

TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 39

ENERO-MARZO 1989

NUMERO 1

CODEN: TURRAB 39(1):1-130

Cuantificación de las malezas en cultivos comerciales de piña, plátano, tiquisque y yuca, en dos distritos de San Carlos, Costa Rica. E. Alán, U. Barrantes	1
Screening for resistance against the maize weevil <i>Sitophilus zeamais</i> (Motsch.) (Coleoptera: Curculionidae) in Peruvian maize accessions. U. Urrelo, V.V. Wright, R.B. Mills, C.E. Wassom	9
Soybean root growth and nutrient uptake as affected by lime rates and plant age. I. Al, Mn, P, and S. J. A. Martini, R.G. Mutters	18
Influencia del nivel de proteína y plano nutricional sobre el crecimiento y conversión alimenticia del cerdo criollo. R. Jarquín, J.L. Sosa, M. Olivares, A. Ventura, R. Bressani	25
Evaluation of ninety international pearl millet germplasm collections for morpho-physiological characters in Nuevo Leon, Mexico. R.K. Maiti, H. González, H. Landa	34
La eliminación manual de órganos reproductivos: su efecto en el período de floración y en la edad a la madurez fisiológica en <i>Phaseolus vulgaris</i> L. L.E. Escalante, S. Miranda, J. Kohashi-Shibata, J.A.S. Escalante	40
Effects of two tillage systems on crop performance and weed control. O. Fadayomi	46
Concentração de imunoglobulina sérica, peso corporal e diarreia, em bezerros da raça holandesa aleitados com diferentes dietas. R. Machado Neto, I.U. Packer, I. Susin	51
Biología, cría masal y aspectos ecológicos de la mosca blanca <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), como plaga del frijol común. K. Eichelkraut, C. Cardona	55
Comparison of two breeding methods in corn I. Effect of breeding method on combining ability of third-cycle lines. J.A. Morera	63
Comparison of two breeding methods in corn II. Determination of inbreeding depression. J.A. Morera	68
Componentes de variación asociados a la evolución del área foliar de caña planta, variedad NA 56-79. E. Romero, B.E. Manzur	72
Effect of soil type and crop cycle on root development and distribution pattern of a commercial sugarcane cultivar under normal irrigation and field conditions at Bacita Estate, Nigeria. Y.A. Abayomi	78
Índice de clorofila em soja. C. Costa, J.A. Costa	85
Effect of ewe weight gain during pregnancy, type of birth, sex and ram breed on lamb performance. C. Tizikara, O. Chiboka	90
Deterioro en la producción de avena susceptible a <i>Schizophis garminum</i> (Rond.) sometida a un período de infestación y su posterior recuperación. A.M. Castro, C.P. Rumi, H.O. Arriaga	97
Evaluation of techniques to screen for drought resistance in sorghum seedlings. R.K. Maiti, P.S. Raju, B.V.S. Reddy, J.M. Peacock	106
Consumo de carbono, productividad microbiana y actividad biológica en suelos suplementados con glucosa: efecto de la cantidad de sustrato incorporada, tipo de suelo, temperatura y humedad. R. Alvarez, O.J. Santanatoglia	111
Notas y comentarios	118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126
Reseña de libros	124, 125, 126
Índice del volumen 38, 1988	127



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

San José, Costa Rica

CR ISSN 0041 - 4360

Cuantificación de las Malezas en Cultivos Comerciales de Piña, Plátano, Tiquisque y Yuca en dos Distritos de San Carlos, Costa Rica¹

E. Alan*, U. Barrantes*

ABSTRACT

An analysis of the weeds found in commercial plots of plantain, pineapple, yams and cassava is presented. Although weed species are common to two or more crops, the calculated Similarity Indexes are relatively low and the Diversity Indexes are similar in all crops. The broad-leaf species were the most abundant weeds but, according to Predominance and Uniformity Indexes, clearly dominant species were not found. It is suggested that the weed community structure depends upon the specific site conditions and the influence of both natural and cultural factors on the soil seed bank. For this reason, general management techniques are not recommended until further studies on weed population dynamics for the region are carried out.

INTRODUCCION

Por sus características ecofisiológicas (2) las malezas, como plantas pioneras, son un componente casi universal de los agroecosistemas porque las prácticas de labranza, la fertilización, el riego, el control químico de las enfermedades y las plagas, y la disposición en hileras de los monocultivos, brindan un ambiente favorable para su establecimiento y crecimiento (3, 7).

El desarrollo de prácticas eficientes de control de malezas que sean menos caras, requiere, como paso inicial, la descripción cuantitativa de la composición florística de las comunidades de malezas prevalecientes

Ante la poca información existente sobre este tema para la región de San Carlos, se realizó el presente trabajo, cuyos objetivos fueron:

- Identificar las malezas presentes en cultivos comerciales de plátano, tiquisque, piña y yuca

¹ Recibido para publicación el 10 de noviembre 1987. Los autores agradecen al Ing. Tito Jiménez la colaboración en el trabajo de campo y la asesoría en los análisis estadísticos

* Departamento de Ciencias. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Sede Regional de San Carlos. Apartado 223. Ciudad Quesada, San Carlos

COMPENDIO

Se presenta un análisis de las malezas encontradas en parcelas de plátano, piña, tiquisque y yuca. Aunque existen especies de malezas que son comunes a dos o más cultivos, los índices de Similitud son bajos, mientras que los índices de Diversidad resultaron ser semejantes en todos los cultivos. Las diferencias en la composición florística de las comunidades de malezas entre los cultivos, se atribuyen a la dinámica de las semillas presentes en el banco de semillas existente en el suelo que, por lo demás, está influenciado por las condiciones específicas del suelo y por el tipo de manejo que haya recibido. Las malezas de hoja ancha fueron las más abundantes pero no hubo especies preponderantes, de acuerdo con los índices de Uniformidad y de Predominio obtenidos. Se sugiere que las comunidades de malezas dependen de las condiciones específicas de cada sitio, razón por la cual no se pueden recomendar técnicas de manejo generalizadas, sin hacer un estudio más profundo de la dinámica poblacional de las malezas en la región. Sin embargo, debido a la abundancia de malezas de hoja ancha, la aplicación de herbicidas sistemáticos y selectivos a los cultivos podría recomendarse sin detrimento de prácticas que controlen el sistema radical de las malezas, cuando, en determinadas circunstancias, las gramíneas y las ciperáceas lleguen a constituir problemas serios.

- Analizar cuantitativamente la composición florística de las comunidades de malezas en esos cultivos con base en la biomasa fresca y en las densidades específicas.

MATERIALES Y METODOS

El estudio fue realizado en parcelas ubicadas en las localidades de Santa Clara y Platanar, del Distrito de Florencia, y en los asentamientos campesinos de La Trinidad, La Lucha y Sonafucla, del Distrito de La Fortuna, Cantón de San Carlos.

Las variables ambientales de los sitios se presentan en el Cuadro 1.

