" utilizados para preparar la suspensión atrayente de concentración constante (un "pellet" por cada 100 ml de agua). La agrupación sistemática de los valores de la referida variable se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 1. Valores en promedio de captura de insectos adultos (machos y hembras) de *A. obliqua*, calculados para cinco diseños de trampas y cinco períodos de conducción experimental.

Diseño	Medias de captura en períodos				
	1	2	3	4	5
McPhail	558 00	1080 50	672 50	277 75	118 50
EUGO TC-13	199 25	427 25	133 50	144 25	14 00
EUGO TC-14	239 00	122 25	32 00	17 00	31 50
EUGO TC-11	50 25	97 00	66 50	54 00	16 25
EUGO TC-12	17 25	20 50	7 00	14 75	1 00

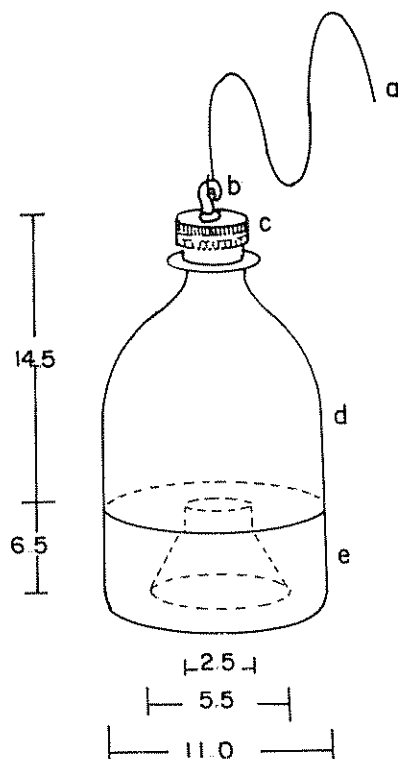


Fig. 5. Diseño EUGO TC-14; unidad dimensional: centímetro (cm); componentes: a) dispositivo suspensor, b) alcañata, c) tapa, d) semicúpula incolora transparente, e) receptáculo color amarillo con entrada inferior cónica transparente y con 450 ml de capacidad.

Se observa que la captura en promedio relativa de los diseños McPhail y EUGO TC-13 fue superior en ambos casos a la de los otros diseños y que, además, la prueba de Tukey permitió establecer que entre los diseños McPhail y EUGO TC-13 no había diferencias

Cuadro 3. Valores medios de captura de insectos adultos (machos y hembras) en función del número de "pellets" de HTY-borax utilizado en cada diseño para la suspensión atrayente de concentración constante.

Diseño	Captura promedio relativa		
	"Pellets" (núm)	Media de captura de adultos por número de "pellets"	Media de captura de hembras por número de "pellets"
McPhail	5.0	108.29 a	54.20 a
EUGO TC-13	2.5	71.08 a	36.30 a
EUGO TC-11	2.52	2.72 b	11.06 b
EUGO TC-14	4.5	19.63 b	9.61 b
EUGO TC-12	4.5	26.88 b	1.32 b

Los valores medios en las columnas correspondientes a los diseños evaluados, seguidos con letras minúsculas similares, no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p=0.05$ Prueba de Tukey)

Cuadro 2. Valores medios de captura de insectos adultos (machos y hembras) de *A. obliqua* para cinco diseños de trampas.

Diseño	Media de captura
McPhail	541.45a
EUGO TC-13	177.65b
EUGO TC-14	88.35bc
EUGO TC-11	56.80c
EUGO TC-12	12.10d

Los valores medios en la columna correspondiente a los diseños evaluados, seguidos con letras minúsculas similares, no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p=0.05$ Prueba de Tukey)

estadísticas significativas. Así se confirmó la existencia de analogías relativas en cuanto a la capacidad para detectar eficientemente insectos adultos de *A. obliqua*. Otros de los factores por evaluar fueron la operatividad y factibilidad de uso de parte del productor en relación con ellos, y con el propósito de hacer deducciones al respecto. En el Cuadro 4 se enumeran las características más relevantes de las trampas de los dos diseños que tienen mayor analogía en cuanto a su función: McPhail y EUGO TC-13.

CONCLUSIONES

En relación con la analogía funcional del diseño EUGO TC-13 y de McPhail se estableció que tiene su

Cuadro 4. Características más resaltantes de las trampas de diseño McPhail y EUGO TC-13.

Características	Trampas	
	McPhail	EUGO TC-13
Detección <i>A. obliqua</i>	Comprobada	Comprobada
Captura de insectos misceláneas	Alta	Reducida
Media de captura de adultos (15 d)	541.42	177.65
Media de captura de adultos por número de "pellets"	108.29	71.06
Media de captura de hembras por número de "pellets"	54.20	36.30
Capacidad de carga (ml)	500.00	250.00
"Pellets" para operar (núm.)	5.00	2.50
Peso aproximado (g)	970.00	83.00
Tenacidad	Frágil	Elástica
Lugar de fabricación	México	Venezuela
Objetivo de fabricación	Comercial	Investigación
Costo aproximado de trampa (US\$)	12.00	3.00
Costo del atrayente (15 d) (Bs.)	35.00	17.50

origen en el efecto combinado de sus características, así como de la volatilización de los compuestos químicos. Así se determina, en la mayoría de los casos, la atracción y caída de los insectos adultos de *A. obliqua* en la

suspensión atrayente de la trampa. La comparación de las cualidades principales de los diseños McPhail y EUGO TC-13 indica que las trampas del diseño EUGO TC-13, provistas de la suspensión atrayente "Torula yeast borax" (HTY-borax), garantizan la detección de insectos adultos de *A. obliqua* y, a la vez, facilitan las labores de recolección de captura, renovación del atrayente y cambios de posición; además es factible su adquisición por parte del productor debido a su bajo costo y disponibilidad inmediata. El carácter preliminar de esta investigación aspira a continuar con la evaluación del diseño EUGO TC-13 en huertos de mango y otros frutales, con el uso del diseño McPhail como patrón de rendimiento y, si fuera necesario, la introducción de modificaciones que mejoren la eficiencia del diseño.

LITERATURA CITADA

- BATEMAN, M.A. 1976. Fruit flies. In Studies in biological control. Delucchi, V.L. (Ed.) London, Cambridge University Press. p. 11-51.
- BURDITT, A.K. 1982. *Anastrepha suspensa* Loew (Diptera: Tephritidae) McPhail traps for survey and detection. Florida Entomologist 63(3):367-373.
- CHRISTENSON, L.D.; FOOTER, H. 1960. Biology of fruit flies. Annual Review of Entomology 5:171-191.
- JENNRICH, R.; SAMPSON, P. 1979. Analysis of variance and covariance, including repeated measures (BMDP-2V). In Biomedical Computer Programs School of Medicine. Los Angeles, University of Calif. University of California Press. p. 540-580.
- STEEL, D., R.G.; TORRIE, J.H. 1960. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill. chap. 7, p. 99-131.

Some Aspects of the Biology of the Maize Stalk Borer *Busseola fusca* Fuller (Noctuidae:Lepidoptera) in Kenya¹

M.W. Macharia*, B.M. Khaemba**, K.V. Seshu Reddy***

ABSTRACT

The egg incubation period of *Busseola fusca* was 7.5 ± 0.5 days. Of the 188 eggs incubated from a single female, 71.8% hatched into viable larvae, 30.4% of which experienced diapause while the rest (69.6%) had normal development. Larval duration period of diapause larvae was longer (238.5 ± 13.1 days) compared to that of non-diapause larvae (40.9 ± 0.5 days). Pupal period was 19.5 ± 2.1 days and female and male longevities 5.8 ± 3.1 and 5.3 ± 2.2 days, respectively. Overall, diapause generations performed better than non-diapause ones, as they had a longer oviposition period (3.4 ± 1.1 as against 2.8 ± 2.2 days) and were more fecund (570.2 ± 173.9 as against 318.4 ± 278.0 eggs/female). The sex ratio was approximately 1:1 and observational evidence indicated that females entertained multiple matings.

Key words: *Busseola fusca*, maize pest, biology, and ecology.

INTRODUCTION

The maize stalk borer *B. fusca* Fuller is endemic in Africa (Mally 1920) and evidence abounds in the literature implicating the species as the most serious pest of maize (Bohlen 1973; de Pury 1968; Du Plessis and Lea 1943; Fuller 1990; Gebre-Amlak 1988; Harris 1962, 1964; Hill 1975; Ingram 1958; Jepson 1954; Kaufmann 1983; Schmutterer 1969; Smithers 1960; Swaine 1957; Usua 1968a; Van Rensburg 1980; Walker 1960a, Walker 1979). In Kenya, maize is the staple food crop and this pest is apparently responsible for considerable yield losses (Bullock 1958; Cocker 1956; Khaemba 1985; Le Pelley 1959; Seshu 1983; Unnithan 1987; Walker 1960b, 1967, n.d.; Wheatley and Crowe 1967).

RESUMEN

El período de incubación de los huevos de *Busseola fusca* fue de 7.5 ± 0.5 días. De los 188 huevos incubados por una sola hembra, el 71.8% ovipositó larvas vivas, de las cuales el 30.4% experimentó diapausa, mientras que el resto (69.6%) tuvo un desarrollo normal. La duración del período de las larvas con diapausa fue más larga (238.5 ± 13.1 días) en comparación a aquellas sin diapausa (40.9 ± 0.5 días). El período pupal fue de 19.5 ± 2.1 días, y la longevidad de machos y hembras, de 5.8 ± 3.1 y 5.3 ± 2.2 días, respectivamente. En el transcurso, las generaciones por diapausa se formaron mejor que aquellas sin diapausa; su período de oviposición fue más largo (3.4 ± 1.1 contra 2.8 ± 2.2 días) y con mayor fecundidad (570.2 ± 173.9 contra 318.4 ± 278.0 huevos por hembra). La distribución por sexo fue de 1:1 y se observó que las hembras mostraban múltiples coitos.

Despite its destructiveness on maize in Kenya, detailed information on the biology and life cycle of *B. fusca* in Kenya's high altitude areas (1000 m - 2400 m), where the bulk of the crop is grown, is not available. The present studies were undertaken to gain a better understanding of the pest as a prelude to designing appropriate control strategies to minimize losses it causes.

MATERIALS AND METHODS

Development of *B. fusca*

This study was conducted at the Plant Breeding Centre, Njoro, Kenya (2165 m; 0° 20' S - 35° 56' E). Cultures of *B. fusca* were initiated by collecting pupae from the field, which were kept in glass vials (5 mm x 25 mm) in the laboratory. Genital characteristics were used to sex male and female pupae. In the case of the female, the genitalia scar was situated on the 8th sternum, while in the male pupa it was on the 9th sternum. The male and female pupae were then retained separately until adult moth emergence. Moths were paired by sex and kept for oviposition.

In order to determine the duration of developmental stages, a batch of 188 eggs laid at the same time (0 h

¹ Received for publication on July 10, 1992

* Plant Breeding Research Centre, P.O. Njoro, Kenya.

** Moi-University, Department of Zoology, P.O. Box 3900, Eldoret, Kenya.

*** International Center of Insect Physiology and Ecology (ICIPE), P.O. Box 3077, Nairobi, Kenya

- 12 h) by the same female which were placed in plastic Petri dishes (15 mm x 5 mm) lined with moistened filter paper. The Petri dishes were then placed in a controlled environmental chamber (Conviro Model 123L) set at 23.5°C, 50% - 70% rh, with a photoperiod regime of 12 h light and 12 h darkness to simulate environmental conditions prevalent in Kenya's high-altitude areas. The eggs were observed daily until they hatched.

The newly hatched larvae were then introduced by the use of a camel hair brush into leaf whorls of terminal funnels of maize (variety H625) aged four weeks. The larvae were transferred to fresh stems within leaf whorls at three-day intervals. When the larvae started dispersing from leaf whorls to stems, they were each transferred to a portion of maize stem measuring 16 cm. The infested stems were then placed into perspex cages (40 cm x 25 cm x 25 cm) and held in the controlled environmental chamber.

As *B. fusca* larvae fed and increased in size, they were transferred to maturer portions of maize stems. Introduction of the larvae into the stems was accomplished by punching holes into them with a 10 cm nail before the larvae were placed into each hole. They were then allowed to tunnel through the stem until they attained maturity. Full maturity which was detected when the larvae started chewing small perforated "windows" (exit holes) in the outer stem tissue; this also marked the commencement of the pupation period prior to emergence as moths. Incubation period, durations of larval and pupal stages were determined.

Studies on the longevity, fecundity and sex ratio of *B. fusca* moths obtained from contrasting seasons

Comparative studies on longevity, fecundity and sex ratio of *B. fusca* were conducted after separately establishing laboratory colonies with larvae collected from the field during two seasons:

- The dry season (March) for recovery of diapausing larvae from the dry stalks of maize;
- the wet season (July) for recovery of non-diapausing larvae from fresh stalks of maize.

The pupae derived from larvae during these seasons were confined singly in plastic Petri dishes (15 mm x 85 mm) after sexing until adult emergence. After

eclosion, moths that emerged on the same day were paired by sex and kept in perspex cages (40 cm x 25 cm x 25 cm) for oviposition after mating.

No food was provided to adult moths in view of the findings of Kaufmann (1983) and Unnithan (1987) that it neither affected their survival nor fecundity. The moths were, however, provided with tap water contained on soaked cotton wool pads.

Maize seedlings (variety H625) aged four weeks were introduced into the rearing perspex cages on daily basis for oviposition. The eggs laid were collected every morning and counted prior to being incubated in Petri dishes lined with moistened filter paper. Adult longevity, pre-oviposition, oviposition, and post-oviposition periods and fecundity were determined. Data obtained were subjected to statistical analysis in order to ascertain if there were any significant differences between moths obtained during the two different seasons.

In order to establish the sex ratio for diapause and non-diapause generation, 106 sixth instar larvae were retained in rearing cages. The diapause larvae were retained within dry stems, while the non-diapause larvae were retained within fresh stems, both with a single larva in its own portion of stem. Emerging moths from each of the two treatments were then counted and sexed. In order to establish whether there were differences in survival and sex ratio between the moths derived from diapause and nondiapause larva, data obtained was analyzed using the Chi-square test.

RESULTS

Development of *B. fusca*

The developmental periods of various stages of *B. fusca* are summarized in Table 1. Of the total of 188 eggs incubated, 135 eggs (71.8%) hatched into viable larvae. The incubation period of the eggs lasted 7-9 days (mean 7.5 ± 0.5 days). Of a total of 135 larvae reared, 41 (30.4%) underwent diapause, while the other 94 larvae (69.6%) had normal development without experiencing an intervening diapause period.

The larval period of non-diapause larvae lasted 31-60 days (mean 40.9 ± 0.5 days). On the other hand, the duration of the larval period of diapause larvae was much longer, ranging from 221-256 days (mean 238.5

Table 1. Mean durations (\pm S.E.) in days of the developmental stages of the maize stalk borer *B. fusca*, Njoro, Kenya, 1990.

Developmental stages	Mean duration \pm S E	Range days	Number in sample (a)
Egg	7.5 \pm 0.5	7-9	188
Non-diapause larvae	40.9 \pm 0.5	31-60	94
Diapause larvae	238.5 \pm 13.1	221-256	41
Pupae	19.5 \pm 2.1	14-21	23
Adult			
Male	5.8 \pm 3.1	2-9	10
Female	5.3 \pm 2.2	3-8	10

\pm 13.1 days). The pupation period was 14-21 days (mean 19.5 \pm 2.1 days). The average longevities of males and females were 5.8 \pm 3.1 days and 5.3 \pm 2.2 days, respectively (Table 1).