Los datos de campo fueron obtenidos entre junio de 1984 y agosto de 1986. Se seleccionaron parcelas en cultivos comerciales de plátano, tiquisque, piña y yuca que, aparentemente, tuvieran malezas bajo algún tipo de control. La elección de los cultivos se basó en su importancia dentro de las actividades agropecuarias de la zona (4, 8)

Cuadro 1. Variables ambientales de los sitios de estudio*.

Distrito	Altitud (msnm)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Tipo de suelo	pH
Florencia	225	2 710-3 015	22 - 25	Andic	83%
La Fortuna	253	2 800-3 400	22 - 25	Humitropept	entre 5 y 6

* Ver la referencia 4

Se visitaron tres parcelas por cultivo de plátano, piña y tiquisque; en cada una de ellas se establecieron ocho puntos de muestreo consistentes en cuadrículas de 0.25 metros cuadrados. Los puntos de muestreo se escogieron en forma sistemática dividiendo el terreno en cuatro cuadrantes imaginarios y señalando dos puntos en cada uno. En las parcelas de yuca, también se analizaron 24 cuadrículas, al igual que en los otros cultivos, pero distribuidas irregularmente en nueve parcelas diferentes.

El área total de las parcelas varió entre 61 900 y 10 000 metros cuadrados (Cuadro 2) y el área efectiva muestreada por cultivo fue de seis metros cuadrados, cuya representatividad se estima apropiada (9).

Cuadro 2. Área total considerada, según cultivo.

Cultivo	Área considerada (metros cuadrados)
Yuca	61 900
Plátano	31 200
Piña	14 200
Tiquisque	10 000

Las plantas dentro de las cuadrículas fueron extraídas mediante un corte a ras del suelo e identificadas en el campo. Los especímenes que fueron desconocidos se llevaron al laboratorio, identificados y depositados en el herbario de la Sede Regional San Carlos. En algunos casos, la identificación se corroboró enviando muestras al Museo Nacional de Costa Rica.

En cada cuadrícula se anotó, por especie, el número de individuos, la altura promedio y el peso fresco. También, se tomó nota de la fecha de siembra y de la altura del cultivo al momento del estudio.

RESULTADOS Y DISCUSION

En cada cultivo analizado se obtuvieron entre 25 y 34 especies de malezas. En el Cuadro 3 se presentan

las especies por cultivo, así como la densidad (número de individuos/m²), el peso fresco (g/m²) y un índice de importancia (número de individuos más peso fresco) de cada especie. El peso fresco y la densidad promedio por comunidad aparecen en el Cuadro 4 y la edad y altura promedio de los cultivos así como la altura promedio de las malezas se muestran en el Cuadro 9.

Aunque no se tuvieron casos de invasiones graves de malezas, debido a que las parcelas fueron analizadas bajo las condiciones de producción que acostumbra los finqueros (y que en alguna forma, se había aplicado un cierto control de las malezas existentes), se ha determinado (11) que en la región hay un uso ineficiente de los agroquímicos, bien sea que éstos se aplican en dosis inadecuadas o bien, bajo regímenes de aplicación arbitrarios.

Se calculó una correlación lineal (5) entre la densidad y el peso fresco de las malezas, en cada cultivo, habiéndose obtenido los valores más altos para las malezas en plátano y en yuca (Cuadro 4). Según la prueba de "t" de Student estos resultados son significativos ($p \leq 0.01$) para plátano, tiquisque y yuca y significativos ($p \leq 0.05$) para piña (Cuadro 4).

En el Cuadro 5 se presenta una lista de las especies presentes en mayor cantidad que el promedio de la densidad o del peso fresco. Se incluyen 10 especies (30%) de un total de 33 en plátano, 8 (32%) de un total de 25 en piña, 10 (31%) de un total de 32 en tiquisque y 15 (44%) de un total de 34 en yuca.

De estas 26 especies con peso fresco o densidad superiores a la media (Cuadro 5), solamente *P. urinaria* estuvo presente en los cuatro cultivos. *B. latifolia* fue común a tres de los cultivos, 12 especies aparecieron en dos y 12 estuvieron en sólo uno de los cultivos.

El peso fresco total de las comunidades de malezas, agrupadas en gramíneas, ciperáceas y especies de hoja ancha, se resume en el Cuadro 6 y se representa en la Fig. 1. Los cultivos con mayor porcentaje de

peso fresco en malezas de hoja ancha fueron los de piña (89%), plátano (82.4%) y con menos, los de yuca (69%) y tiquisque (66.8%).

Las especies con valores de peso fresco o densidad superiores a la media, representan de 30 a 44% del número total de especies de cada cultivo. Los porcentajes de peso fresco del conjunto de estas especies en relación con el peso fresco total en cada comunidad (86.9% en plátano, 79.2% en piña, 76.2% en tiquisque y 77.8% en yuca), son altos.

El mayor porcentaje obtenido en plátano concuerda con el valor de predominio (10) resultante (Cua-

dro 8), a pesar de que este último se obtuvo con base en el número de individuos y además, que en este cultivo, el porcentaje de especies con peso fresco o densidad superiores a la media fue el más bajo.

Las especies individuales tienen un impacto relativamente bajo en el peso fresco total de cada comunidad, representando porcentajes entre 1.1 y 17.3% excepto *C. postrata* en tiquisque, con un 30.2%, *B. latifolia* con 28.6% y 22.3% en piña y yuca, respectivamente, *M. pudica* con un 23.8% en piña y *P. urinaria* con un 22.1% en plátano. De acuerdo con los valores de uniformidad (12) y predominio obtenidos (Cuadro 8), la dominancia se considera baja.

Cuadro 3. Tres variables experimentales: Densidad (D), Peso fresco (B) e índice importancia (I) de las especies de malezas encontradas en cada tipo de cultivo. (La densidad se determina determinando: individuos/metro cuadrado; el peso fresco: gramos/metro cuadrado y el índice de importancia: peso fresco total + número de individuos).

Especie de maleza	Plátano			Piña			Tiquisque			Yuca		
	D	B	I	D	B	I	D	B	I	D	B	I
<i>Acalypha alopecuroides</i> Jacq	1.33	19.75	126.50									
<i>Aciotis</i> sp							0.16	4.16	3.50			
<i>Alternanthera sesilis</i> (L.) R. Brown ex DC				4.00	14.33	110.00	9.16	10.66	119.00			
<i>Bidens pilosa</i> L.										37.66	17.66	332.00
<i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) Schum	2.33	4.68	42.10	14.33	157.26	1 029.00	2.66	2.83	185.90	40.16	217.41	1 545.50
<i>Caperonia palustris</i> (L.) St. Hill	0.16	13.33	81.00									
<i>Cassia leiophylla</i> Vogel										0.16	0.33	3.00
<i>Commelina</i> sp	1.66	5.41	42.50	16.50	6.50	138.40	1.50	5.00	39.00			
<i>Cuphea carthagenensis</i> (Jacq.) McBride										0.83	15.36	97.20
<i>Cyathula postrata</i> (L.) Blume				1.00	24.83	155.00	30.00	167.71	1 186.30	0.83	16.50	104.00
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers					8.83			32.83		15.66	80.83	579.00
<i>Cyperus diffusus</i> Vahl	1.33	4.46	34.80				1.16	6.50	46.00			
<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Retzius	4.16	39.20	260.20				7.83	19.30	163.00			
<i>Chamaesyce dioeca</i> (HBK.) Millsp										0.66	1.25	11.50
<i>Chamaesyce hirta</i> (L.) Millsp	3.16	3.53	40.20	0.66	0.58	7.50						
<i>Chamaesyce hyssopifolia</i> (L.) Small				3.00	16.05	114.30				2.16	9.66	71.00
<i>Chamaesyce postrata</i> (Aiton) Small				0.83	0.16	6.00						

(Continuación Cuadro 3)

Especie de maleza	Plátano			Piña			Tiquisque			Yuca		
	D	B	I	D	B	I	D	B	I	D	B	I
<i>Chemopodium ambrosioides</i> L	0 16	3 33	21 00									
<i>Desmodium</i> sp		3 28					0 66	15 00	94 00	2 16	12 20	86 20
<i>Dichromena ciliata</i> Vahl							0 83	2 08	17 50			
<i>Digitaria bicornis</i> (Lam) Roem y Schul				4 00	22 81	160 90				3 16	44 00	286 00
<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd	15 33	10 48	154 90	1 50	1 60	18 60	41 30	35 70	462 20	0 66	0 83	9 00
<i>Eclipta alba</i> (L.) Hasskaril	0 16	1 00	7 00									
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn	4 50	17 28	130 70									
<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	5 66	20 08	154 50	0 33	5 30	33 80				18 16	15 33	201 00
<i>Euphorbia heterophylla</i> L										8 83	17 08	155 50
<i>Heliotropium indicum</i> L	0 50	6 33	41 00	0 33	0 20	3 20	1 33	2 50	23 00			
<i>Herissantia crispa</i> (L.) Brizicky		71 73		1 33	12 50	83 00	0 66	2 08	16 50			
<i>Hippobroma longiflora</i> (L.) G. Don							1 00	1 70	10 20	1 00	12 33	80 00
<i>Hyptis capitata</i> Jacquin	1 50	116 60	709 10				2 66	22 25	149 50			
<i>Homolepis aturensis</i> (H B K) Chase				1 83	8 66	63 00				0 33	0 16	3 00
<i>Ipomoea</i> sp				4 66	36 16	245 00					13 01	
<i>Kyllinga pumila</i> Michaux	1 00	0 66	10 00				10 83	15 05	155 30			
<i>Lantana camara</i> L										1 66	37 16	233 00
<i>Lindernia crustacea</i> (L.) F Muell	38 16	13 13	307 80	28 66	11 75	242 50	4 83	1 75	39 52	2 16	0 16	14 00
<i>Ludwigia octovalis</i> (Jacquin) Raven	0 83	2 83	22 00									
<i>Malachra fasciata</i> Jacquin							0 33	1 91	13 50			
<i>Mariscus tenuis</i> (Swartz) C B Clarke	3 16	11 78	89 70	3 16	10 10	79 60	36 33	36 65	437 90	8 16	21 30	176 80
<i>Melothria guadalupensis</i> (Spreng) Cong	0 16	0 66	5 00							0 16	5 16	32 00
<i>Mimosa invisa</i> Mart	2 66	17 25	119 50									
<i>Mimosa pudica</i> L	2 00	36 41	230 50	11 33	130 66	852 00	0 50	2 28	16 70	0 83	4 88	34 30
<i>Mollugo verticillata</i> L							2 50	1 08	21 50			
<i>Momordica charantia</i> L		2 83						2 33				
<i>Oxalis martiana</i> Zucc							0 16	0 25	2 50			

(Continuación Cuadro 3)

Especie de maleza	Plátano			Piña			Tiquisque			Yuca		
	D	B	I	D	B	I	D	B	I	D	B	I
<i>Panicum trichoides</i> Swartz	5.83	6.33	73.00	5.00	7.75	76.50	1.83	1.70	21.20	6.33	8.05	86.33
<i>Panicum</i> sp	0.16	2.33	15.00									
<i>Paspalum conjugatum</i> Bergius				0.66	1.46	12.80				8.66	80.83	537.00
<i>Peperomia pellucida</i> (L.) H.B.K.							6.16	7.78	83.70			
<i>Phenax sonneratii</i> (Poir.) Weed	11.83	15.85	166.70				0.83	1.55	14.30	4.33	51.78	336.70
<i>Phyllanthus urinaria</i> L.	64.16	168.21	1394.30	23.66	45.24	413.45	54.50	53.80	649.80	25.33	42.33	406.00
<i>Priva Lappulacea</i> (L.) Persoon										0.50	35.85	218.10
<i>Phytolacca</i> sp							0.16	2.40	15.40			
<i>Pseudoelephantopus</i> <i>spicatus</i> (Juss) Rhor							0.16	1.05	7.30			
<i>Richardia scabra</i> L.										0.33	2.50	17.00
<i>Rottboellia exaltata</i> (L.) Lf										4.83	66.70	429.20
<i>Setaria geniculata</i> (Lam.) Beauv.							0.16	0.83	6.00			
<i>Sida rhombifolia</i> L.	4.00	23.08	162.50	1.50	12.50	82.20	0.50	2.50	18.00	19.66	76.51	577.10
<i>Schistocarpia paniculata</i> Klaff										0.16	3.16	20.00
<i>Sinidrella nodiflora</i> Gaertn				1.83	12.91	88.50				5.50	35.51	246.10
<i>Solanum americanum</i> Miller										0.66	9.06	58.40
<i>Spananthe paniculata</i> Jacq							0.16	1.66	11.00			
<i>Stignaphyllum</i> <i>humboltianum</i> Juss				0.16	0.83	6.00						
<i>Tinantia erecta</i> (Jacquin) Schlecht				0.50	0.66	7.00						
<i>Torolinium odoratum</i> (L.) S. Hooper	0.66	15.75	98.50									
<i>Xanthosoma</i> sp.	1.83	14.61	98.70							0.16	3.91	24.50
<i>Cannacea</i>										0.50	1.00	9.00
Otras gramíneas		36.16						68.08				

Cuadro 4. Comparación estadística de peso fresco en g/m² y densidad entre las comunidades de malezas en los cuatro cultivos.

	Plátano	Piña	Tiquisque	Yuca
1. Peso fresco, promedio (Gramo/metro cuadrado)	22.91	21.98	16.89	28.26
2. Densidad promedio (Individuos/metro cuadrado)	6.27	5.44	7.36	6.73
3. Correlación lineal (r)	0.65	0.40	0.53	0.65
4. t de Student	4.68 **	2.22 *	3.83 **	6.24 **

* Significativo ($p \leq 0.05$)** Significativo ($p \leq 0.01$)

Cuadro 5. Especies de malezas presentes en mayor cantidad que el promedio de la densidad o el peso fresco.