Studies on the longevity, fecundity and sex ratio of *B. fusca* moths obtained from contrasting seasons

Data on the life history of *B. fusca* moths arising from larvae obtained during dry and wet seasons, indicating durations of pre-oviposition, oviposition and post-oviposition periods, longevity and fecundity, are given in Table 2. Table 2 shows that female moths from

both diapause and non-diapause generations had similar pre-oviposition periods lasting 1-2 days (mean 1.2 \pm 0.4 days). Diapause female moths had a longer oviposition period (3.4 \pm 0.4 days). Diapause female moths also had a longer oviposition period (3.4 \pm 1.1 days) (range 3-5 days) as compared to that of non-diapause female moths, which was 2.8 \pm 2.2 days (range 2-6 days). However, this difference was not significant ($P > 0.05$).

The post-oviposition period lasted on average 1.2 \pm 1.3 days (range 0-3 days) in diapause moths and 1.2 \pm 0.4 days (range 1-2 days) in non-diapause females (Table 2). The post-oviposition period also did not differ significantly ($P > 0.05$) between diapause and

Table 2. Pre-oviposition, oviposition, post-oviposition periods, longevity and fecundity of *B. fusca* collected in the wet and dry seasons, Njoro, Kenya, 1990.

Parameter of oviposition	Diapause female moths		Non-diapause female moths		F Value
	Mean (\pm S E)	Range	Mean (\pm S E)	Range	
Pre-oviposition period (days)	1.2 \pm 0.4	1-2	1.2 \pm 0.4	1-2	0.01 ns
Oviposition period (days)	3.4 \pm 1.1	3-5	2.8 \pm 2.2	2-6	0.3 ns
Post-oviposition period (days)	1.2 \pm 1.3	0-3	1.2 \pm 0.4	1-2	0.01 ns
Total longevity (days)	5.6 \pm 2.5	3-8	5.2 \pm 1.8	4-8	0.24 ns
Mean number of eggs/female	570.2 \pm 173.9	372-818	318.4 \pm 278.0	111-747	2.95 ns

ns = non significant ($P > 0.05$)

Table 3. Sex ratios of the maize stalk borer *B. fusca* collected in different seasons, Njoro, Kenya, 1990.

Sources of larvae	No. of larvae infested	No. of larvae that survived	Survival ratio	No. of emerged females males		Sex ratio
Diapause larvae	106	88	4.9	46	42	0.52:0.48
Non-diapause larvae	106	103	34.3	53	50	0.51:0.49
Chi-square (sex ratio)	= 0.012 ns	($P > 0.05$)				
Chi/square (survival ratio)	= 11.8922**	($P < 0.01$)				

non-diapause moths. The average longevity for diapause and non-diapause moths was 5.6 ± 2.5 days (range 3-8 days) and 5.2 ± 1.8 days (range 4-8 days), respectively. This parameter was also significant ($P > 0.05$) between the diapause and non-diapause generations.

The average fecundity (eggs/female) between diapause and non-diapause moths was not significantly different ($P > 0.05$) (Table 2). However, the fecundity of diapause moths was higher, ranging between 372 - 818 (mean 570.2 ± 173.9 eggs/female); non-diapause moths ranged between 111 - 747 (mean 318.4 ± 278 eggs/female).

Data on sex ratio of *B. fusca* samples from diapause and non-diapause generations is given in Table 3. The female to male sex ratio was almost identical (Chi-square = 0.013; $P > 0.05$), being 0.52:0.48 for non-diapause moths. Non-diapause larvae showed a higher survival ratio of 34.3 as compared to diapause larvae which had a ratio of 4.9 (Chi-square = 11.892, $P > 0.01$).

DISCUSSION

From the data obtained in the present study, the average developmental period of *B. fusca* from egg to adult for non-diapause larvae was shown to be shorter as compared to that of diapause larvae, for which the period was about four times as long. Additionally, 30.4% of the larvae from the same egg batch entered diapause. Similar findings have been reported (Unnithan 1987), except that a higher percentage (72.0%) of larvae entered diapause after they had fed on mature stalks. It is evident that this is a common trait in the ethology of *B. fusca* to ensure its survival.

Pre-oviposition period is of considerable importance in *B. fusca*, as its duration has implications for the distance the moth could disperse before egg oviposition starts. In this study, the pre-oviposition was identical and quite short in both generations, implying that its role in pest dispersal was minimal.

Fecundity studies showed that there were no significant differences in the mean number of eggs laid per female between diapause and non-diapause moths. This finding was contrary to earlier observations (Gebre-Amlak 1988; Smithers 1960; Unnithan 1987; Usua 1968b). In other studies, it was stated that female moths from non-diapause generations laid significantly more

eggs. The disparity in the observations was probably caused by the different environmental conditions under which the studies were conducted.

It was also observed that diapause larvae suffered higher mortality as compared to non-diapause larvae. This was in conformity with Usua's observations (1968b), which attributed the higher survival rate of non-diapause larvae to better nutrition, as they fed on more stalks of young plants.

It was also demonstrated here that the sex ratio between the females and males of the pest was almost identical for diapause and non-diapause generations. This was also the case in studies reported by Unnithan (1987). It was thus concluded that, in nature, the sex ratio approximated 1:1. Observational evidence gathered during these studies showed that males mated more than once as compared to females. It would appear that many of them could be deprived of the opportunity to copulate. This might have the advantage of increasing sexual competition to ensure a higher rate of successful and viable matings.

LITERATURE CITED

- BOHLENE 1973 Croppests of Tanzania and their control Berlin, Paul Parly 142 p
- BULLOCK, J A 1958 Barley fly, black wheat beetle and maize stalk borer: Appraisal and control Kenya Farmer.
- COCKER, I H 1956 An experiment on maize stalk borer control on maize. East African Agriculture and Forestry Journal 21:220-221
- DEPURY, J M S 1968 Croppests of East Africa Nairobi, Kenya, Oxford University Press 227 p
- DU PLESSIS, C ; LEA, H A P 1943. The maize stalk borer *Calamistis fusca* (Hmps) Dept Agric of A Afr Bulletin no 238 51 p
- FULLER, C 1900 Life history and description of larvae, pupa and adult of *Busseola fusca* Natal Agric Dept First Annual Report 45 p
- GEBRE-AMLAK, A 1988. Ecology and management of maize stalk borer *Busseola fusca* Fuller (Lepidoptera: Noctuidae) in Southern Ethiopia Ph D Dissertation Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences, Dept of Plant and Forest Protection
- HARRIS, K M 1962. Lepidopterous stem borers of cereals in Nigeria Bulletin of Entomological Research 53:139-171

- HARRIS, K M 1964 Annual variations of dry-season populations of larvae of dry-season populations of larvae of *Busseola fusca* Fuller in Northern Nigeria. *Bulletin of Entomological Research* 54:643-647
- HILL, D.S 1975 *Agricultural pests of the tropics and their control* Cambridge University Press 516 p
- INGRAM, W R 1958 The lepidopterous stalk borers associated with Graminae in Uganda. *Bulletin of Entomological Research* 49:367-383
- JEPSON, W F 1954 *A critical review of world literature on lepidopterous stem borers of tropical graminaceous crops* London CIE 127 p
- KAUFMANN, I 1983 Behavioural biology, feeding habits, and ecology of three species of maize stem borers: *Eldana saccharina* (Lepidoptera: Pyralidae), *Sesamia calamistis* and *Busseola fusca* (Noctuidae) in Ibadan, Nigeria, West Africa. *Journal of the Georgia Entomological Society* 18(2):259-272
- KHAEMBA, B.M 1985 *Maize stalk borer: A serious pest of maize* Kenya Farmer 45
- LE PELLEY R.H 1959 *Agricultural insects of East Africa* Nairobi, Kenya. East African High Commission 307 p
- MALLY, C W 1920. The maize stalk borer *Busseola fusca* Fuller. Department of Agriculture of South Africa Bulletin 3 111 p
- SCHMUTTERER, F 1969 *Pests of crops in North-East and Central Africa with special reference to Sudan* Stuttgart. Gustav Fischer 269 p
- SESHU R. K V 1983 Studies on the stem borer complex of sorghum in Kenya. *Insect Science and Applications* 4:3-10
- SMITHERS C N 1960 Some recent observations on *Busseola fusca* in Southern Rhodesia. *Bulletin of Entomological Research* 50:809-819
- SWAINE, G 1957 The maize and sorghum stalk borer *Busseola fusca* Fuller in peasant agriculture in Tanganyika territory. *Bulletin of Entomological Research* 48:711-722
- UNNITHAN, G.C 1987 Development and reproductive biology of the maize stalk borer *Busseola fusca* Fullé (Lepidoptera: Noctuidae). *Z angew Ent* 104:172-179
- USUA, E.J 1968a Effect of varying populations of *Busseola fusca* larvae on the growth and yield of maize. *Journal of Economic Entomology* 61:375-376
- USUA, E.J 1968b The biology and ecology of *Busseola fusca* and *Sesamia* species in South-Western Nigeria. I. Distribution and population studies. *Journal of Economic Entomology* 61:830-834
- USUA, E.J 1970a Some notes on maize stalk borers in Nigeria. *Journal Economic Entomology* 63:776-778
- USUA, E.J 1970b Diapause in the maize stalk borer. *Journal of Economic Entomology* 63:1605-1610
- VAN RENSBURG, J B J 1980 Selective oviposition by the maize stalk borer *Busseola fusca* Fuller. In *Congress of the Entomological Society of South Africa. Proceedings v 3, p 23-24*
- WALKER, P I. 1960a Insecticide studies on the maize stalk borer *Busseola fusca* in East Africa. *Bulletin of Entomological Research* 51:321-351
- WALKER, P I 1960b. The relationship between the infestation by the maize stalk borer *Busseola fusca*, and yield of maize in East Africa. *Annals of Applied Biology* 48:780-786
- WALKER, P. I. 1967 Survey of losses of cereals to pests in Kenya and Tanzania. In *FAO Symposium on Crop Losses. Proceedings v 2, p 79-88*
- WALKER, P I. n d The assessment of crop losses in cereals. *Insect Science and Applications* 4:97-104
- WALKER, M.C 1979. *Maize pests of sub-Saharan Africa. In Maize Technical Monograph* Basle, Switzerland, Ciba-Geigy p 66-71
- WHEATLEY, P.E.; CROWE, I J 1967. *Pest handbook: The recognition and control of the more important pests of agriculture in Kenya* Nairobi, Kenya. Government Printer 32 p

Improved Chemical Protection of Sorghum Seed and Seedlings from Insect Pests in Honduras¹

H.E. Portillo*, H.N. Pitre**, D.H. Meckenstock**, F. Gómez***

ABSTRACT

Insect pests are a major constraint to sorghum, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, production in southern Honduras. This study was conducted to compare the efficacy of insecticides for protecting sorghum seed and seedlings. The insecticide furathiocarb was tested as a seed treatment (Promet 400 CS®) and as soil treatment (Deltanet 10G®) at planting; terbuphos (Counter 10G®) and carbofuran (Furadan 10G®) were tested as soil treatments, and kerosene as a seed treatment. Damage to the seed was principally caused by wireworms and ants, whereas damage to seedling foliage was caused by the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). All insecticide treatments resulted in significantly better plant stands 20 d post-emergence than the untreated stands. The effectiveness of kerosene in protecting seed and seedlings was negligible. Furathiocarb seed treatment (50 g ai/kg seed) and granular terbuphos provided significant control of all three insect pests; granular carbofuran did not protect the seed from removal by ants. Furathiocarb was as good as or better than the other, more toxic insecticides. Commercial application of furathiocarb to seed is suggested to extend the benefits of this product to farmers who normally do not take precautions to protect sorghum seed and seedlings from insect attack.

Key words: *S. bicolor*, chemical protection, seed pests, wireworms, ants, fall armyworm, *S. frugiperda*.

RESUMEN

Los insectos-plaga limitan la producción del sorgo, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, en el sur de Honduras. En este estudio se compara la eficacia de los insecticidas en la protección de semillas y plántulas de sorgo. El insecticida furatiocarb fue evaluado como tratamiento para la semilla (Promet 400 CS®) y para el suelo (Deltanet 10G®) en el momento de la siembra; terbuphos (Counter 10G®) y carbofurán (Furadán 10G®) se evaluaron como tratamientos para el suelo, y el querosén para la semilla. El daño a la semilla lo provocó, principalmente, el gusano alambre y las hormigas, mientras que el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), causó daño al follaje de las plántulas. Todas las aplicaciones de insecticidas causaron una mejor población de plantas, 20 d posemergencia, en comparación con el testigo. La efectividad de querosén para proteger la semilla y la plántula fue insignificante. Furatiocarb como tratamiento para la semilla (50 g ia/kg de semilla) y terbuphos en una formulación granular lograron un control significativo de las tres plagas; carbofuran en formulación granular no protegió la semilla que fue removida por las hormigas. Furatiocarb funcionó mejor que los otros insecticidas más tóxicos. Por eso, se recomiendan aplicaciones comerciales de furatiocarb a la semilla para extender los beneficios de este producto a los agricultores, quienes, normalmente, no toman precauciones para proteger la semilla y la plántula del sorgo de los insectos.

INTRODUCTION

Sorghum, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, is the third most important basic grain produced in Honduras (Hond Secretaría de Planificación 1987). Between 1983-1988, 52% of sorghum produced in Honduras came from the southern area of the country; 95% of this came from local landraces called "maicillos" grown on small farms (Hond. Ministerio de Economía 1990). The area planted to sorghum showed a slight increase from approximately 52 800 ha in the 1970s to 54 000 ha in the 1980s. However, average yield per hectare dropped from 0.93 to 0.85 metric tons during this time, with an annual decreasing rate of 2.3% (García 1988; Hond. Ministerio de Economía 1990). This yield reduction is attributed to several factors, but the most common cited is the increasing pest population. Although acreage of high-yielding sorghum hybrids

¹ Received for publication on March 26, 1993

We thank Drs F Davis J Reed and H Chambers for their critical review of the manuscript. We also thank Ciba Geigy for providing the insecticide Promet that was used in this study. The research was supported in part by the government of Honduras, the United States Agency for International Development (USAID), through the P1480 Title I Program, and the International Support Program (INTSORMIL), USAID development grant DAN 1254-G-00-0021-00, with participation by Project *Manejo Integrado de Plagas* (USAID/HONDURAS, project No. 522-0362) *Escuela Agrícola Panamericana* (EAP), Tegucigalpa, Hond. The views and interpretations in this publication are those of the authors and should not be attributed to USAID, Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station.

* Department of Entomology, Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station, Mississippi State University, MS 39762, USA

** Department of Soil and Crop Science, Texas A&M University, College Station, TX 77843, USA

*** Department of Agronomy, Escuela Agrícola Panamericana, P.O. Box 93, Tegucigalpa, Hond.

has increased six-fold (from 2000 ha to 12 000 ha) in the past four years (Gómez, personal communication), maximum yield potential has not been achieved, in part due to the lack of good early season pest control.

Wireworms account for up to 10% sorghum seed loss in southern Honduras (Portillo 1991). A lepidopterous pest complex, consisting of four lepidopterous pests and locally called *langosta*, can cause sorghum seedling losses as high as 20% during the first three weeks of crop growth (Portillo 1991; Portillo *et al.* 1991).