	Plátano	Piña	Tiquisque	Yuca
<i>Alternanthera sesilis</i>			x	
<i>Bidens pilosa</i>				x
<i>Borreria latifolia</i>		x	x	x
<i>Commelina</i> sp		x		
<i>Cyathula postrata</i>		x	x	
<i>Cynodon dactylon</i>			x	x
<i>Cyperus luzulae</i>	x		x	
<i>Digitaria bicornis</i>		x		x
<i>Drymaria cordata</i>	x		x	
<i>Emilia fosbergii</i>				x
<i>Euphorbia heterophylla</i>				x
<i>Herissantia crista</i>	x			
<i>Hyptis capitata</i>	x		x	
<i>Ipomoea</i> sp		x		
<i>Killinga pumila</i>			x	
<i>Lantana camara</i>				x
<i>Lindernia crustacea</i>	x	x		
<i>Mariscus tenuis</i>			x	x
<i>Mimosa pudica</i>	x	x		
<i>Paspalum conjugatum</i>				x
<i>Phenax sommeratti</i>	x			x
<i>Phyllanthus urinaria</i>	x	x	x	x
<i>Priva lappulacea</i>				x
<i>Rottbeellia exaltata</i>				x
<i>Sida rhombifolia</i>	x			x
<i>Sinidrella nodiflora</i>	x			x

Según Grubb, Kelly y Mitchley (6), la abundancia relativa de especies en las etapas temprana, media y tardía de la sucesión, en determinado lugar y tiempo, dependerá del lapso que duró la última alteración ambiental y del periodo transcurrido desde que ocurrió; esto puede servir de referencia para explicar la baja dominancia en las comunidades analizadas de malezas.

Otro enfoque, propuesto es el de los "atributos de las especies vegetales el cual enfatiza: la importancia

del modelo de llegada y de persistencia en un sitio, la habilidad de invadir en diferentes estados de la sucesión y tres funciones claves en el tiempo que son: el periodo requerido para la primera fructificación, la duración de la vida de los adultos y la duración de vida y latencia de las semillas en el suelo.

El grupo que resultó ser más masivo en diversidad, número de individuos y peso fresco, fue el de las malezas de hoja ancha, seguido por las gramíneas y finalmente, las ciperáceas.

Entre las especies de hoja ancha: *B. latifolia* y *S. rhombifolia* en yuca, *B. latifolia* e *H. capitata* en tiquisque y *L. crustacea*, *M. pudica* y *P. urinaria* en piña, con densidad o peso fresco mayor que la media, han sido mencionadas como comunes en esos mismos cultivos por Alán y Bristow (1).

Torres y Vargas (11) informan que los agricultores consideran a *B. latifolia*, *M. pudica* y *Sida* sp. como malezas dañinas por la dificultad que ofrece su control.

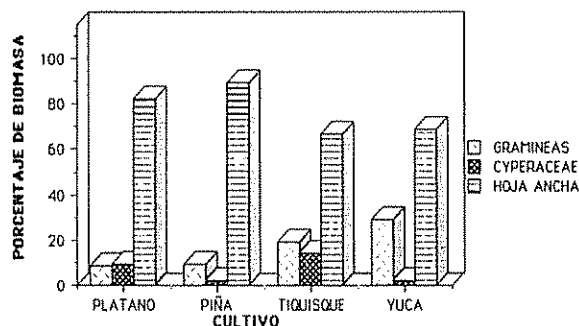


Fig. 1. Comparación del peso fresco de malezas de hoja ancha, gramíneas y ciperáceas en los cultivos estudiados.

Cuadro 6. Comparación absoluta (gramos) y porcentual (%) del peso fresco de malezas de hoja ancha, gramíneas y cyperáceas en los cultivos estudiados.

Tipo de malezas	Plátano		Piña		Tiquisque		Yuca	
	Abs (g)	%	Abs (g)	%	Abs (g)	%	Abs (g)	%
Gramíneas	372.70	8.17	297.20	9.01	626.70	18.82	1686.53	28.79
Cyperáceas	431.20	9.46	64.60	1.95	477.70	14.35	127.80	2.18
Hoja Ancha	3754.10	82.36	2935.06	89.02	2224.32	66.82	4042.70	69.02
Total	4558.00	100.00	3296.86	100.00	3328.72	100.00	5857.03	100.00

Cuadro 7. Índices de similitud entre las comunidades de malezas presentes en los cultivos estudiados.

	Piña	Tiquisque	Yuca
Plátano	0.4827	0.5230	0.4179
Piña		0.4912	0.5762
Tiquisque			0.3939

Cuadro 8. Índices de diversidad de Shannon-Wiener, de uniformidad y de predominio de comunidades de malezas en cultivos de plátano, piña, tiquisque y yuca.

Índices	Plátano	Piña	Tiquisque	Yuca
Diversidad	2.27	2.44	2.27	2.65
Uniformidad	0.67	0.77	0.67	0.75
Predominio	0.18	0.12	0.15	0.10

Las gramíneas y ciperáceas con valores de densidad o peso fresco superiores a la media, en uno o más cultivos, fueron: *C. dactylon*, *R. exaltata*, *P. conjugatum*, *K. pumila*, *D. bicornis* y *M. tenuis* (Cuadro 5). Las dos últimas especies han sido señaladas por Alán y

Bristow (1), como comunes en yuca y tiquisque, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en el presente trabajo

El peso fresco de las gramíneas, en comparación con el de las ciperáceas, se considera similar en plátano (8.2 y 9.5%, respectivamente) y tiquisque (18.8 y 14.3%), pero, marcadamente diferente en piña (9 y 1.9%) y en yuca (28.8 y 2.2%) (Cuadro 6).

En este último cultivo se presenta el porcentaje más alto de especies con densidad o peso fresco mayores que el promedio (44%), valor mucho mayor que en plátano (27%).

No obstante, el porcentaje de peso fresco de esas especies en yuca, es menor que en plátano. Esto puede atribuirse al mayor número de especies de gramíneas en yuca con menores valores de peso fresco que las especies de hoja ancha. El índice de uniformidad más alto (Cuadro 8) que aparece en yuca, podría deberse a que el aporte al peso fresco total de las especies con densidad o peso fresco superiores al promedio, tiende a estar más equitativamente distribuido.

Al calcular el índice de similitud (10), se obtuvo el valor más alto entre las comunidades de malezas en piña y yuca y el más bajo, entre las de plátano y yuca (Cuadro 7).

Cuadro 9. Altura promedio de las malezas (metros) y ámbitos de edad (meses) y de altura promedio de los cultivos (metros).

	Plátano	Piña	Tiquisque	Yuca
Ambito de edad del cultivo (meses)	10-12	7-18	3-7	1.5-12
Ambito de altura promedio de cultivos (metros)	3.4-4.0	0.50-0.70	1.0-1.4	1.3-3.0
Altura promedio de las malezas (metros)	0.30	0.43	0.19	0.41

Los índices de diversidad de Shanon (12), obtenidos para las distintas comunidades, son semejantes (Cuadro 8). Esto parece indicar que la relación: número de especies-importancia de cada especie, no depende del cultivo presente ni de las condiciones microambientales que éste haya generado.

Es probable que un factor individual importante sea el banco de semillas del suelo y la historia de uso del terreno. En este aspecto, es importante establecer estudios de la dinámica poblacional de las malezas asociada con los distintos patrones de uso de la tierra que se presentan en la región.

LITERATURA CITADA

1. ALAN, E.; BRISTOW, M. 1985. Determinación preliminar de las malezas en tres distritos de San Carlos. *Turrialba* 35(1):89-96.
2. BAZZAZ, F.A. 1980. Physiological ecology of tropical succession: A comparative review. *Annual Review of Ecology and Systematics* 1:287-310.
3. BUCHANAN, G.; FRANS, R. 1981. The role of weeds in agroecosystems. *Symposio International Congress of Plant Protection* (9., 1979, Washington D.C.). *Proceedings*. Ed. by T. Komme Dahl. *Entomological Society of America* 1:46-49.
4. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (C.R.), DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL. 1983. Caracterización ambiental y de los principales sistemas de cultivos en fincas pequeñas, San Carlos, Costa Rica. *Turrialba. Informe Técnico no. 33*. 198 p.
5. GOMEZ, K.A.; GOMEZ, A.A. 1976. Statistical procedures for agricultural research with emphasis on rice. *Los Baños Philipppines, International Rice Research Institute*. 294 p.
6. GRUBB, P.J.; KELLY, D.; MITCHLEY, J. 1982. The control of relative abundance in communities of herbaceous plants. In *The community as a working mechanism*. Ed. by E.I. Neuman. Oxford, Blackwell p. 79-97.
7. HART, R. 1985. *Agroecosistemas. Conceptos básicos*. Turrialba, C.R.; Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 159 p.
8. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA. 1983. *Plan San Carlos Programa para 1984-1985 Seminario de Planificación Institucional*. 34 p.
9. MAIEUCCI, S.D.; COMA, A. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Washington, D.C., Secretaría General de los Estados Americanos. 168 p. (Monografía No. 22, Serie de Biología).
10. ODUM, E.P. 1972. *Ecología*. Ed. por Interamericana 3. México, D.F. 639 p.
11. TORRES, S.; VARGAS, R. 1987. Aspectos sobre el control de las malezas y su valoración como plantas utilitarias por agricultores en tres asentamientos campesinos en La Fortuna de San Carlos. *Práctica de Especialidad Santa Clara de San Carlos Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Agronomía*. 62 p.
12. VANDERMEER, J. 1981. *Elementary mathematical ecology*. New York, John Wiley. 294 p.

Screening for Resistance against the Maize Weevil *Sitophilus zeamais* (Motsch.) (Coleoptera: Curculionidae) in Peruvian Maize Accessions¹

R. Urrelo*, V.V. Wright**, R.B. Mills**, C.E. Wassom***

ABSTRACT

Maize (*Zea mays* L.) accessions (114) from the Peruvian maize germplasm bank were exposed to laboratory infestations of the maize weevil *Sitophilus zeamais* Motsch. Susceptibility, as assessed by the Dobie Index, ranged from 0.0 to 9.90 in the free-choice test and from 6.35 to 11.30 in the no-choice test. Floury endosperm types were significantly more susceptible than flint endosperm types in both tests. Weevils emerging from flint accessions had a longer developmental period (39.9 days) and were heavier (1.54 mg) than those emerging from floury accessions (38.1 days, 1.48 mg, respectively). Maize cultivated in the lowland tropical rain forest was significantly more resistant than maize cultivated in the inter-Andean valleys. Maize from the lowland coastal region reacted more like highland types. The Rabo de Zorro race was the most susceptible, followed by Ancashino and Huayleno. The race Huancavelicano and undetermined flints were the most resistant.

COMPENDIO

Más de un centenar de accesiones de maíz (*Zea mays* L.), obtenidas del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, fueron expuestas a infestaciones del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motsch. La susceptibilidad fue evaluada por medio del Índice Dobie y fluctuó de 0.00 a 9.90, en un ensayo de escogencia libre y de 6.35 a 11.30, en un ensayo de no-escogencia. Los tipos de maíz de endospermo harinoso fueron significativamente más susceptibles que los tipos de endospermo duro, en ambos ensayos. Los gorgojos que emergieron de accesiones de endospermo duro tuvieron un período de desarrollo más prolongado (39.9 días) y fueron más pesados (1.54 mg) que aquellos que emergieron de las accesiones de endospermo harinoso (38.1 días y 1.48 mg, respectivamente). Los tipos de maíz de endospermo harinoso fueron significativamente más resistentes que los obtenidos de los valles interandinos. Maíces obtenidos de la región costera reaccionaron en forma similar a aquellos de los valles interandinos. La raza denominada Rabo de Zorro fue la más susceptible, seguida, por las razas Ancashino y Huayleño. La raza Huancavelicano y los maíces duros no determinados de la región de la Selva, fueron los más resistentes.

INTRODUCTION

When screening a large number of plant accessions, a preliminary free- or no-choice test is advisable to pinpoint those accessions obviously susceptible or resistant. This reduction of the original material to a manageable number for further study is practical in field breeding programs (11). Earlier scientists tended to use large amounts of grain in screening tests involving only a few varieties (10, 26). This was not feasible for material requested from germplasm banks, which normally supply a limited number of seeds per accession. Therefore, techniques involving fewer kernels were developed (2, 17, 23).

The number of maize weevil progeny was a better parameter for rating resistance in corn varieties than percent damaged kernels, percent weevil mortality, progeny weight, or kernel weight loss (27). Other investigators confirmed that mortality of the maize weevil was an unreliable parameter in rating maize resistance (9). The latter authors indicated that 40 kernels per sample was adequate, and that a minimum three-week oviposition period should be considered.

Stevens and Mills (20) compared the attributes of free- and no-choice screening tests and concluded that both could be used sequentially. The first test should be free-choice, in which there is no need to sex the weevils, followed by the no-choice test, in which sexed weevils are used, but stronger selection pressure is exerted, so that escapes from the choice test can be detected. Several laboratory screenings for resistance against stored-grain pests have used these or slightly modified techniques in rice (1), in maize (14, 16), and in sorghum (15, 22).

Resistance of grains to insects involves two components: non-preference for oviposition or feeding, and antibiosis, as reflected by an adverse effect on the

¹ Received for publication 16 March 1988.
Contribution no. 88-146-1 of the Kansas Agricultural Experiment Station, Manhattan, Kansas.

* Current address: Universidad Nacional Agraria de la Selva, Apartado 156, Tingo Maria, Peru.

** Department of Entomology, Kansas State University, Manhattan, Kansas, USA.

*** Department of Agronomy, Kansas State University, Manhattan, Kansas, USA.

biology of the insect. Tolerance is unlikely because grains do not have the ability to compensate for damage done by insects (5, 22). The two screening techniques mentioned above have proven effective in discriminating between susceptible or resistant genotypes because both permit evaluations of non-preference and antibiosis.

When laboratory screenings are considered as part of a population improvement program, their effectiveness as evaluating tools becomes apparent. In breeding programs, advance is measured by genetic gain per cycle of selection. The least time spent, the higher the genetic progress, provided the best breeding plan was chosen.