To prevent damage to sorghum seed and seedlings by insect pests, some farmers in southern Honduras mix granular insecticides with their sorghum or maize, *Zea mays* L., seed at planting. Other, more resource-poor farmers commonly soak their seed in kerosene prior to planting to control insect pests. Some insecticides with low mammalian LD₅₀s pose high risks for dermal intoxication when planting by hand. Farmers lacking the proper equipment to apply these products often do not take measures to protect themselves. However, seed treatment with insecticides having higher LD₅₀s could be safer and more cost-effective for farmers, as well as less damaging to the ecosystem. These products, in addition to requiring higher lethal doses for mammals, also persist for shorter periods of time in the soil and are more insect species-specific in their range of action.

The objective of this study was to compare the efficacy of some frequently used granular insecticides with new granular and seed treatment insecticides on sorghum seed and seedling insect pests in Honduras.

MATERIALS AND METHODS

This study was conducted on-farm at two locations in southern Honduras in 1989. One site was near El Conchal, is located on the Pacific coastal plain (near sea level, 13° 31' N 87° 22' W) near the border with El Salvador in the Department of Valle. The other site was at the La Lujosa Agricultural Experiment Station of the Ministry of Natural Resources (13° 31' N 87° 43' W), located 15 km west of the city of Choluteca in the Department of Choluteca. These locations were selected to contrast low tillage conditions in El Conchal with conventional tillage at La Lujosa.

Plots at El Conchal were prepared for planting by using ox-pulled plows to break the soil and to make the

seed furrow. The planting date at El Conchal was May 29. Plots at La Lujosa were prepared with a tractor and the field was disked twice before laying up beds with a seed furrow. This field was planted June 9. A sorghum hybrid, "Catracho," with pedigree (AT x 623 * CS3541 sel.), was planted in pure stand. Agricultural practices were the same in both sites with exception to land preparation. Seeds were planted in hills in rows 0.8 m apart. Treatments were: furathiocarb (Promet @ 400 CS) at 25, 50, and 75 ml per kg of seed; furathiocarb (Deltanet @ 10G) at 0.5 g per hill; carbofuran (Furadan @ 10G) at 1 g per hill; terbuphos (Counter @) 10G at 0.5 g per hill; kerosene at 80 ml per kg of seed; and untreated seed.

Treatments were arranged in a randomized complete block design and replicated four times at each location. Furathiocarb was a new product introduced on the market at the time of the study, and both the liquid seed treatment and granular formulation were tested. Three seed treatments of furathiocarb were tested in order to determine the most effective and economic application rate for sorghum. Kerosene is commonly used as a low-cost seed protectant by some subsistence farmers in Honduras. Trabanino *et al.* (1987) reported significantly fewer sorghum seeds removed by ants when seeds were treated with kerosene than when the seeds were untreated. However, no advantages were found in protecting seedling plants. Thus, kerosene was included in this study as a treatment representing a traditional planting practice used by subsistence farmers.

Treatment plots were 6 m long (13 hills in a row) and four rows wide, for a total area of 19.2 m². Ten seeds were planted in each hill. Seed to be planted per hill were counted and placed in small plastic bags before planting to ensure that the exact number was planted. Furathiocarb was applied to the seed by mixing the liquid insecticide and the seed in 5 lb plastic bags. Kerosene was applied to the seeds in the bags using a dropper applicator immediately prior to planting. Granular insecticides were weighed to the appropriate dose per hill, placed in plastic bags apart from the seed until planting, deposited in respective treatment hills, and covered with soil. Seeds were planted over the insecticide treatment at a depth of 5 cm, then covered with soil.

Seeds or plants within treatment plots were sampled at five different stages of development after emergence. Four hills in the two center rows of each plot were selected at random and sampled on each date. The first sam-

ple (preemergence) was taken 5 d after planting. The other samples were taken postemergence and observations included number of plants per hill, plant height (measured from soil line to the tip of last leaf blade at El Conchal and to bottom of the whorl at La Lujosa) and number of leaves per plant (both with and without collar) at 20 d. Number of plants infested by *S. frugiperda* (J.E. Smith) was recorded at 5, 10, 15, and 20 d after emergence.

The data from each test location were analyzed separately. A two-way analysis of variance was performed on each variable and means were separated with Tukey's (HSD) test using Statistical Analysis Software (Sas Institute 1985; Steel and Torrie 1985). Percentage data were transformed using the arcsine of the square root transformation prior to analysis. Percentages of plants infested with *S. frugiperda* were analyzed using mean infestation for the four dates sampled.

RESULTS AND DISCUSSION

Most of the seed had emerged five days after planting at both locations. The percentage of seed which lacked vigor (pooled average at El Conchal = 8% and at La Lujosa = 3.4%) or damaged by fungi (pooled average at El Conchal = 0.62% and at La Lujosa = 0.5%) was

similar among treatments within each location. This indicates that the granular and seed treatments used in this study did not have harmful effects on seed germination. Seed treated with the two highest doses of furathiocarb (75 and 50 ml per kg of seed) had the highest percentage of germinated seeds at both locations; however, these two doses of furathiocarb were not significantly ($p=0.05$) better than any of the other treatments except granular furathiocarb, kerosene and untreated seed at El Conchal, and only kerosene and untreated seed at La Lujosa. Kerosene and untreated plots had the lowest number of seed germinated compared to other treatment plots at El Conchal; at La Lujosa, the kerosene treatment plots did not differ significantly in percentage of seed germinated when compared with carbofuran and granular furathiocarb treatment plots or untreated plots.

Partially destroyed embryos of ungerminated seed suggested that wireworms (Coleoptera) were responsible for this damage. Species of wireworms reported in sorghum and maize fields in southern Honduras include *Aeolus* sp., *Dipropus* sp., and *Conoderus* spp. in the family Elateridae and *Epiragus* sp. in the family Tenebrionidae (Portillo 1991; Trabanino *et al.* 1990). Untreated seed and seed treated with granular furathiocarb or kerosene had the highest percentage of damage by wireworms at El Conchal (low tillage field) (Table 1). Wireworm damage was minimal at La Lujosa (conven-

Table 1. Effect of chemical treatment on sorghum seed survival five days after planting in two locations in southern Honduras, 1989.

Material	Treatment Form (Dose) ¹	% Germinated Seed		% Non-Germinated Seed ³		% Non Germinated Seed ⁴		% Seed Damaged Wireworms ⁵		% Missing Seed ⁶	
		Loc 1 ²	Loc 2	Loc 1	Loc 2	Loc 1	Loc 2	Loc 1	Loc 2	Loc 1	Loc 2
Furathiocarb	400 CS (75 ml)	89 ± 13 a	93 ± 7 a ⁷	4 ± 8 a	2 ± 6 a	1 ± 3 a	1 ± 2 a	0 ± 0 a	0 ± 0 a	6 ± 8 ab	4 ± 6 a
Furathiocarb	400 CS (50 ml)	86 ± 15 a	89 ± 11 a	8 ± 9 a	4 ± 6 a	1 ± 3 a	0 ± 0 a	0 ± 0 a	1 ± 2 a	4 ± 7 a	7 ± 12 a
Furathiocarb	400 CS (25 ml)	70 ± 16 ab	91 ± 11 a	10 ± 11 a	6 ± 10 a	1 ± 3 a	1 ± 2 a	2 ± 5 a	1 ± 2 a	17 ± 12 bcd	2 ± 4 a
Furathiocarb	10 G (0.5 g)	56 ± 27 bc	81 ± 16 ab	9 ± 14 a	0 ± 0 a	0 ± 0 a	1 ± 2 a	16 ± 23 bc	1 ± 2 a	18 ± 22 abcd	18 ± 17 ab
Terbuphos	10 G (0.5 g)	74 ± 25 ab	88 ± 17 a	9 ± 10 a	5 ± 14 a	0 ± 0 a	0 ± 0 a	6 ± 18 ab	0 ± 0 a	11 ± 13 abc	7 ± 6 ab
Carbofuran	10 G (1 g)	68 ± 18 ab	77 ± 22 ab	6 ± 7 a	6 ± 15 a	1 ± 2 a	0 ± 0 a	5 ± 8 ab	3 ± 5 a	20 ± 13 cd	14 ± 19 ab
Kerosene	1 (80 ml)	28 ± 25 d	58 ± 25 bc	11 ± 14 a	2 ± 7 a	1 ± 2 a	1 ± 2 a	26 ± 21 c	15 ± 24 b	34 ± 20 d	24 ± 14 bc
Untreated	---	37 ± 26 cd	51 ± 34 c	7 ± 12 a	2 ± 7 a	0 ± 0 a	0 ± 0 a	22 ± 17 c	3 ± 5 a	33 ± 20 d	44 ± 35 c

1 Dose in ml of product per kilogram of seed or grams of product per hill

2 Loc. 1 = Location 1 = El Conchal, Loc. 2 = La Lujosa

3 Healthy but not germinated seed

4 Seed damaged by fungi

5 Wireworms (Coleoptera: Elateridae, Tenebrionidae)

6 Mainly removed by ants and millipedes

7 Means ± SD followed by the same letter in the same column within the same location are not significantly different ($p=0.05$) by Tukey's (HSD) mean separation test (12)

tional tillage field) Interestingly, seed treated with kerosene had significantly more damage than the other treatments, including the untreated (Table 1). We can not explain this observation. At low wireworm population, the damage by wireworms at this location was not significantly different in insecticide treatments compared to the untreated. The low incidence of wireworms in the La Lujosa field may be related to soil preparation before planting. This practice will destroy the damaging larval stages of the pest.

Seed that were not accounted for (missing seed) at preemergence sample were considered to have been removed from the plots by ants and millipedes. The tropical fire ant, *Solenopsis geminata* (F.) (Hymenoptera: Formicidae), is the most common ant species in southern Honduras (Trabanino *et al.* 1990). Although *S. geminata* is reported to be an important predator of some insect pests like *S. frugiperda* (Sequeira 1987), a great portion of its diet consists of seed (Schinkel 1988). These ants are well adapted to the dry, hot conditions of southern Honduras where agricultural systems with small seeds like sorghum are abundant (Braulick *et al.* 1998; Carroll and Risch 1984). Millipedes are also reported as a common pests of sorghum seed in southern Honduras, with densities up to 1.2 millipedes per m² of soil (14). Sequeira (1987) reported that millipedes tend to remove sorghum seed from the soil and eat them on the surface.

At El Conchal, plots with sorghum seed treated with 50 ml or 75 ml of furathiocarb per kilogram of seed had the lowest percentage of missing seeds (Table 1). These treatment plots had significantly fewer seeds missing than the carbofuran, kerosene and untreated plots (Table 1). Terbuphos treatment plots had significantly fewer seeds missing than the kerosene and untreated plots, but terbuphos did not protect the seeds better than the other treatments. Although carbofuran, granular furathiocarb and the lowest dose of furathiocarb seed treatments had a lower percentage of seed missing than kerosene and untreated seed at El Conchal, the differences were not significant. Except for kerosene, all treatment plots had significantly fewer seeds missing than the untreated plots at La Lujosa. Results indicated that kerosene seed treatment did not provide significant reduction in seed damage or removal by wireworms and ants. In general, there was a higher percentage of seed missing in treatment plots at El Conchal than at La Lujosa. Conventional tillage creates favorable conditions for ant colony spread (Risch and

Carroll unpub. data). However, interference with normal colony activities and planting soon after tillage may allow seed to germinate before ants recover from the disturbance, thus resulting in fewer missing seeds.

The highest number of seedling plants per hill was obtained when seed were treated with furathiocarb or when granular terbuphos was used at El Conchal (Table 2). Only plots with seed treated with the two highest doses of furathiocarb had significantly more plants per hill than granular furathiocarb, carbofuran, kerosene, and untreated plots 5 d after seedling emergence. Terbuphos plots had significantly more plants per hill at this time than kerosene and untreated plots. By day 20 after seedling emergence, only the furathiocarb-(highest rate) treated plots had significantly more seedling plants per hill than the kerosene and untreated plots. The kerosene plots had significantly more plants per hill than the untreated plots at day 20 after seedling emergence. The effects of the insecticides were different at La Lujosa 5 and 20 d after seedling emergence. Kerosene and untreated plots had significantly fewer plants per hill than all other treatment plots and no significant differences in plants per hill were observed among the insecticide treatments. At this location, kerosene plots were not better than untreated plots. These results indicate that the effectiveness of the insecticides can vary according to insect pest pressure or other conditions as observed in data from the two locations of this test.

Plant development, based on number of leaves per plant and plant height 20 days after emergence, appeared to be better when insecticides were used with the seed than when seed was untreated (Table 2). Although furathiocarb-treated seed and granular furathiocarb resulted in taller plants with more leaves in comparison with other treatments at planting at El Conchal, significant differences were not observed. All treatments used to protect the sorghum seed and seedlings allowed plants to produce an equal number of leaves per plant and reach the same height by day 20 at the La Lujosa location. Furathiocarb seed and granular treatment and terbuphos had significantly higher number of leaves per plant than the control at El Conchal, but only the highest dose of seed treated with furathiocarb had significantly more leaves per plant than the control at La Lujosa. All treatments but kerosene had significantly higher plant height than the control in both locations.

Columns followed by the same letter are not significantly ($p=0.05$) different according to Tukey's (HSD)

mean separation test (Steel and Torrie 1980).

The percentage of plants infested with *S. frugiperda* from days 5 to 20 after seedling emergence at El Conchal showed that, although all treatment plots had lower infestations than untreated plots, the treatments used to protect the seed and subsequently the seedlings generally were not significantly different from the untreated (Fig. 1). Infestations at La Lujosa were too low for statistical analysis.

CONCLUSIONS

The best protection for sorghum seed against wireworm damage was obtained with furathiocarb seed treatment at 50 and 75 ml insecticide per kg of seed and terbuphos and carbofuran granules applied with the seed at planting. These four treatments resulted in sig-

nificantly higher percentage of germinated seed than other test treatments. However, carbofuran did not provide similar protection from sorghum seed removal by ants. Furathiocarb-treated seed (50 and 75 ml/kg of seed) and terbuphos granules resulted in significantly fewer sorghum seeds removed by ants than other treatments.

Kerosene provided only limited protection to the seed, but this seed treatment may be an acceptable alternative under certain conditions for resource-poor farmers who can not afford to buy commercial insecticides. However, farmers should not be encouraged to use kerosene if they can afford to purchase commercial insecticides for protection of sorghum seed and seedlings. Although some levels of protection from insects were given to the sorghum seed by the insecticide treatments, only 70% of the planted seed in the best treatment became established as plants. This explains why

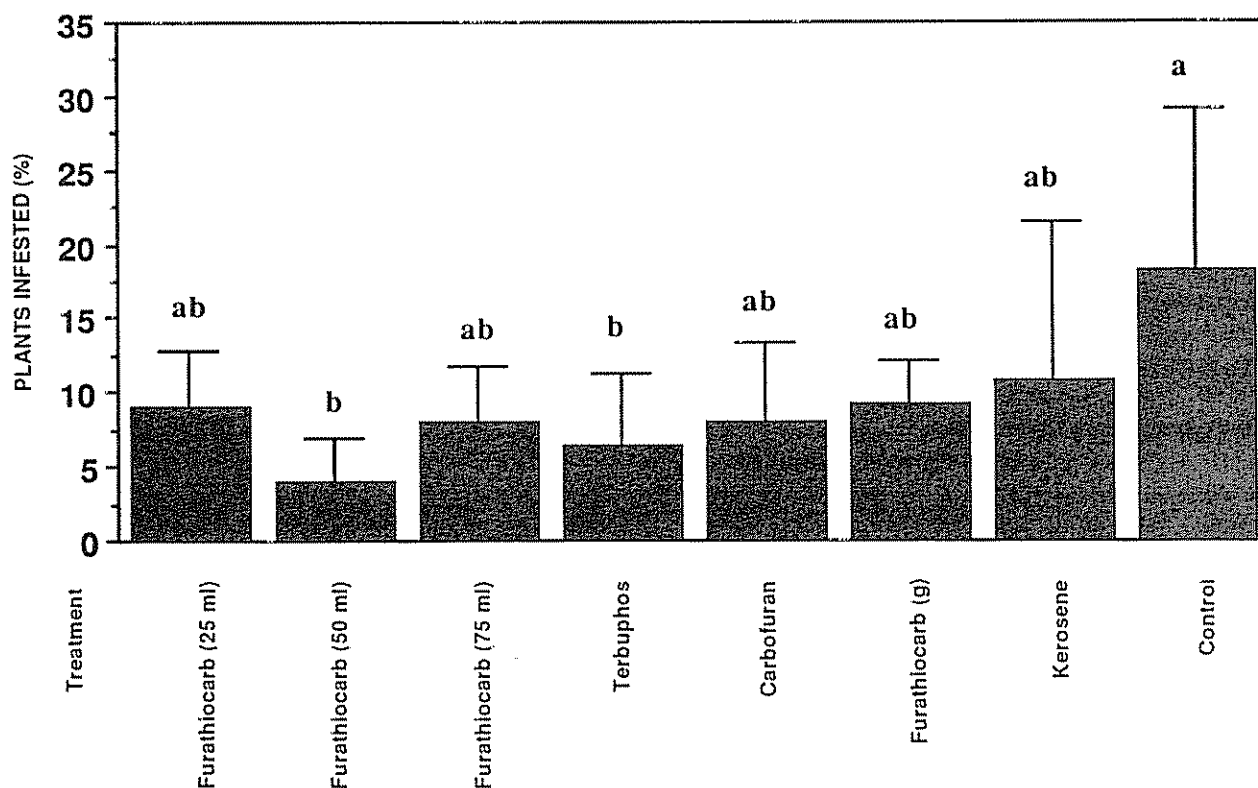


Fig. 1. Mean (\pm SD) percentage sorghum plants infested with *S. frugiperda* (pooled data 5, 10, 15 and 20 d post emergence) when treated with different seed and granular insecticides at El Conchal in southern Honduras, 1989.

most farmers in southern Honduras plant an average of 15 seed per hill (Dewalt and Dewalt 1982).

The insecticides applied at planting to protect the seed from insects may provide additional benefits in protecting seedlings from the *langosta*, the lepidopterous complex that attacks sorghum and corn crops in southern Honduras (Portillo *et al* 1991). This protection to the seedlings during early plant growth and development can be responsible for stand establishment and plant survival past the vulnerable and critical early plant growth stages.

The decision to use one of the test chemical insecticides over another should consider the effectiveness, safety and price of the product and its application. Terbufos (4.5-9.0 mg/kg oral and 1.1 mg/kg dermal LD₅₀) is more toxic than carbofuran (11 mg/kg oral LD₅₀) and furathiocarb (137 mg/kg oral LD₅₀). Considering the hand-planting methods used by resource-poor farmers, granular insecticides mixed with the seed present a high human safety risk. Carbofuran could be the choice of seed treatment by these farmers, given that it has a higher dermal LD₅₀ (10, 200 mg/kg) than furathiocarb (2000 mg/kg). However, furathiocarb applied as sorghum seed treatment provided a higher level of insect control and could be the choice of insecticides for use by farmers with financial resources and equipment suitable for safe application.

LITERATURE CITED

- BRAULICK, L. S.; COKENDOLPHER, J. C.; MORRISON, W. 1988. Effect of acute exposure to relative humidity and temperature on four species of fire ants (*Solenopsis*: Formicidae: Hymenoptera). *The Texas Journal of Science* 40:331-340.
- CARROLL, C. R.; RISCH, S. J. 1984. The dynamics of seed harvesting in early successional communities by a tropical ant, *Solenopsis geminata*. *Oecologia* 61:388-392.
- GARCIA, M.; NORION, R. D.; CAMBAR, M. P.; HOEFTEEN, R. V. 1988. Agricultural development policies in Honduras. Tegucigalpa, Hond. USDA, AID.
- DEWALT, B. R.; DEWALT, K. M. 1982. Farming systems research in southern Honduras. Department of Sociology, University of Kentucky. Technical Report no. 1. 83 p.
- HOND SECRETARIA DE PLANIFICACION. 1987. Basic grains harvest forecast for 1987-1988. Comayagua, Hond. 45 p.
- HOND MINISTERIO DE ECONOMIA DIRECCIÓN GENERAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS. 1990. Consolidación de validación: Granos básicos de primera y pos-trera. Tegucigalpa, Hond.
- PORTILLO, H. E. 1991. Insect pest ecology, population dynamics and partial crop life tables and loss assessments in intercropped sorghum and maize in southern Honduras. M.Sc. thesis. Department of Entomology, Mississippi State University. 114 pp.
- PORTILLO, H. E.; PITRE, H. N.; MECKENSTOCK, D. H.; ANDREWS, K. L. 1991. Langosta: A lepidopterous pest complex on sorghum and maize in Honduras. *Florida Entomologist* 74: 287-296.
- STATISTICAL ANALYSIS SOFTWARE INSTITUTE. 1985. Version 6.03. Cary, North Carolina. SAS Institute.
- SCHINKEL, W. R. T. 1988. Distribution of the fire ants *Solenopsis invicta* and *Solenopsis geminata* (Hymenoptera: Formicidae) in northern Florida in relation to habitat and disturbance. *Annals of the Entomological Society of America* 81:76-81.
- SEQUEIRA, R. A. 1987. Studies on pests and their natural enemies in Honduras maize and sorghum. M.Sc. thesis. Texas A&M University. 280 pp.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill. 633 p.
- TRABANINO, C.; PITRE, H.; ANDREWS, K. L.; MECKENSTOCK, D. 1987. Chemical protection of sorghum seeds and seedlings from insect pests in Honduras. *CEIBA (Hond)* 28:29-37.
- TRABANINO, C.; PITRE, H.; ANDREWS, K. L.; MECKENSTOCK, D. 1990. Soil-inhabiting phytophagous arthropod pests in intercropped sorghum and maize in southern Honduras. *Turrialba (C.R.)* 40: 172-183.

RESEÑA DE LIBROS

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. 1992. Advances in measurement of soil physical properties: Bringing theory into practice. G.C. Topp, W.D. Reynolds, R.E. Green (Eds.). Wisconsin, EE.UU. SSSA Special Publication no. 30. 304 p.

Soil physical properties have an impact on the whole of civilization. Food production and environmental quality, especially surface and ground water quality, are influenced by our ability to measure and manage soil physical properties to maximize the efficiency of plant production and to minimize soil loss and contamination of water. Recent advances in technology and in basic science have provided new understanding of soil physical properties and an improved ability to characterize the complex nature of the soil.

Advances in Measurement of Soil Physical Properties: Bringing Theory into Practice, SSSA Special Publication Number 30, has compiled an excellent treatment of the current state of knowledge and provides insight into the application of theory to problems influenced by soil physical properties. The understanding and prediction of movement and retention of water, air, chemicals, nutrients, energy, and soil solids themselves is dependent on our ability to measure soil physical properties. Advances in Measurement of Soil Physical Properties: Bringing Theory into Practice describes the recent advances toward improving this capability and will be a valuable resource for scientists and practitioners interested in the environment, soil science, and plant production.

In recent years, there have been numerous published reports on the advances in the theories behind the operation of well or borehole permeameters, and the disk and ring infiltrometers and permeameters. These

are the topics of seven of the chapters, and three of these include information on instrument developments by or with commercial companies.

A concerted effort to assess the applicability of this domain reflectometry to soil measurement began in the late 1970s. The progress in the last 15 years has been chronicled and given a critique in two separate chapters. A significant effort to develop a specific but flexible instrument for soils is documented.

The induction measurement of the bulk electrical conductivity of soil had been largely a geophysical technique, not widely used in agriculture, until instruments were developed for more detailed measurements in the root zone. Background principles of the method, a review of a variety of applications, and an in-depth analysis showing how the induction measurements can be used in assessing and interpreting soil salinity.

Soil matric potential is an important parameter, but the tools for its measurement have remained extremely limiting. The thermal conductivity matric-potential sensor originated from research in agriculture, but the technique has been more widely used in civil engineering research. The use and application for soil mechanics and for irrigation control are assessed in Advances in Measurement Properties: Bringing Theory into Practice.

The 14 chapters in the book focus on measurement of saturated and near-saturated soil hydraulic conductivity, and soil water content measurement by time-domain reflectometry, measurement of soil salinity, and measurement of matric potential.

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA
MADISON, WISCONSIN, USA

Suelos de las Comarcas Productoras de Vino de Málaga (Andalucía, España)¹

R. Delgado*, A. Iriarte**, E. Barahona**, J. Párraga*

ABSTRACT

The soils from the most important productive regions of the Malaga wine district (Axarquía, Antequera-Mollina and Costa Occidental) were studied. Statistical multiparametric techniques were used. The soils are eutric and vertic Cambisols, haplic Calcisols and eutric Regosols. They are developed on slopes from micaschists and calcareous sedimentary materials, under a Mediterranean climate. Textures are sandy loam, loam, and clay loam, with high proportions of coarse fragments; levels of the most important macronutrients are low; carbonate content is variable, 0 to 67%; pH values are neutral or slightly basic; available water capacities are low to moderate. The most abundant minerals are: phyllosilicates, quartz, and in some cases, carbonates, feldspars, iron oxides and hydroxides. An analysis of variance demonstrated that the soil properties of the several productive regions studied are different. The causes of these differences are essentially the geological substrata, in correspondence with pedological evolution. It was submitted to a mode R factor analysis. The soil variables may be grouped in four factors that account four 90% of the total variance: 1) genetic factors, 2) physico-chemical factors, and relationships between 3) mineral and 4) analytical properties.

RESUMEN

Se estudió el sustrato edáfico de tres principales comarcas productoras de vino de Málaga (Axarquía, Antequera-Mollina y costa occidental). Se aplicaron técnicas estadísticas multiparamétricas. Son suelos cambisoles vérticos, cambisoles eútricos, calcisoles háplicos y regosoles eútricos, bajo clima mediterráneo, ubicados en laderas y sobre sustratos geológicos de micasquistos y rocas sedimentarias carbonatadas. Son texturas francoarenosas, francas y francoarcillosas, esqueléticas; el nivel nutricional, en algunos de los principales macronutrientes, es relativamente bajo; el contenido de carbonatos es variable desde 0% hasta 67%; el pH, de neutro a ligeramente básico; y las reservas de agua son pequeñas o moderadas. Los principales componentes minerales son filosilicatos, cuarzo y, en algunos casos, carbonatos, feldespatos y óxidos e hidróxidos de hierro. Los suelos de las comarcas presentaron diferencias en sus propiedades, estadísticamente significativas, puestas de manifiesto mediante ANOVA, y relacionadas principalmente con el tipo de sustrato geológico, como corresponde a suelos de escaso a moderado desarrollo. El análisis factorial de modo R de las propiedades de los suelos, permitió definir el sistema edáfico con cuatro factores, que explicaron el 90% de la variancia total del sistema: factor genético, factor físico-químico, factores de relación entre el medio mineral (proporciones de especies minerales) y características analíticas.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de viñedo ocupa, en la provincia de Málaga (Andalucía, España), ligeramente más del 4% de la superficie cultivada; en épocas pasadas, antes de la invasión de la filoxera de la vid, llegó a ocupar hasta el 30 por ciento. De la producción total de uva, aproximadamente un 86.6% se destina a la fabricación de vino, preferentemente, y de pasas (Lasso de la Vega 1989).

El vino de Málaga (antiguamente de Moscatel) está acogido a la reglamentación de Denominación de Ori-

gen (España. Ministerio de Agricultura 1976). Es un producto de calidad y renombre, desde finales del siglo XV (Alejo 1966). Se fabrica con diversas variedades de vid, aunque las únicas permitidas por la reglamentación (España. Ministerio de Agricultura 1976) son Moscatel y Pedro Ximénez. Además de la variedad Moscatel, que se cultiva en el 81% del territorio, y de la Pedro Ximénez (7%), se cultivan también la Palomino Fino (3%) y otras que individualmente no alcanzan el 2% (Rodríguez 1983). Las variedades no aceptadas para la producción de vino se emplean como uva de mesa y pasa.

Los portainjertos empleados en el cultivo de la uva son Rupestrís de Lot, Conderec 161-49 y 3309, Castel 6736 y Millardet 41-B (Barceló 1949).

El objeto principal de este trabajo fue investigar las propiedades del sustrato edáfico de las principales comarcas productoras de vino de Málaga, como base para posteriores trabajos acerca de las relaciones suelo-vino y ampliar los conocimientos sobre este producto andaluz.

¹ Recibido para publicar el 23 de agosto de 1993.

* Departamento de Edafología y Química Agrícola. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada. Campus Universitario de Cartuja. 18070. Granada. España

** Departamento de Suelos. Estación Experimental de Zaidín, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) C/ J. M. Albareda S/N. Granada, España

Algunos autores (Gutiérrez *et al.* 1987; Heras 1976; Navarro *et al.*; Ocio *et al.* 1987a; Ocio *et al.* 1987b, Ocio *et al.* 1987c) han estudiado los suelos de diversas comarcas españolas productoras de vinos de renombre, pero no se había intentado en los suelos de los viñedos productores de Málaga.

Puede considerarse, también, como objetivo de esta investigación del susstrato edáfico, la aplicación de técnicas estadísticas multiparamétricas, entre las que destaca el análisis factorial de modo R (Davis 1973; Joreskog *et al.* 1976). Ese análisis factorial es útil para el estudio de las relaciones entre variables, pues permite reducir la dimensionalidad de las variables, al sustituir las experimentales por un número menor de variables artificiales, formadas por la combinación lineal de las primeras, que contienen la misma información (análisis de componentes principales). Para obtener una solución sencilla de la matriz de cargas ("loading") de las variables en los factores, se utiliza frecuentemente la rotación ortogonal Varimax de Kaiser. La interpretación de este tipo de análisis consiste esencialmente en el examen y la valoración de las cargas o coeficientes de influencia sobre los factores rotados.

El análisis factorial se ha empleado con éxito en estudios edafológicos por la covariancia entre muchas de

las propiedades del suelo y sus fines han sido muy diversos, entre los que se destacan los genéticos y los clasificatorios o de evaluación de estatus de propiedades (Barahona *et al.* 1982; Brown *et al.* 1990; Lamontagne y Camire 1987; MacNeal *et al.* 1985; Mellor 1987; Ovalles y Collins 1988; Trujillo *et al.* 1987).

Por último, es importante señalar que un avance parcial de este estudio, referido a suelos de la Axarquía, se presentó en el III Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo de España (Párraga *et al.* 1992).

Zona de estudio

Para un conocimiento exacto de las propiedades del medio edáfico es necesario proceder, en primer lugar, a la descripción del medio físico en el que se ubican los suelos.

Respecto a la localización geográfica, el estudio se centró en la provincia de Málaga, al sur de España, en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Se eligieron tres áreas de estudio representativas (Fig. 1) de las comarcas productoras de vino de Málaga más importantes: Axarquía (Montes de Málaga); llanos de Antequera-Mollina y costa occidental (Estepona-Manilva).