With this in mind, a preliminary screening for resistance of Peruvian maize (*Zea mays* L.) accessions against the maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motsch.) was undertaken.

MATERIALS AND METHODS

The Peruvian maize germplasm bank of the Universidad Nacional Agraria La Molina, at Lima, provided 114 accessions of maize from three regions within Peru.

a. Free-choice Test

Forty kernels per accession, as well as the hybrid maize used to rear the maize weevil at this laboratory (susceptible check), were placed in the bottoms of 48 x 48 x 5 cm plastic boxes and equilibrated in an environmental room at 27 \pm 1°C, 67 \pm 3% RH, and a 16:8 light: dark photoperiod for 14 days. The moisture content of the samples was not determined, but it was expected to be 12.5 to 13.5%, the normal rate of moisture equilibration at this temperature and relative humidity (19).

Unsexed weevils (1-3 weeks old) were used to infest 17 samples (10 weevils/sample). The samples were randomly distributed around the interior perimeter of a wooden, circular chamber (45 cm diameter and 5 cm height) (28). To accommodate all accessions, seven chambers were used, and to facilitate contact of weevils with the kernels, the weevils were given a paper ramp extending from the chamber floor to the rim of each plastic box. The weevils were released in the center of the chamber through an orifice in the center of the lid, which was then closed with a rubber stopper.

Strips of masking tape 3 cm wide were used to seal each chamber to prevent weevils from escaping. The chambers were kept in the environmental room, and

opened after seven days. The plastic boxes were immediately closed to trap the seven weevils in each sample. Few weevils were observed wandering on the floor and wall of the chambers and mortality was negligible (< 1%). After the weevils were counted and removed, the grain samples were incubated in the environmental room for progeny development. Starting on the 27th day after infestation, the boxes were checked daily for weevil progeny until no more emerged (day 67). Progenies from each sample were placed in small glass vials and stored in a freezer at -20°C. Dry weight was determined by placing the weevils in aluminium tins (15 mm diameter and 10 mm height) which were held in an oven for six days at 60°C (18). At the end of this period, the tins were placed in a desiccator with calcium sulfate (DrieriteR) for 24 hours. The weevils were weighed on a Mettler Electrobalance Model H16 and returned to the desiccator. A second weighing 24 hours later agreed with the first. Therefore, all subsequent dry weight determinations were performed after one 24-hour period in the desiccator.

The parameters evaluated in this test were: a) numbers of parent weevils attracted to each sample; b) developmental period; c) numbers of progeny emerged; and d) dry weight. The rating scale was based on the susceptibility index (SI) published by Dobie (3).

b. No-choice Test

Accessions were selected according to the value calculated for the susceptibility index as observed in the free-choice test and other criteria indicated above. Of the 35 chosen, 20 were regarded as susceptible (9.90-8.33 SI) and 15 were regarded as resistant (5.33-0.0 SI). The definition of the limits of resistance and susceptibility was arbitrary, but intended to eliminate the majority of intermediate ranking accessions.

For each accession, 120 kernels were divided into three subsamples of 40 in order to conform to a three-replicate experiment in a completely randomized design. Each subsample was placed in a 48 x 48 x 5 mm plastic box, covered with a screened lid, and kept in the environmental room for moisture equilibration under the same conditions observed for the free-choice test.

Infestation was accomplished by putting six females and three males, 1-3 weeks old, into each sample for seven days, then removing them with an aspirator. The boxes were returned to the environmental room for progeny development and the removed weevils were discarded.

Weevils were sexed by snout characteristics (12) under a stereo microscope. To facilitate snout observation, the weevils were held from the dorsum with a Schuco-Vac^R aspirator.

Data obtained from this test were subjected to analysis of variance in order to determine accession differences based on the index of susceptibility, days to first and last emergence, and dry weight. Duncan's Multiple Range Test (DMRT) was used to test for statistical differences between individual means at the 0.05 probability level.

RESULTS AND DISCUSSION

Free-choice test

A comparison of the values of the susceptibility index among all accessions suggested that floury accessions were more susceptible than flinty ones (Table 1). To test this, the 59 floury accessions were arranged into 10 random groups of 17 each to compare to the 17 flint accessions used. As suspected, floury samples were significantly more susceptible than flints ($P < 0.01$) (Table 2). This indicated that the flinty character was associated with resistance and

the floury character with susceptibility. Comparable results were reported by Dobie (3) in which flint varieties from Malawi and Colombia were more resistant to the maize weevil than medium or dent varieties from Rhodesia and Tanzania.

On the average, the weights of weevils that emerged from flint accessions were significantly higher ($P < 0.01$) than of those of weevils that emerged from floury accessions (1.54 vs 1.42 mg). However, some floury accessions also produced heavier weevils (e.g., CUZ-354, 1.97 mg; ANC-049, 1.76 mg; LIM-019, 1.70 mg). When the floury accessions were rearranged into smaller random groups of 17 each, this level of difference remained only in one random group (group 1). Although these 10 groups were a small and arbitrary fraction of all random groups of 17 that could be formed with 59 floury accessions, they did show how the contribution of individual accessions affects the overall pattern of susceptibility.

With regard to dry weight, it has been indicated that it could be the most important parameter for rating resistance when an antibiotic factor is suspected (16). In this investigation, the dry weight of the weevils was more affected by the flinty character

Table 1. Results of a free-choice test for susceptibility of Peruvian maize accessions to the maize weevil, *S. zeamais*^{1, 2}

Accession code	Parent weevils/sample	Progeny/sample	Avg. develop. period (days)	SI ³	Avg. DW/adult (mg) ³
JUN-159	33	39	37	9.90	1.36
TAC-042	19	29	35	9.62	1.39
LIM-104	34	33	37	9.45	1.39
CONTROL ⁴	24	36	39	9.13	1.53
AREQ-077	33	26	36	9.05	1.47
AREQ-074	24	51	44	8.94	1.31
LIB-202	9	27	39	8.45	1.59
ANC-522	8	14	38	6.94	1.44
CUZ-370	9	12	37	6.72	1.28
SMTI-061	6	12	40	6.21	1.68
HVCA-175	7	8	37	5.62	1.55
ANC-585	2	6	36	4.98	1.40
SMTI-057	7	8	42	4.95	1.73
CAJ-208	7	6	40	4.48	1.43
JUN-162	4	5	41	3.93	1.10
LBQU-141	3	4	37	3.75	1.58
SMTI-058	3	4	38	3.65	1.33

1 Test conducted with no replication.

2 The accessions included in this table represent a selected sample of those tested (114). The full table can be seen in (21)

3 SI = Susceptibility Index, DW = Dry Weight.

4 Locally grown hybrid maize

Table 2. Comparison of flint and floury characters in Peruvian maize accessions with regard to their susceptibility to and their influence on the developmental period and dry weight of the maize weevil¹.