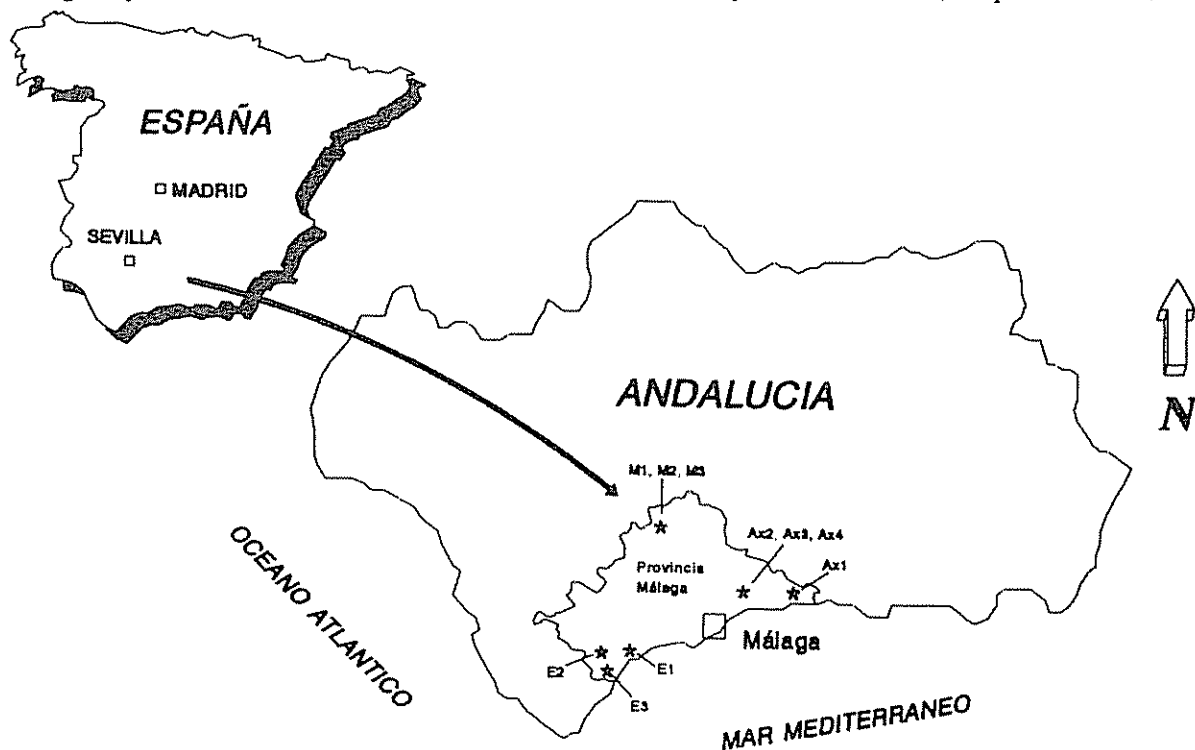


Fig. 1. Localización del área de estudio y de los puntos muestrales.

Desde el punto de vista geológico, la provincia de Málaga pertenece al dominio de la Cordillera Bética (IGME 1977). La litología de los materiales de la Axarquía es de esquistos micáceos grises y azulados con exudaciones lenticulares de cuarzo blanco. En el área de Antequera-Mollina, afloran dos complejos litológicos netamente diferenciados: inferior, de arcillas abigarradas de edad Triásica en facies Keuper, y superior, discordante, de calcarenitas de edad Tortoniense-Messiniense (Serrano 1979). Por último, los materiales de la costa occidental pertenecen al Complejo del Campo de Gibraltar, "flysch" margoareniscoso, con afloramiento de rocas carbonatadas jurásicas y cretácicas.

El relieve difiere también entre comarcas. La Axarquía tiene altitudes entre 400 m - 1000 m, pendientes entre 25% y 60% y presenta una morfología general en grandes lomas alargadas, características de esquistos. La altitud media de la zona de Antequera-Mollina está en 500 m y las pendientes no superan el 25% - 30%; se trata de un llano con colinas correspondientes a los afloramientos de areniscas. La costa occidental presenta cotas entre 0 m y 400 m, pendientes inferiores al 30% y su paisaje general es el de un gran plano complejo, atrazado, y disectado por cárcavas perpendiculares a la costa, que generan lomas también groseramente alargadas.

En las tres comarcas, la vegetación actual está impuesta por el hombre en cuanto a cultivos. En las pequeñas extensiones que aún permanecen vírgenes, los estadios en degradación de las series de vegetación se encuentran muy alejados del óptimo potencial: matorrales dispersos, tomillares, estepas y otros, debido a la deforestación abusiva.

La vegetación natural (Rivas 1987) del área de la Axarquía, está dominada por la serie basófila de *Quercus rotundifolia*; los encinares se encuentran muy degradados y escasos. La vegetación de la zona de Antequera-Mollina pertenece a la serie mesomediterránea, con *Pistacia lentiscus*. La de la zona costera occidental pertenece a la serie silicícola de *Quercus suber*, piso termome-diterráneo.

El clima de la provincia de Málaga es mediterráneo (Capel 1981) con variantes, dependiendo de la comarca en estudio (Cuadro 1). La Axarquía presenta dos máximos pluviométricos en el año, el principal es el de primavera; la temperatura media anual es relativamente baja y el verano, cálido. En el área de Antequera-Mollina se destacan los veranos muy cálidos con sequía acentuada; también presenta dos máximos pluviométricos en otoño-invierno y primavera (Barceló *et al.* 1985). La zona costera tiene precipitaciones relativamente abundantes con dos máximos, uno al final del otoño-invierno y otro, en primavera; los veranos son secos y los inviernos cálidos. El régimen de humedad de los suelos, según la *Soil Taxonomy* (USDA 1975) es, en todos los casos, xérico y el de temperatura mésico en la Axarquía y térmico en las comarcas de Antequera-Mollina y de la costa occidental (Cuadro 1)

MATERIALES Y MÉTODOS

Fueron recogidas cuatro muestras de suelo en la zona de la Axarquía (AX), tres en los llanos de Antequera-Mollina (M) y tres en la zona costera occidental (E). Cada muestra corresponde a la capa enraizable media de una parcela de muestreo de 1 ha, aproximadamente.

Cuadro 1. Caracteres climáticos de las comarcas de muestreo.

Comarca	P anual (mm)	Temperatura media	Clima atmosférico (°C)	Temperatura suelo verano (°C)	Temperatura suelo invierno (°C)	Temperatura media suelo (°C)	Régimen humedad suelo*	Régimen temperatura suelo*
Axarquía	813	13.2	Continental mediterráneo	19.5	8.9	14.2	Xérico	Mésico
Antequera-Mollina	505	17.0	Mediterráneo continental	24.8	11.2	18.1	Xérico	Térmico
Costa occidental	649	18.5	Mediterráneo subtropical	23.3	15.7	19.5	Xérico	Térmico

Fuente: USDA 1975

Como capa enraizable se consideran los 30 cm superiores, por el porte arbustivo de la vid o espesores más pequeños si el suelo tiene un contacto lítico más somero.

Las características generales de los suelos modales, en donde se tomó la muestra de capa enraizable, se detallan en el Cuadro 2. Los suelos corresponden a las

Cuadro 2. Características generales de los puntos de muestreo.

Muestra	AX1	AX2	AX3	AX4	M1
Tipo de suelo*	CMel	RGecm	CMel	CMel	CLh
Perfil	Ap, Bw, C	Ap, Bw, C	Ap, Bw, 2C	Ap, Bw, C	Ap, ACk, Ckm
Espesor <i>solum</i> (cm)	35	24	31	28	40
Ubicación**	VF 1376	VF 9175	VF 9175	VF 9176	VG 5412
Fisiografía	Ladera	Ladera	Ladera	Ladera	Cima de colina
Altitud (m)	610	360	360	360	520
Pendiente (%)	35	49	56	50	< 2
Orientación	W	SW	NW	SW	N-NW
Drenaje***	Clase 4-5	Clase 4-5	Clase 4-5	Clase 4-5	Clase 4
Cond humedad	Seco	Secos 15 cm sup	Secos 10 cm sup	Secos 15 cm sup	Secos 25 cm sup
Pedregosidad superficial****	Clase 4	Clase 4	Clase 4	Clase 4	Clase 4
Rocosidad superficial****	Clase 4	Clase 2	Clase 2	Clase 2-3	Clase 4
Roca	Esquistos	Esquistos y cuarcitas	Esquistos	Esquistos	Areniscas calcáreas

(Cont. Cuadro 2).

Muestra	M2	M3	E1	E2	E3
Tipo de suelo*	CLh	CMvel	CLh	CLhvr	CLh
Perfil	Ap, ACk, CAk, 2Ckm	Ap, Bwk, 2BC, 3C	Ap, ACk, 2Ck, 2C	Ap1, Ap2, Ck	Ap1, Ap2, 2Ck
Espesor <i>solum</i> (cm)	60	102	38	30	32
Ubicación**	VG 5412	VG 5413	VF 1237	VF 9827	VF 0132
Fisiografía	Ladera	Pie de monte	Ladera	Ladera	Ladera
Altitud (m)	510	500	50	120	80
Pendiente (%)	5	2	6	17	28
Orientación	N	S-SE	S-SW	W	W-NW
Drenaje***	Clase 4	Clase 3	Clase 4	Clase 3	Clase 3
Cond humedad	Secos 20 cm sup.	Secos 10 cm sup	Secos 40 cm sup	Secos 10 cm sup	Secos 10 cm sup
Pedregosidad superficial****	Clase 4	Clase 3-4	Clase 1	Clase 3	Clase 4
Rocosidad superficial****	Clase 4	Clase 1	Clase 0	Clase 0	Clase 0
Roca	Areniscas calcáreas	Margas y areniscas	Conglomerados	Margas	Margas

Fuente: * Clases FAO 1977

** Coordenadas UTM.

*** FAO-UNESCO 1990: Cabisol calci-vértico CMvel; Cambisol lepti-útrico CMel; Calcisol háplico CLh; Calcisol verti-háplico CLhvr; Regosol cambi-eútrico RGecm.

Nota: AX = Axarquía; M = Antequera-Mollina; E = Costa occidental

siguientes tipologías (FAO y UNESCO 1991): Cambisol lepti-eútrico (AX1, AX3 y AX4), Cambisol calci-vértico (M3), Calcisol háplico (M1, M2, E1, y E3), Calcisol verti-háplico (E2) y Regosol cambi-eútrico (AX2) (Lasso de la Vega 1989; Párraga *et al.* 1992).

Las descripciones simplificadas de las capas enraizables se realizaron siguiendo las normas de la FAO (1977). Los símbolos empleados en las descripciones se tomaron de Delgado *et al.* (1982).

Los análisis físicos, fisicoquímicos y químicos de la tierra fina (fracción < 2 mm) se realizaron esencialmente con los métodos oficiales del Ministerio de Agricultura de España (1982) y otros, cuya referencia bibliográfica se detalla a continuación: pH en agua y CIK (1:1); carbono orgánico por oxidación con dicromato; nitrógeno total por mineralización con ácido sulfúrico y destilación en Bouat Mikrokjeldakl; fósforo asimilable por el método de Olsen; hierro asimilable extraído en medio ácido y medio colorimétricamente; carbonato cálcico equivalente y caliza activa (extraída con oxalato amónico) con el calcímetro de Bernard; bases y capacidad de cambio de cationes (CEC) por percolaciones sucesivas de acetato amónico a pH 7 y

cloruro sódico (USDA 1972); conductividad del extracto de saturación (CE) (Richards 1954); retención de agua a 33 kPa y 1500 kPa, empleadas para el cálculo del agua útil, con la membrana de Richards; análisis granulométrico por el método de la pipeta de Robinson (USDA 1972); densidad aparente, empleada también para el cálculo de agua útil, calculada con las ecuaciones de correlación de Delgado (1980).

Los análisis mineralógicos se efectuaron por difracción de R-X (Difractómetro Phillips, Pw 1730) por la técnica del polvo en la fracción tierra fina (< 2 mm) y la de agregados orientados (secado de una suspensión en portanuestras de vidrio) en la fracción arcilla (< 2 µm). Se aplicaron sobre los agregados orientados tratamientos con etilenglicol, dimetilsulfóxido y térmico (Brindley y Brown 1980; González y Sánchez 1968). El estudio semicuantitativo fue realizado por el método de los poderes reflectantes (Delgado 1980).

Para la interpretación de los resultados se emplearon técnicas estadísticas multiparamétricas como: análisis de variancia, ensayo de diferencias de medias (t de Student), matriz de correlación, estudio de correlaciones y análisis factorial.

Cuadro 3. Descripción simplificada de las capas enraizables.

Muestra	Prof*	Color húmedo**	Color seco**	Textura	Estructura
AX1	30	3 5Y 2.5/2	3 5Y 4/2	fn, muG	bs/ba. me. de/mo-bs/gr. fi. de/mo
AX2	24	10YR 3 5/3	10YR 5/5	fn, muG	gr/bs. me. de-mi/gr. fi. de/mo
AX3	30	10YR 3/3	10YR 3 5/3	fn, muG	gr/bs. me. de-gr. me. de
AX4	28	10YR 3/4	10YR 5/4 5	fn, muG	gr/bs, me/fi. de-gr/mi. fi. de
M1	30	10YR 6/3	10YR 7/3	f	bs. gr/me. mde-gr. fi. de
M2	30	10YR 6/2	10YR 7/2	f	gr/bs, me. de-gr. fi. de
M3	30	8 7.5YR 4/2	8 7.5YR 5/5 2.5	fa	bs. me. de-gr.me. de
E1	30	5Y 5/3	5Y 5 5/3	fan	bs. me/gr de/mo-bs. fi. de/mo
E2	30	2 5Y 4/2	2 5Y 6/2	fa	bs. fi. mo/de
E3	30	2 5Y 4/2	2 5Y 4/2	fa	bs. fi/me. de/mo-bs.fi. mo

Muestra	Consistencia	Poros	RC***	Raíces	Límite
AX1	m/lad. m/pl, fb/fr. bl/ldn	7, fi	NC	7, fi	N, Od
AX2	l. ad. m/pl, fr. bl	7, fi/mfi	NC	7, fi	N, Pl/Od
AX3	lad. m/pl, fr, bl	7, fi	NC	7, fi/me	N, Pl/Od
AX4	m/lad. m/pl, m/fr. bl	7, fi/mfi	NC	5, fi/mfi	N, lr
M1	lad. l/pl, fr, bl	7, fi/mfi	FC	5, fi	N, Pl
M2	lad. l/pl, fr, bl	7, fi	FC	5, fi	N, Pl
M3	ad, pl, l/fr, du	3, fi	C	3, fi	Gr, Pl
E1	lad, lfi. ldn	7, me/fi	FC	3, me/fi	N, Pl
E2	lad, l/pl. lfi, lud	7, fi	FC	3, me/fi	N, pl
E3	ad/lad. l/pl, lfi/fr. ldu	5, me/fi	FC	3, me/fi	N, Pl

Nota: AX = Axarquía; M - Antequera-Mollina; E = Costa occidental.

* Profundidad de la base de la capa (cm)

** Código Munsell

*** Reacción calcárea

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio general

Las capas arables pertenecen a suelos con características morfológicas muy dispares (Cuadros 2 y 3). Algunos suelos están situados en laderas, muchas de ellas de fuertes pendientes; otros, en zonas montañosas, que los hacen susceptibles a la erosión. Son suelos, por lo tanto, de poco espesor y esqueléticos, correspondientes a tipología de escaso a moderado desarrollo edáfico. Sus colores dependen en gran medida del material original y su estructura es generalmente en bloques subangulares. Las texturas dominantes (Cuadros 3 y 4) son francoarenosas y francas, con altos contenidos de grava (AX1, AX3, AX4, M1 y M2), como corresponden a suelos de los caracteres morfogenéticos antes citados y desarrollados sobre materiales geológicos de importante compacidad (micasquistos, areniscas). Cuando el material de partida es de naturaleza margosa (M3, E2, E3.), aunque el suelo sigue siendo de escaso a moderado desarrollo, la textura es francoarcillosa no esquelética.

En relación con los caracteres analíticos (Cuadro 4) hay que destacar que el contenido de materia orgánica se aproximó al 1%, pues son suelos de cultivo donde los aportes de materia orgánica fresca son escasos y los procesos de mineralización están exaltados por las altas temperaturas, la aireación periódica, la xericidad y otros factores (Lelong *et al.* 1984). Las mismas causas podrían aducirse para la escasa cantidad de nitrógeno total. La razón C/N no es genéticamente indicativa, cuando se trata de suelos no vírgenes (Gaucher 1987; Kouonova 1982).

El fósforo asimilable presenta porcentajes de pequeños a medios (de acuerdo con el tipo de extractante) debido a factores como el pH de neutro a ligeramente básico, las texturas gruesas y la presencia de carbonatos o de óxidos e hidróxidos de hierro. En los casos donde hay mayor confluencia de estos factores adversos, se registraron niveles más bajos; como en los suelos de la Axarquía (Berger 1969; Russell y Russell 1968).

Cuadro 4. Caracteres analíticos de las capas enraizables.

	AX1	AX2	AX3	AX4	M1	M2	M3	E1	E2	E3
Arena *	60.2	56.1	68.8	56.5	44.1	45.1	21.5	50.7	34.4	39.9
Limo *	29.0	29.2	17.7	28.5	41.7	37.9	40.2	25.3	29.6	24.5
Arcilla *	10.8	14.7	13.5	15.0	14.2	17.0	38.3	24.0	36.0	35.6
Grava *	7.4	6.9	7.0	7.9	5.4	6.4	1.5	2.7	2.1	4.5
Retención H ₂ O 33 KPa *	14.7	13.8	12.9	13.3	17.1	18.0	20.9	17.5	21.9	25.4
Retención H ₂ O 1500 KPa *	6.7	7.5	7.8	7.2	9.0	6.4	12.7	10.0	13.5	14.8
Agua útil (mm/cm)	0.45	0.53	0.31	0.30	0.71	0.65	1.11	1.0	1.10	1.10
C O *	0.81	0.60	0.75	0.71	1.12	1.23	1.14	1.0	1.13	0.82
N *	0.059	0.060	0.070	0.060	0.094	0.094	0.093	0.130	0.093	0.078
C/N	14	10	11	12	12	13	12	8	12	10
P asimilable (mg/100 g)	2.9	5.9	8.7	2.2	7.0	7.4	8.9	7.7	8.7	8.9
pH H ₂ O	6.8	7.0	6.9	6.8	8.1	8.2	8.0	8.2	8.2	8.4
pH ClK	6.1	6.3	6.1	6.0	7.3	7.4	7.4	7.4	7.6	7.3
Ca ²⁺ **	4.1	7.6	5.4	7.6	sat	sat	sat	sat	sat	sat
Mg ²⁺ **	1.3	2.2	1.9	1.8	1.5	1.7	3.9	3.1	5.5	4.9
Na ⁺ **	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.2	0.3	0.4
K ⁺ **	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.8	0.7	0.7	0.9	1.1
S **	5.9	10.3	7.9	10.1	sat	sat	sat	sat	sat	sat
C E C **	7.0	10.6	8.1	10.9	8.7	10.9	20.1	14.1	24.2	21.5
Sat *	84.2	97.2	97.5	92.7	sat	sat	sat	sat	sat	sat
CO ₃ Ca equivalente	-	-	-	-	63.2	55.0	37.1	32.0	66.6	56.7
Caliza activa *	0.07	0.04	0.04	0.05	15.12	14.31	13.82	7.57	7.19	9.68
C E (mS/cm)	0.49	0.45	0.49	0.93	1.39	1.13	1.35	1.01	1.33	1.03
Fe asimilable *	0.13	0.04	0.16	0.18	0.55	0.32	0.05	0.35	0.26	0.12

Notas: AX = Axarquía; M = Antequera-Mollina; E = Costa occidental

* Cantidades en porcentajes

** cmol (+)/kg

Cuadro 5. Análisis mineralógico de la fracción arcilla de las capas enraizables.

	AX1	AX2	AX3	AX4	M1	M2	M3	E1	E2	E3
Ilita	65	38	46	40	91	82	67	2	28	10
Esmectita	5	16	7	7	6	8	15	95	63	85
Interstratificados	10	8	7	21	tr	5	12	tr	tr	tr
Caolinita	20	38	30	32	3	5	6	2	9	5
Clorita	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
Serpentina	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-

Notas: AX = Axarquía; M = Antequera-Mollina; E = Costa occidental.
Cantidades en porcentajes
tr = trazas.

Cuadro 6. Análisis mineralógico de la tierra fina de las capas enraizables.

	AX1	AX2	AX3	AX4	M1	M2	M3	E1	E2	E3
Luminares	65	76	78	79	35	46	64	65	51	43
Cuarzo	22	17	15	16	17	20	8	8	15	14
Calicita	-	-	-	-	46	29	27	17	31	43
Dolomita	-	-	-	-	2	5	1	7	-	-
Feldespatos Na	6	3	2	2	-	-	-	3	3	-
Feldespatos K	tr	1	1	1	tr	tr	tr	-	-	-
Goetita	5	2	4	2	-	-	-	-	-	-
Hematites	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorita	tr	-	tr	tr	-	-	-	-	-	-

Notas: AX = Axarquía; M = Antequera-Mollina; E = Costa occidental.
Cantidades en porcentajes
tr = trazas.

Los porcentajes de carbonato cálcico equivalente fueron muy variables dentro del conjunto y así los suelos de la Axarquía están decarbonatados y el resto presenta valores que oscilan entre 30% y 60%, aproximadamente. En el nivel del perfil del suelo se observan procesos de lavado-acumulación con encostramientos antiguos y formas actuales en los suelos de Antequera-Mollina (Párraga *et al.* 1985). Los contenidos de caliza activa no alcanzan el 1% en los suelos decarbonatados y en el resto son más altos, pero inferiores al 15 por ciento.

Los valores de la capacidad de cambio de cationes (CEC) son un reflejo de la textura de la tierra fina y de la mineralogía de la arcilla (Cuadro 5), con valores bajos en las capas franco-arenosas y medios, en las francoarcillosas. El complejo de cambio está dominado por el calcio al que siguen el magnesio, el potasio y el sodio. En los suelos carbonatados, el calcio satura completamente las posiciones de cambio y una parte, no conocida de las bases alcalinotérricas, corresponde a la disolución de los carbonatos por el acetato amónico a pH 7 (Chapman 1965). El magnesio de cambio presenta valores inferiores al calcio, siendo los suelos de la costa occi-

dental los que mayor valor medio tienen. El potasio de cambio, equivalente al potasio asimilable, no presenta valores muy altos a pesar del abonado, posiblemente debido, más que a las pérdidas por lixiviación, a la selectividad de los ilitas presentes en esos suelos (Cuadro 5) por este catión (Black 1975; Bohn *et al.* 1985); de ahí que las capas enraizables de los suelos de la Axarquía presenten los valores más bajos de potasio, comparados con las otras dos comarcas.

Los valores de agua utilizable por las plantas oscilan de moderados a bajos (0.30 mm/cm a 1.11 mm/cm). Son consecuencia de la textura del suelo, donde las mayores retenciones correspondieron a las granulometrías más finas. Las reservas de agua en el *solum* son, en la mayoría de los casos, pequeñas, pues salvo en M2 y M3, los suelos son muy someros (Cuadro 2).

La salinidad de los suelos resultó pequeña y alcanzó en algunos casos conductividades cercanas a 1.5 mS por centímetro.

Las principales fases minerales detectadas en la tierra fina de las capas enraizables (Cuadro 6) fueron la-

minares (las especies minerales se especifican en el estudio de la arcilla), cuarzo, carbonatos (calcita y dolomita), feldespatos (sódicos y potásicos), clorita y óxido, e hidróxido de hierro (hematites y goetita). Resaltan algunas diferencias entre las diferentes comarcas y, así, en los suelos de la Axarquía predominan los laminares, seguidos de cuarzo y escasa cantidad de feldespatos, goetita, hematites y trazas de clorita. En la tierra fina de los suelos de la costa occidental y de Antequera-Mollina, los laminares, aunque mayoritarios, se encontraron en menor proporción que en los suelos de la Axarquía, con abundante cantidad de calcita, menos de cuarzo, proporciones pequeñas de dolomita y ausencia de goetita, hematites y clorita.

Respecto a la fracción arcilla (Cuadro 5), está compuesta de illita, esmectita, caolinita, interestratificados

illita-esmectita (próximos a la mica) y clorita minoritaria. En los suelos de la Axarquía, se observó una mayor proporción de caolinita. La esmectita es el mineral mayoritario en los suelos de la costa occidental y la illita lo es en los de la Axarquía y Antequera-Mollina.

Comparación estadística entre comarcas productoras

Para comprobar rigurosamente las diferencias ya esbozadas en las propiedades de la capa enraizable de las tres comarcas de muestreo, se hizo un análisis de la variancia (ANOVA) apoyado por el ensayo de las diferencias de medias ("t" de Student). El Cuadro 7 presenta únicamente los resultados correspondientes a 27 variables, aquellas que resultaron significativas del total de las 37 que componen el estudio.

Cuadro 7. Resultados del análisis de variancia (ANOVA) y ensayos de diferencias de medias ("t" de Student).

VARIABLE	ANOVA VALOR F	SIGNIFICACION (F)	1-2	1-3	ENSAYO t 2-3
Limo *	11 786	xx	xx	-	x
Arena *	6 462	x	x	x	-
Grava *	6 660	x	-	x	-
C O *	15 654	xx	xx	x	-
N *	7 141	x	x	x	-
pH H ₂ O	195 835	xxx	xxx	xxx	-
pH ClK	135 655	xxx	xxx	xxx	-
C E (mS/cm)	12 913	xx	xx	x	-
CO ₂ Ca equivalente *	22 706	xx	xx	xx	-
Ca ²⁺ **	8246.033	xxx	xxx	xxx	-
Mg ²⁺ **	6.534	x	-	x	-
K ⁺ **	15 233	xx	x	xx	-
S **	5441 523	xxx	xxx	xxx	-
C E C **	5 045	x	-	x	-
Fe asimilable *	5.854	x	x	-	-
Retención H ₂ O 33 KPa *	9 639	x	x	xx	-
Retención H ₂ O 1500 KPa *	5 119	x	-	x	-
Laminares *	6.095	x	x	x	-
Feldespato K *	24 500	xx	x	xxx	x
Goetita *	13 144	xx	xx	xx	-
Clorita *	6.300	x	x	x	-
Calcita *	15 740	xx	xx	xx	-
Esmectita *	58.089	xxx	-	xxx	xxx
Interestract *	6 407	x	-	x	-
Illita *	21 149	xx	x	x	xx
Caolinita *	26 617	xxx	xx	xx	-
Caliza activa *	283 771	xxx	xxx	xxx	xxx

Notas: * Porcentajes
** cmol (+)/Kg.

Criterio de agrupación: -Comarcas: 1-Axarquía (AX), 2-Antequera-Mollina (M), 3-Costa occidental (E) Significación: X = 5 (X), xx = 1 (X), xxx = 1 (0/00)

El ANOVA corroboró la exposición y discusión de los resultados realizados del apartado anterior y, con ello, las diferencias existentes entre los suelos de las tres comarcas vinícolas.

Con niveles de significación en la F de Snedecor de un 5%, hubo desigualdades en los contenidos en grava, arena, nitrógeno total, capacidad de cambio de cationes, hierro asimilable, retenciones de agua, contenido en laminares, clorita e interestratificados. Diferencias mucho más significativas entre zonas (1% y 10/100) se apreciaron en las proporciones de CO, CaCO₃ equivalente, pH, caliza activa, bases de cambio y esmectita y caolinita en arcilla.

Los ensayos de diferencias de medias de la "t" de Student confirmaron de manera pormenorizada esas tendencias. Se pudo apreciar que las mayores diferencias se establecieron entre el grupo 1 (Axarquía) y los grupos 2 y 3 (Antequera-Mollina y costa occidental). Por el contrario, no existieron desigualdades significativas entre los grupos 2 y 3, excepto en los porcentajes en esmectitas, ilita, caliza activa, feldespato potásico y limo.

La causa principal de estas tendencias se debe, en primer lugar, a la distinta litología del material de partida de los suelos, que establece dos ámbitos marcadamente diferentes: uno correspondiente a las capas enraizables de los suelos del grupo 1 (Axarquía), procedentes de materiales de partida metamórficos ácidos (esencialmente micasquistos), y otro, constituido por las capas enraizables de los grupos 2 y 3 (Antequera-Mollina y costa occidental) sobre materiales sedimentarios carbonatados y, por lo tanto, más semejantes entre sí.

Como consecuencia, en el grupo 1 (Cuadro 4) los suelos carecen de carbonato cálcico libre, presentan muy poca caliza activa, textura francoarenosa y esqueletal y pH inferior a 7. Además, en las capas arables de la comarca 1, con relación al resto, el complejo de cambio está más empobrecido en las bases, la conductividad en el extracto de saturación es menor y hay menos cantidad de hierro asimilable. También el carbono orgánico y el nitrógeno total son exigüos por la ausencia del papel estabilizador, que ejerce el carbonato cálcico sobre el humus (Bottner 1971).

Otro factor que confirma lo expuesto anteriormente es la composición mineralógica de la tierra fina, puesto que se presentaron diferencias significativas en los contenidos de todas las fases minerales, entre los suelos de la Axarquía y los de las otras dos comarcas.

Así mismo, las diferencias entre las zonas podrían explicarse por cierta diversidad de los modelos de me-

dios edafocímicos relacionados más o menos con la evolución edáfica. Por esta causa, se originan también diferencias en la composición mineralógica (principalmente tipos de minerales de la arcilla) que afectan, en última instancia, la fertilidad de los suelos.

Las capas enraizables de la Axarquía, que provienen de suelos con mayor evolución edáfica, resultaron estadísticamente distintas a las otras, con proporciones superiores de goetita y de caolinita (Cuadros 5 y 6); a lo que contribuyó también el pH más ácido y la menor concentración de bases (Cuadro 4).

En la costa occidental, las capas enraizables son más ricas en esmectita y diferentes estadísticamente para esta variable. A pesar de ello, no se detectó con el ANOVA una respuesta paralela en otros parámetros del medio edafocímico, como podrían ser las bases de cambio. Si bien es un hecho conocido que las esmectitas caracterizan los medios edáficos con mayor actividad de bases que, por ejemplo, los de caolinita (Okumura 1990); sin embargo, se afirmó anteriormente que los valores medios de magnesio de cambio correspondientes a los suelos de la costa occidental son los mayores. Más adelante, mediante el análisis de correlaciones, se demostrará la funcionalidad que existe entre estas variables y los porcentajes de esmectita.