Types of accessions	SI ²	Avg. Dry Wt/adult (mg)	Avg. Develop. period (days)
Avg. flint	4.74	1.54	39.18
Avg. floury ³			
A	7.58 **	1.39 **	38.88 ns
B	6.86 **	1.47 ns	38.17 ns
C	6.87 **	1.40 *	38.88 ns
D	7.17 **	1.40 *	37.41 *
E	6.16 *	1.47 ns	38.53 ns
F	6.84 **	1.44 ns	38.35 ns
G	6.99 **	1.43 ns	37.53 *
H	7.05 **	1.43 ns	37.70 ns
I	6.38 *	1.41 *	38.18 ns
J	7.44 **	1.44 ns	38.35 ns
ALL	6.70 **	1.42 **	38.10 ns

1 Means followed by * or ** are significantly different from the flints at the 0.05 and 0.01 percent probability t-test respectively.

2 SI = Susceptibility Index

3 Random groups of 17 accessions each.

than the developmental period from oviposition to emergence. Significant differences ($P < 0.05$) were observed only in two of ten comparisons (flint vs. random floury groups four and seven). It has been reported (14, 16) that, on susceptible maize lines, maize weevil progeny emerged on the average four days earlier and weighed slightly less than in resistant lines. These observations agree with those recorded here.

The fact that the accessions were grown in different geographic and altitudinal regions of Peru prompted an analysis of variance to compare the mean value of the susceptibility index by region (Table 3). Three altitudinal regions were considered: low altitude-Costa (010-300 m), low altitude-Selva (314-1 000 m), and high altitude-Sierra (1 400-3 450 m). There were significant differences ($P < 0.05$) in susceptibility to the maize weevil by region. The mean value for the susceptibility index was significantly higher for those accessions growing in the high altitude-Sierra than for those in the low altitude-Selva. Similar observations were reported by Diaz (2), Fortier *et al* (6), and Van der Schaaf *et al* (23). Accessions obtained from the low altitude-Costa occupied an intermediate position between the other two.

The analysis of variance showed a high degree of variability, of which 22 percent was explained by the

ANOVA model. This indicates that the variability within each group, although high, was not enough to override the individuality of the altitudinal groups. The variability within groups was more likely to be due to different racial origins of the accessions (Table 4).

It has been indicated by Wellhausen *et al.* (24) that factors of resistance to insects were likely in the lowland races because insect pressure is higher there. The moderately high temperatures and relative humidities of this region are regarded as the optimum conditions for development and reproduction of the maize

Table 3. Susceptibility of Peruvian maize accessions to the maize weevil, according to altitudinal regions. Means of 13 accessions per region.

Region	Susceptibility Index ¹
High altitude-Sierra (1 400-3 450 m ²)	7.71 a
Low altitude-Costa (010-300 m)	6.58 ab
Low altitude-Selva (314-1 000 m)	5.35 bc

C.V. = 27.38

1 Means followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$), DMRI.

2 Meters above sea level.

Table 4. Racial differences in susceptibility index of Peruvian maize accessions against the maize weevil *S. zeamais* and their effect on weight gain.^{1, 2}

Races	Susceptibility Index	Dry weight (mg) of adults
Rabo de Zorro	8.95 a	1.51 ab
Ancashino	7.48 ab	1.43 ab
Huayleno	6.96 abc	1.45 ab
San Jeronimo	6.15 bcd	1.40 ab
Cuzco Cristalino	5.91 bcde	1.35 b
Paro	5.87 bcde	1.33 b
Undetermined flints ³	4.74 cde	1.54 a
Huancavelicano	3.41 e	1.48 ab

1 Data collected under a free-choice test.

2 Means followed by a common letter are not significantly different ($P < 0.05$), according to Fisher Projected Least Significant Differences.

3 Includes accessions collected in the Selva region.

weevil. In connection to this, Fortier *et al.* (6) stated that local maize populations play an important role in present day, small-farm agriculture. Some of them, especially flint types, afford the best protection against primary insect pests.

It is interesting to notice that the accession JUN-159 derived from the race Cuzco Gigante was the most susceptible (SI 9.90 in free-choice and 10.28 in no-choice tests). According to Grobman *et al.* (7), the development of this race paralleled that of the Andean Inca Empire, suggesting that this maize formed the basis of the diet for ancient people of the Cuzco region. There is no reason to believe that this maize was resistant to weevil attack then. It is more likely that damage by weevils or other stored-product insects was prevented by low temperature. Low temperatures occurring at high altitudes in Mexico were observed by Wilbur *et al.* (25) to have a depressing effect on rice and granary weevil productivity and development.

Table 5. Analysis of variance of susceptibility index (SI), days to first emergence (DFE), days to last emergence (DLE) and dry weight (DW) of newly emerged adult maize weevil *S. zeamais* in a no-choice test.

Source	d.f.	SS	MS	F	Pr > F
SI					
Accessions	34	163.98	4.82	9.70	0.001
Error	69		34.30	0.50	
Total	103		198.27		
DFE					
Accessions	34	197.58	5.81	1.76	0.023
Error	70		230.66	5.30	
Total	104		428.25		
DLE					
Accessions	34	443.43	42.25	2.64	0.0003
Error	70	70	124.00	16.06	
Total		104	567.43		
DW					
Accessions	34	1.180	0.034	3.12	0.0001
Error	70	70	0.778	0.011	
Total		104	1.958		

C.V. (SI) = 7.35

C.V. (DFE) = 5.92

C.V. (DLE) = 8.66

C.V. (DW) = 7.48

The appearance of the semicrystalline or semiflint character appears to have afforded some degree of resistance to the maize weevil in some races (Confite Punteagudo, Paro, Cuzco Cristalino), but not in others (Rabo de Zorro)

The ecological significance of these life history strategies can only be understood by considering the association of maize and the maize weevil as a long coevolution, in which the diverse genetic backgrounds were tested against each other. Lowland farmers undoubtedly preferred flint types, whereas highland farmers selected for floury types (7). In both cases, insect attack was diminished either by resistant traits of ears and kernels or by low temperature and high altitude, respectively. Compatibility and aggressiveness of the maize weevil were forced to develop under conditions that modified the expression of resistance of these genotypes, for example, high moisture during storage for flint types, and removal of floury types from the highlands to the coastal or lowland tropical areas during trade.

No-choice test

The no-choice test is a more sensitive screening procedure than the free-choice test. Teetes *et al.* (22), in their search for resistance against *S. zeamais* among converted exotic sorghum varieties, found that the F values for variety differences were much higher in the no-choice test than in the free-choice test.

Effectiveness increased because the test insects were confined to a certain number of kernels of each variety for a number of days. The females must oviposit on the kernels in order for the population to survive. Because of the higher "selective pressure" exerted by the weevils, this test is useful to detect varieties that may have "escaped" infestation in the free-choice test (20).

The susceptibility indices obtained in this test were significantly larger ($P > t = 0.0001$) than those in the free-choice test. This confirms the higher selection pressure exerted by the weevils in the no-choice test.

An analysis of variance of susceptibility indices gave significant differences among accessions (Table 5). In general, there was agreement with the results obtained in the free-choice test. Most accessions that were susceptible in the free-choice test were also susceptible in the no-choice test. Resistant accessions also performed consistently.