Por último, no se detectaron mediante el ANOVA diferencias entre las zonas en cuanto al contenido de fósforo asimilable, porcentaje de saturación de bases y contenidos en cuarzo y hematites. Para explicarlo, se puede aducir diversidad de causas, entre las que cabe citar el abonado, la xericidad del clima o que los materiales de partida de todos los suelos pertenecen a la Cordillera Bética.

Análisis de correlaciones

La matriz de correlación fue calculada inicialmente con 37 variables de la capa enraizable, con lo que se obtuvo una matriz de 1296 términos. Con base en ella, se realizó el Cuadro 8, donde se exponen las variables correlacionadas y los coeficientes de correlación, con significaciones del 1% o menores. Existe una alta funcionalidad entre las distintas variables. Un número importante de ellas, tales como, arcilla, arena, C.O., pH, CaCO₃, fases minerales (esmectita, caolinita, interestratificados, feldespatos) entre otros, están muy correlacionados con el resto, lo que afirma la idoneidad de los análisis efectuados para calificar el medio edáfico.

Algunas relaciones interesantes se destacaron y cuantificaron con el cálculo de las ecuaciones de corre-

Cuadro 8. Correlaciones significativas entre variables.

Variabes	Correlaciones significativas (< 1X).
4	1 (0.81)
8	3 (-0.85)
9	3 (-0.87); 4 (-0.83); 5 (0.82); 8 (0.98)
10	3 (-0.84); 5 (0.80); 8 (0.80); 9 (0.82)
11	2 (0.91); 3 (-0.91); 5 (0.82); 8 (0.93); 9 (0.94); 10 (0.89)
12	3 (-0.85); 5 (0.82); 6 (0.80); 8 (0.99); 9 (0.98); 10 (0.86); 11 (0.94)
13	1 (0.98)
14	1 (0.87); 13 (0.83)
15	1 (0.85); 3 (-0.88); 8 (0.90); 9 (0.85); 11 (0.88); 12 (0.87); 14 (0.79)
16	3 (-0.85); 5 (0.81); 6 (0.80); 8 (0.99); 9 (0.98); 10 (0.86); 11 (0.94); 15 (0.87)
17	1 (0.98); 13 (0.98); 14 (0.84)
18	7 (0.82)
20	1 (0.90); 3 (-0.85); 8 (0.83); 11 (0.81); 13 (0.82); 14 (0.80); 15 (0.96); 17 (0.85)
21	1 (0.93); 13 (0.93); 14 (0.80); 17 (0.90); 20 (0.86)
24	3 (0.79); 8 (-0.82); 9 (-0.80); 11 (-0.92); 12 (-0.84); 16 (-0.84)
25	23 (0.89)
27	4 (0.86); 8 (-0.82); 9 (-0.82); 15 (-0.80); 16 (-0.81); 20 (-0.85)
28	3 (0.85); 8 (-0.88); 9 (-0.88); 10 (-0.84); 11 (-0.83); 12 (-0.89); 15 (-0.80); 16 (-0.89); 18 (-0.82)
29	18 (-0.82)
30	8 (-0.82); 9 (-0.84); 12 (-0.79); 16 (-0.79); 28 (0.85)
31	3 (-0.85); 9 (0.86); 10 (0.84); 11 (0.95); 12 (0.90); 15 (0.86); 16 (0.90); 20 (0.80); 24 (-0.95); 28 (-0.79)
32	6 (0.84)
33	1 (0.84); 4 (-0.84); 13 (0.80); 21 (0.80); 27 (-0.82)
34	8 (-0.87); 9 (-0.89); 11 (-0.81); 12 (-0.85); 16 (-0.85); 27 (0.83); 30 (0.87)
35	33 (-0.82)
36	5 (-0.83); 8 (-0.90); 9 (-0.89); 11 (-0.86); 12 (-0.93); 16 (-0.92); 24 (0.84); 27 (0.85); 31 (-0.84); 34 (0.81)
37	5 (0.85); 8 (0.88); 9 (0.86); 10 (0.83); 11 (0.90); 12 (0.91); 16 (0.91); 24 (-0.92); 28 (-0.80); 31 (0.91); 36 (0.87)

Notas: Los números sin paréntesis, en ambas columnas, simbolizan las distintas variables; 1 -Arcilla (%); 2 -Limo (%); 3 -Arena (%); 4 -Grava (%); 5 -C O (%); 6 -N (%); 7 -P asim (%); 8 -pH H₂O; 9 -pH ClK; 10 -C E (mS/cm); 11 -CO₂Ca equivalente (%); 12 -Ca²⁺ (cmol (+)/kg); 13 -Mg²⁺ (cmol (+)/kg); 14 -Na⁺ (cmol(+)/kg); 15 -K⁺ (cmol(+)/kg); 16 -S (cmol(+)/kg); 16 -C E C (cmol(+)/kg); 18 -Sat (%); 19 Fe asimilable (%); 20 -Retención H₂O (33 KPa); 21 -Ret H₂O (1500 KPa); 22 -Agua útil (mm/cm); 23 -C/N; 24 -Laminares (%); 25 -Cuarzo (%); 26 -Feldespato Na (%); 27 -Feldespato K (%); 28 -Goetita (%); 29 -Hematites (%); 30 -Clorita (%); 31 -Calcita (%); 32 Dolomita (%); 33 -Esmectita (%); 34 -Interestratificados (%); 35 -Ilita (%); 36 -Caolinita (%); 37 -Caliza activa (%) Los números entre paréntesis son los coeficientes de correlación.

lación (Cuadro 9). Como se indicó el porcentaje de esmectita en la fracción arcilla y el magnesio de cambio están correlacionados positivamente. En otros términos, la formación de esmectita o la composición de la interlámina de este mineral hinchable se relacionan con la base alcalinotérrica. También Delgado *et al.* (1983) señalan la correspondencia del ión magnesio con la esmectita, a partir del estudio de equilibrios minerales en otras tipologías de suelos de Andalucía (mollisoles, inceptisoles y entisoles de Sierra Nevada).

Las proporciones de fracción de arcilla están altamente correlacionadas con las bases de cambio (Mg⁺⁺, Na⁺ y K⁺) y presentan una correlación positiva de coeficiente cercano a 1, con la capacidad de cambio de cationes, al ser la fracción menor de 2 micras la mayor responsable del complejo adsorbente de esos suelos, relativamente pobres en carbono orgánico (Cuadro 8).

Drake y Motto (1982) encontraron que el 59% de la variancia de la CEC de los suelos de New Jersey (EE.UU.) puede explicarse con las proporciones de arcilla y de C.O., además debe influir en esta propiedad, el tipo de mineral de la arcilla y la composición de la materia orgánica. A conclusiones similares llegaron Wright y Foss (1972) para suelos de Maryland (EE.UU.).

En el Cuadro 9 se evidencia la coherencia interna en las diferentes medidas realizadas en el perfil calcáreo (porcentaje de CaCO₃ equivalente y porcentaje de calcita medida en DRX) o propiedades relacionadas, como las proporciones de caliza activa. Por la alta correlación existente, cualquiera de ellas sirve para predecir las restantes. Por otra parte, la caliza activa presenta con el pH del suelo la relación esperada: ambas variables tienen tendencias paralelas y positivas. El resto de las correlaciones del Cuadro 9 responden a hechos ya explicados.

Cuadro 9. Ecuaciones de correlación.

Y	X	Ecuación	r	Términos (núm.)	Significación
Mg ²⁺ **	Esmectita *	Y = 1 8382 + 0 0307 x	0 73	10	5 %
Calcita *	CO ₃ Ca equivalente *	Y = 0 2359 + 0 6138 x	0 95	10	1 (°/∞)
CEC *	Arcilla *	Y = 1 4332 + 0 5558 x	0 97	10	1 (°/∞)
CO *	CO ₃ Ca equivalente *	Y = 0 7414 + 0 0061 x	0 80	10	1 %
Caolinita *	pH H ₂ O	Y = 154 4541 - 18 2055 x	-0 91	10	1 (°/∞)
Fe asimilable *	CO *	Y = -0 2723 + 0 5578 x	0 79	9	5 %
Fe asimilable *	N *	Y = -0 1374 + 4 5281 x	0 68	9	5 %
CO *	Caliza activa *	Y = 0 7296 + 0 0297 x	0 86	10	1 %
pH H ₂ O	Caliza activa *	Y = 7 0287 + 0 0931 x	0 87	10	1 %
Calcita *	Caliza activa *	Y = 1 8508 + 2 5702 x	0 89	10	1 (°/∞)
Caolinita *	Caliza activa *	Y = 27 6912 - 1 8694 x	-0 87	10	1 %

* Variables expresadas en porcentajes

** Variables expresadas en cmol (+)/kg

Análisis factorial

El análisis factorial (Cuadro 10) se realizó partiendo de la estructura de la matriz de correlación y constituyó una fase de interpretación más completa y sintética. Las 37 variables estudiadas pueden sustituirse por cuatro factores que explicarían el 90% (89.796%) de la variancia acumulada o total. La variación explicada por los factores Varimax cae desde 39%, en el primer factor, a 10% en el último.

Estos porcentajes aislada y acumulativamente se consideraron un resultado óptimo de acuerdo con la bibliografía consultada sobre la aplicación del análisis factorial al medio edáfico. En un estudio genético de los suelos de la alta montaña mediterránea, Barahona *et al.* (1982) realizaron un análisis factorial de modo R y explicaron con diez factores un 81% de la variancia del sistema. En este mismo tipo de análisis, McNeal *et al.* (1985), sobre suelos de las grandes llanuras (EE.UU.) y con el objetivo de investigar los elementos químicos extractables, obtienen cuatro factores en los horizontes A (74% de variancia) y siete factores en las capas C (77.2%). Al estudiar suelos del noroeste de Florida, Ovalles y Collins (1988) explicaron con cinco factores del análisis de componentes principales más del 73% de la variancia. Por último, Brown *et al.* (1990), en un análisis similar al anterior sobre suelos orgánicos del sur de Canadá, justificaron con tres factores el 62.9% de la variancia. En conclusión, el soporte edáfico de las viñas productoras de vino de Málaga puede describirse con cuatro factores en forma completa.

El factor 1 recoge un total de 18 variables de diversa índole física, fisicoquímica, química y de composición

(incluyendo las fases minerales), para explicar una gran proporción de variancia del sistema (39.242%). Algunas de las relaciones parciales entre variables puestas en evidencia, ya se discutieron. Se interpretó como un factor genético, por ser los procesos de formación del suelo, en última instancia, los que permiten establecer un nexo entre las diversas variables y el signo de sus cargas. El incremento de carbonato en el medio (variables porcentaje de CaCO₃ equivalente, porcentaje de calcita, porcentaje de dolomita) supone una acumulación de carbono orgánico y nitrógeno total, interpretable como una acentuación paralela de los procesos de calcificación y humificación para producir formas de tipo mull carbonatado (Bottner 1971). Paralelamente, el complejo de cambio de cationes (variables Ca²⁺ de cambio, suma de bases) y la solución del suelo (variable pH en H₂O, pH en CIK y conductividad), se basifican. Por otra parte, en ese medio más carbonatado y básico está desfavorecida (carga negativa) la caolinita, que requiere para su formación soluciones relativamente más ácidas y pobres en bases; tal como puede ser entendido a través del estudio de diagramas de equilibrios de fases aplicables al medio edáfico (Okumura 1990).

El segundo factor explica casi el 30% de la variancia (27.778%) y se consideró como un factor fisicoquímico, porque hace referencia al complejo de cambio y específicamente a la capacidad de cambio de cationes. Todas las variables implicadas se relacionan con ella, más o menos, directamente. Así, cuando la capacidad de cambio creció, el porcentaje de arcilla también aumentó y, además, se presentó más rica en esmectita (mineral de la arcilla de mayor capacidad de cambio de cationes de todos los encontrados en estos suelos). Paralelamente, se incrementaron los cationes de cambio no

Cuadro 10. Análisis factorial de modo R.

Variable	Cargas			
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
C O *	0.943			
Caliza activa *	0.939			
Caolinita *	-0.899			
Laminares *	-0.876			
Ca ²⁺ **	0.864			
S **	0.863			
C ₂ O ₃ Ca equivalente *	0.860			
Fe asimilable *	0.855			
C E (mS/cm)	0.849			
pH CIK	0.831			
Calcita *	0.820			
pH H ₂ O	0.804			
Liño *	0.731			
Interestratificados	-0.707			
Arena *	-0.704			
Goetita *	-0.690			
Mg ²⁺ **		0.948		
Arcilla **		0.936		
C E C **		0.931		
Retención H ₂ O (1500 KPa) *		0.923		
Na+ **		0.911		
Retención H ₂ O (33 KPa) *		0.830		
K+ **		0.734		
Esmectita *		0.725		
Ilita *		-0.659		
Feldespato K *		-0.637		
Grava *		-0.603		
P asimilable (mg/100 g)		0.463		
Cuarzo *			0.862	
C/N			0.831	
N *			-0.714	
Dolomita *			-0.667	
Agua útil (mm/cm)				0.927
Feldespato Na *				0.809
Hematites *				0.804
Saturación				-0.677
Variancia explicada	39.249	27.778	12.841	9.935
Variancia explicada acumulada	39.242	67.020	79.861	89.796

Notas:

* Variables expresadas en porcentajes

** Variables expresadas en cmol (+)/kg

ligados específicamente al complejo carbonatado (Na⁺ y K⁺) y el Mg⁺⁺, que —como ya se demostró— se relaciona con la esmectita. Secuencialmente, y como era de esperar, se incrementó la retención de agua y hubo menos grava.

Los factores 3 y 4 son de más difícil interpretación, pues recogen un número pequeño de variables y explican aproximadamente sólo el 10% de variancia, cada uno. Ambos hechos refuerzan la evidencia que por diversas vías se ha presentado en este estudio: acerca de las estrechas relaciones entre el medio mineral, entendido como proporciones de los distintos minerales, y las

propiedades del suelo medidas rutinariamente para su calificación, como la saturación de bases de cambio, la retención de agua utilizable por las plantas, el nitrógeno total y otras.

CONCLUSIONES

Del estudio del sustrato edáfico de los cultivos de vid utilizados en la fabricación del vino de Málaga (denominación de origen), en las principales comarcas productoras (Axarquía, llanos de Antequera-Mollina y costa occidental), se puede concluir lo siguiente:

- Respecto al medio físico, los suelos están desarrollados en laderas, a veces de paisajes montañosos, bajo clima mediterráneo y sobre sustratos geológicos de micasquistos (materiales metamórficos ácidos) y sedimentos carbonatados.
- Los suelos, de los tipos Cambisol, Calcisol y Regosol, presentan una evolución edafogenética de pequeña a moderada. La calificación analítica y mineralógica de las capas enraizables permite afirmar que son medios de texturas francoarenosas, francas y francoarcillosas, esqueléticas; con niveles de carbono, nitrógeno y algunos de los principales macronutrientes, relativamente bajos; reservas de agua de escasas a moderadas; pH desde el campo neutro al ligeramente básico y contenidos de carbonatos muy variables, existiendo suelos decarbonatados y otros fuertemente calcáreos. Las principales fases minerales presentes son filosilicatos (ilita, esmectita, caolinita, interstratificados y clorita) cuarzo y, en algunos casos, carbonatos, feldespatos y óxidos e hidróxidos de hierro.
- Existen importantes diferencias entre el sustrato edáfico de algunas de las comarcas productoras de vino de Málaga, que se manifestaron con ANOVA, además de diferencias entre las medias de la "t" de Student. Como suelos de escaso a moderado desarrollo, estas diferencias se relacionan principalmente con el tipo de sustrato geológico (ácido o carbonatado), aunque también influyen la diversidad de modelos de medios edafocímicos y la evolución edafogenética, inclusive.
- El análisis factorial de modo R, con rotación Varimax, explica el 90% de la variancia del sistema. Por tanto permite definir los sustratos edáficos estudiados con los factores establecidos: factor genético, factor fisicoquímico y factores de relación entre el medio mineral (proporciones de especies minerales) y las características analíticas empleadas para calificar los suelos.

LITERATURA CITADA

- ALEJO, M. 1966. Vinos y viñas de España. Madrid, Mundi-Prensa p. 109-126
- BARAHONA, E.; DELGADO, R.; LINARES, J. 1982. Estudio de las características del sistema edáfico de Sierra Nevada mediante análisis factorial. *Anales de Edafología y Agrobiología (España)* 41(3-4):427-446.
- BARCELO, E. 1949. Proyectos de repoblación de viñedos: Pasificación y vinificación. Tesis doctoral. Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. 218 p.
- BARCELO, G.; PARRAGA, J.; RUIZ, C.; DELGADO, R. 1985. Efectos de la deforestación sobre los suelos de la Comarca de Antequera (Málaga). I. Caracteres generales del área y morfología de los perfiles. *Anales de Edafología y Agrobiología (España)* 44(56):681-698.
- BERGER, J. 1969. *Introductory soils*. London, Mc Millan. 371 p.
- BOHN, H.; Mc NEAL, B.; O'CONNOR, G. 1985. *Soil chemistry*. Chichester, Wiley-Interscience. 329 p.
- BOTTNER, P. 1971. La pédogenese sur roches mères calcaires dans une séquence bioclimatique méditerranéo-alpine du Sud de la France. Tesis doctoral. Montpellier, Francia, Universidad de Montpellier. 278 p.
- BRINDLEY, G. W.; BROWN, G. 1980. *Crystal structures of minerals and their X-ray identifications*. London, Mineralogical Society Monograph no. 5. 495 p.
- BROWN, D. A.; MATHUR, S. P.; BROWN, A.; KUSHNER, D. 1990. Relationships between some properties of organic soils from the southern Canadian shield. *Canadian Journal of Soil Science* 9:363-377.
- CAPEL M., J. 1981. Los climas de España. Barcelona, Oikos-Tau. 429 p.
- CHAPMAN, H. D. 1965. Cation exchange capacity. In *Methods of soil analysis*. C. A. Black *et al* (Eds.) *Agronomy (EE UU)* 9:891-901.
- DAVIS, J. C. 1973. *Statistics and data analysis in geology*. New York, John Wiley. 550 p.
- DELGADO, R. 1980. Edafología y geoquímica de las alteraciones superficiales en la cuenca alta del río Dilar. Tesis doctoral. Sierra Nevada, España, Universidad de Granada. 668 p.
- DELGADO, R.; BARAHONA, E.; HUERTAS, F.; LINARES, J. 1992. Los mollisoles de la cuenca alta del río Dilar. *Anales de Edafología y Agrobiología (España)* 41:59-82.
- DELGADO, R.; BARAHONA, E.; HUERTAS, F.; LINARES, J. 1993. Alteraciones superficiales en Sierra Nevada, España: Geoquímica de las soluciones naturales. *Estudios Geológicos* 39:319-328.
- DRAKE, E.; MOTTO, H. 1982. An analysis of the effect of clay and organic matter content on the cation exchange capacity of New Jersey soils. *Soil Science (USA)* 133(5):281-288.
- DUCHAUFOR, Ph. 1984. Edafología I. Edafogénesis y clasificación. Barcelona, Masson. 493 p.
- ESPAÑA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1976. Orden Ministerial de 16-11-1976 por la que se regula el Reglamento de la Denominación de Origen Málaga y de su Consejo Regulador. Madrid. Boletín Oficial del Estado Español.
- ESPAÑA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1982. Métodos oficiales de análisis de suelos y aguas. Madrid. 182 p.
- FAO (ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA) 1977. *Gúfas para la descripción de perfiles de suelos*. Roma, FAO. 60 p.

- FAO (ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA); UNESCO (ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACION LA CIENCIA Y LA CULTURA) 1991 Mapa mundial de suelos. Leyenda revisada. Versión española. Roma 142 p.
- GAUCHER, G. 1981. *Traité de pédologie agricole. II. Les facteurs de la pédogenèse*. París. Lelotte 730 p.
- GLACK, C.A. 1975. *Relaciones suelo-planta*. Buenos Aires, Arg. Hemisferio Sur 866 p.
- GONZALEZ G. S.; SANCHEZ, C.M. 1968. Differentiation of kaolinite from chlorite by treatment with dimethylsulfoxide. *Clay Minerals (U.K.)* 7:446-451.
- GUTIERREZ, F.; TRUJILLO, M.; FIGUERUELO, M.; CURBELO, C. 1987. Viñedos canarios: Zona de Acentejo. II. Características físicas del suelo. *Anales de Edafología y Agrobiología (España)* 46(78):964-1004.
- HERAS, I. 1976. La fertilidad de los suelos de la provincia de Logroño, dedicados a viñedo en las zonas Rioja alta y baja acogidos a la denominación de origen. Zaragoza, INIA. 52 p.
- IGME (INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA) 1977. Mapa tectónico y memoria explicativa del mismo, de la Península Ibérica y Baleares. Madrid, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria. (Esc. 1:1 000 000).
- JOESKOG, K.; KLOVAN, J.; REYMENT. 1976. *Geological factor analysis*. New York Elsevier. 178 p.
- KNONOVA M.M. 1982. *Materia orgánica del suelo*. Barcelona, Oikos-Tau 365 p.
- LAMONTAGNE, L.; CAMIRE, C. 1987. Soil analysis and numerical classification of the Lonaraie delta, Quebec. *Canadian Journal of Soil Science* 67:417-432.
- LASSO DE LA VEGA, B. 1989. *Influencia edáfica en vinos con denominación de origen "Málaga"*. Tesis de Licenciatura. España, Universidad de Málaga 821 p.
- LELONG, R.; ROOSE, E.; AUBERT, G.; FRANK, R.; PEDRO, G. 1984. *Geodynamique actuelle de différents sols à végétation naturelle ou cultivés d'Afrique de l'Ouest*. *Catena (Alemania)* 11:343-376.
- McNEAL, J.M.; SEVERSON, R.; GOUGH, L. 1985. The occurrence of extractable elements in soils from the northern Great Plains. *Soil Science Society of America Journal (EE UU)* 49:873-881.
- MELLOR, A. 1987. A pedogenic investigation of some soil chronosequences on neoglacial moraine ridges, southern Norway: Examination of soil chemical data using principal components analysis. *Catena (Alemania)* 14:369-381.
- NAVARRO, G.; MENDEZ, C.; ZUÑEL, C.; NAVARRO, S. 1987. Vites vinífera en el Campo de Cartagena. I. Aspectos edafoclimáticos y del desarrollo de fruto. *Anales de Edafología y Agrobiología (España)* 46(1-2):201-209.
- OCIO, A.; GUERRA, A.; JIMENEZ, R.; BATLLE, J. 1987a. Suelos de la Rioja Alavesa. I. Entisoles y Aridisoles. *Anales de Edafología y Agrobiología (España)* 46(7-8):813-833.
- OCIO, A.; GUERRA, A.; JIMENEZ, R.; BATLLE, J. 1987b. Suelos de La Rioja Alavesa. II. Inceptisoles. *Anales de Edafología y Agrobiología (España)* 46(7-8):835-852.
- OCIO, A.; GUERRA, A.; JIMENEZ, R.; BATLLE, J. 1987c. Suelos de La Rioja Alavesa. III. Mollisoles, alfisoles y síntesis final. *Anales de Edafología y Agrobiología (España)* 46(9-10):1059-1075.
- OKUMURA, S. 1990. Geochemistry of plagioclase weathering in the Nabari gabbroic body, southwest Japan, and a kinetic model of neof ormation mechanism in an open system. *In International Clay Conference (9., 1989, Strasbourg) Proceedings*. V. Farmer, Y. Tardy (Eds). *Sciences Geologiques Mémoires (Francia)* 85:129-38.
- OVALLES, F.A.; COLLINS, M.E. 1988. Variability of northwest Florida soils by principal component analysis. *Soil Science Society of America Journal (EE UU)* 52:1430-1435.
- PARRAGA, J.; BARCELÓ, G.; DELGADO, R. 1985. Efectos de la deforestación sobre los suelos de la comarca de Antequera (Málaga) II. Propiedades y clasificación de los perfiles. *Anales de Edafología y Agrobiología (España)* 44(5-6):699-715.
- PARRAGA, J.; BARCELÓ, G.; SORIANO, M.; SANCHEZ, M. 1992. Los suelos de la comarca vinícola de la Axarquía (Málaga). *In Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo (3., Pamplona, España)* p 381-386.
- RICHARDS, L.A. 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. U.S. Salinity Laboratory. USDA Handbook no. 60.
- RIVAS M., S. 1987. *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. Ministerio de Agricultura. Monografías ICONA 268 p.
- RODRIGUEZ, J. 1983. *Análisis metodológico de técnicas de marketing en la comercialización de los vinos de Málaga*. Tesis doctoral. España, Universidad de Málaga 258 p.
- RUSSELL, E.J.; RUSSEL, E.W. 1968. *Condiciones del suelo y crecimiento de las plantas*. Madrid, Aguilar 801 p.
- SERRANO, F. 1979. *Los foraminíferos planctónicos del Mioceno de la cuenca de Ronda y su comparación con los de otras áreas de las cordilleras béticas*. Tesis doctoral, Málaga, Universidad de Málaga. 272 p.
- TRUJILLO, I.; FIGUERUELO, E.; GUTIERREZ, F.; TRUJILLO, J. 1987. Viñedos canarios: Zona de Acentejo. IV. Estudio estadístico de regresión y contraste de hipótesis de las propiedades físicas y químicas de los suelos. *Anales de Edafología y Agrobiología (España)* 44(11-12):1457-1475.
- USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE). 1972. *Methods and procedures for collecting soil samples*. Soil Survey Laboratory, Soil Conservation Service (EE UU) 63 p.
- USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE). 1975. *Soil taxonomy*. Soil Survey Staff, Soil Conservation Service. USDA Handbook no 436. 754 p.
- WRIGHT, W.R.; FOSS, J.E. 1972. Contributions of clay and organic matter to the cation exchange capacity of Maryland soils. *Soil Science Society of America Proceedings (EE UU)* 36:115-118.

RESEÑA DE LIBROS

AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY; CROP SCIENCE SOCIETY OF AMERICA; SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. 1992. *Mycorrhizae in sustainable agriculture*. G.J. Bethlenfalvay, R.G. Linderman (Eds.). Wisconsin, USA. 124 p.

Mycorrhizae have been a subject of scientific interest since the late 1800s. Much of the early interest and practical application concerned mycorrhizae's role in forest production. Since the 1800s, knowledge of fungi in the rhizosphere of agricultural plants has developed at a rapid pace. *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*, ASA Special Publication 54, explains the importance of mycorrhizae, not only to plants but to the soil and its sustainability. Civilization depends on the sustainability of agriculture. These microscopic organisms living in close association with plant roots play an important role in determining the sustainability of production methods that we impose on the system.

Mycorrhizae in Sustainable Agriculture provides an excellent up-to-date discussion of mycorrhizae knowledge, how it can be used in sustainable systems, and points out the need for a better understanding of mycorrhizae.

Sustainability of crop production in agroecosystems is dependent on many factors, one of which is the maintenance of optimum physical structures and chemical and biological balances in the soil. Major disturbances to such soil systems such as crop removal, cultivation, compaction, chemical applications, hydrologic forces, and extremes in environmental conditions may alter the balances that are necessary for optimum

plant growth. Modifications in the soil structure have adverse effects on the chemical and biological processes that support plant growth. Cultivation can set the stage for serious soil loss by erosion. In such degraded soil systems, the farmer must put back what has been removed, usually in the form of additional fertilizer. It is difficult, however, to restore sustainability with regard to the physical and biological components.

Mycorrhizae in Sustainable Agriculture describes the function of rhizosphere organisms and how these organisms support plant growth in a variety of ways. Loss in sustained productivity may be due to an impairment of any one of those functions. These functions include chemical reactions by way of the metabolic exchanges of a myriad of microorganisms that are crucial for both plant productivity and soil structure. They must be present, or restored if lost, to make the agricultural plant-soil system sustainable.

The contributors of *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture* are dedicated to the objective of painting vasicular-arbuscular mycorrhizae into the picture of sustainable agriculture. The literature is full of documentation suggesting that the role of mycorrhizae may be critical if agriculture is to return to the state where luxury levels of farm inputs of fertilizers, pesticides, and other chemicals are decreased to levels that are still economic, yet do not pollute the environment or pose health risks to consumers or handlers.

The five chapters in the book focus on mycorrhizae and the role they play in sustainable agriculture.

ASA
MADISON, WISCONSIN, USA

RESEÑA DE LIBROS

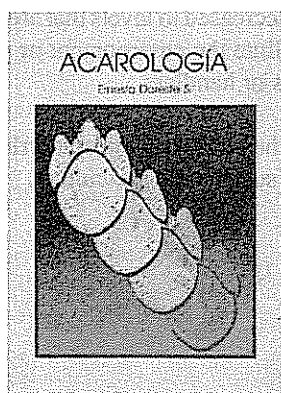
REINING, L. 1992. Erosion in Andean hillside farming: Characterization and reduction of soil erosion by water in small scale cassava cropping systems in the Southern Central Cordillera of Colombia. Weikersheim, FRG. Hohenheim Tropical Agricultural Series 1. 219p. ISBN 3-8236-1211-5. US\$27.00

The problem of water induced soil erosion in the subhumid tropics has gained increasing public attention in recent years. In order to avoid the destruction of agricultural land it is necessary to develop cultivation systems allowing a sustainable agricultural utilization of endangered areas. This goal requires knowledge of the causes and the processes of soil erosion in the tropics. The best known model to estimate soil loss by

water erosion is the Universal Soil Loss Equation (USLE) which was developed by Wischmeier and Smith (1978).

The research reported here aims to collect basic information on the characteristics of erosion processes in a defined area of the Andean zone of Colombia. This should allow to make conclusions about the applicability of the USLE. Furthermore, conventional and improved cassava cropping systems adapted to local smallholder conditions were to be tested to obtain knowledge based on the influence of management practices on erosion processes. To this end, erosion trials were established on slopes with a gradient of 7% - 20% at two locations in Southern Colombia. The trials were started in the beginning of 1987 and continued during two growing seasons until the beginning of 1989. The trials were established with three repetitions in Santander de Quilichao and with two repetitions in Mondomo.

LIBRO RECOMENDADO



***Acarología. E. Doreste S. 2a. ed. 1988. 410 p.
ISBN 92-9039-133 2.***

Profundiza en sus 13 capítulos, 12 cuadros y 94 figuras, aspectos relevantes de esta disciplina científica. La exposición metodológica y amplia descripción de los ácaros hacen de esta obra una valiosa fuente de referencia y consulta en taxonomía, metodología de control y descripción gráfica. Constituye un gran aporte a la educación agropecuaria superior en América Latina y el Caribe.

US\$12.00

Ver lista de publicaciones disponibles para la venta y boleta de solicitud en la última sección de la revista Turrialba.