The degree of association between the number of parent weevils attracted to each sample in the free-choice test with the number of F₁ progeny was not determined because of no replications in the free-choice test. In corresponding correlation analysis of the same variables, significant correlation coefficients were found by McCain *et al.* (10) and Stevens and

Table 6. Duncan's Multiple Range Tests for susceptibility index (SI), days to first emergence (DFE), days to last emergence, and dry weight (DW) of newly emerged adults of the maize weevil *S. zeamais* in a no-choice test.¹

Accession Code	Means ²			
	SIE	DFE	DLE	DW
AREQ-077	11.30 a	29.33 bd	43.33 dg	1.38 di
APUC-242	11.07 ab	29.00 cd	44.33 bg	1.43 ei
IAC-042	10.96 ab	29.33 bd	44.68 bg	1.31 hi
JUN-159	10.55 ad	29.67 bd	41.33 fg	1.23 i
ANC-585	10.64 ad	29.00 cd	46.00 bg	1.34 fi
CUZ-292	10.41 ae	30.67 bd	55.68 a	1.46 bh
CONTROL	10.06 ae	30.33 bd	49.00 af	1.65 ab
UCAY-032	9.97 af	29.33 bd	45.68 bg	1.39 di
LBQU-141	8.75 fj	30.00 bd	52.33 ab	1.33 gi
ANC-212	8.60 gj	31.33 ad	42.33 fg	1.31 hi
LIB-242	8.40 hj	31.67 ad	47.33 bf	1.67 a
CAJ-208	7.53 jk	32.67 ab	45.33 bg	1.45 bh
SMII-031	7.43 jk	32.33 ac	49.00 af	1.58 ad
SMII-057	6.35 k	32.33 ac	51.33 ad	1.55 af

1 Results presented in this table are selected examples of the larger experiment. Full results are included in (21).

2 Means followed by a common letter are not significantly different at 0.05, DMRT.

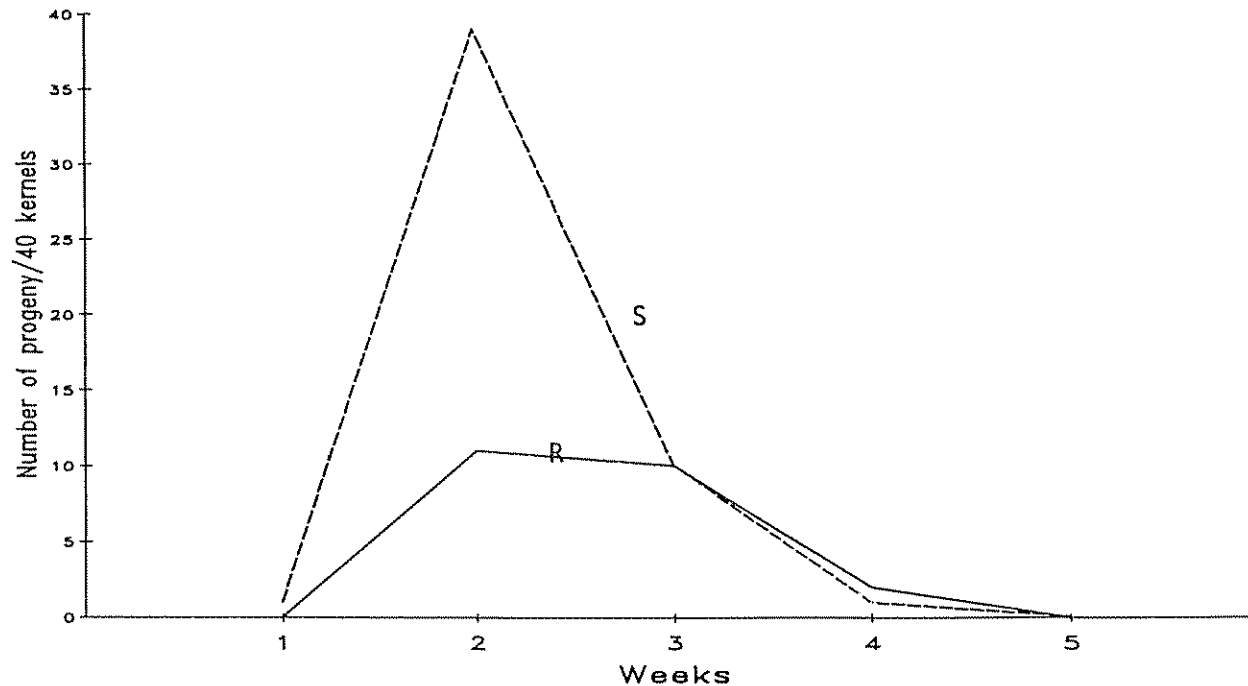


Fig 1. Emergence pattern of *Sitophilus zeamais* Motsch on resistant (R) and susceptible (S) maize.

Mills (20), meaning that both tests were effective in discriminating maize cultivars according to their susceptibility to the rice weevil. However, little correlation was found by Teetes *et al.* (22) between screening tests with sorghum varieties against the maize weevil.

The mean separation of accessions by susceptibility index (Table 6) showed a wide array of groupings, indicating that diverse genetic backgrounds were responsible for susceptibility or resistance. The majority of the flinty accessions grouped as the susceptible "a," which also contained the susceptible check. The most resistant group "k" was composed of flint accessions. The SI increased as the F_1 progeny increased and the developmental period decreased.

In Figs. 1 and 2, the cumulative and non-cumulative frequency distribution of F_1 progeny emergence were grouped by weekly count. The weekly emergence in the flinty-susceptible (JUN-159) peaked at the second week. In the flint-resistant (SM-058), the peak was spread between weeks two and three. These figures are comparable to those of the granary weevil reported by Howe and Hole (8) and the maize weevil by Dobie (4).

Since the full developmental period was excluded from the analysis of SI, which takes into account only the initial 50 percent emergence, in order to study developmental variability in the population,

further analyses of variance of days elapsed to first (DFE) and to last (DLE) were performed. These analyses showed significant differences. According to DMRT for DFE, three groups were formed. Flinty accessions induced some weevils to emerge earlier than did flint accessions. In this connection, developmental period in the granary weevil has been found to be a genetically controlled trait, but influenced by environmental factors (13). These results suggested that genetic differences among F_1 offspring were narrow for DFE; as a result, early-developing individuals emerged within a short minimum time period. It appears, therefore, that despite the relative lack of genetic plasticity in the weevils, the kernel characteristics of the different maize accessions seem to have forced the genetic or physiological factors controlling early emergence to be expressed differently.

By contrast, the groupings of days to last emergence was wider and more diverse. In general, flint accessions induced some individuals to delay emergence. In this case, the variability among late emerging individuals was more evident than for DFE.

Of significant value to modern breeding programs would be a phenotype that decreases progeny number, increases developmental period, and decreases the weight of the weevils. As indicated earlier, flinty accessions yielded more progeny, a shorter developmental period, and smaller insects, whereas flint

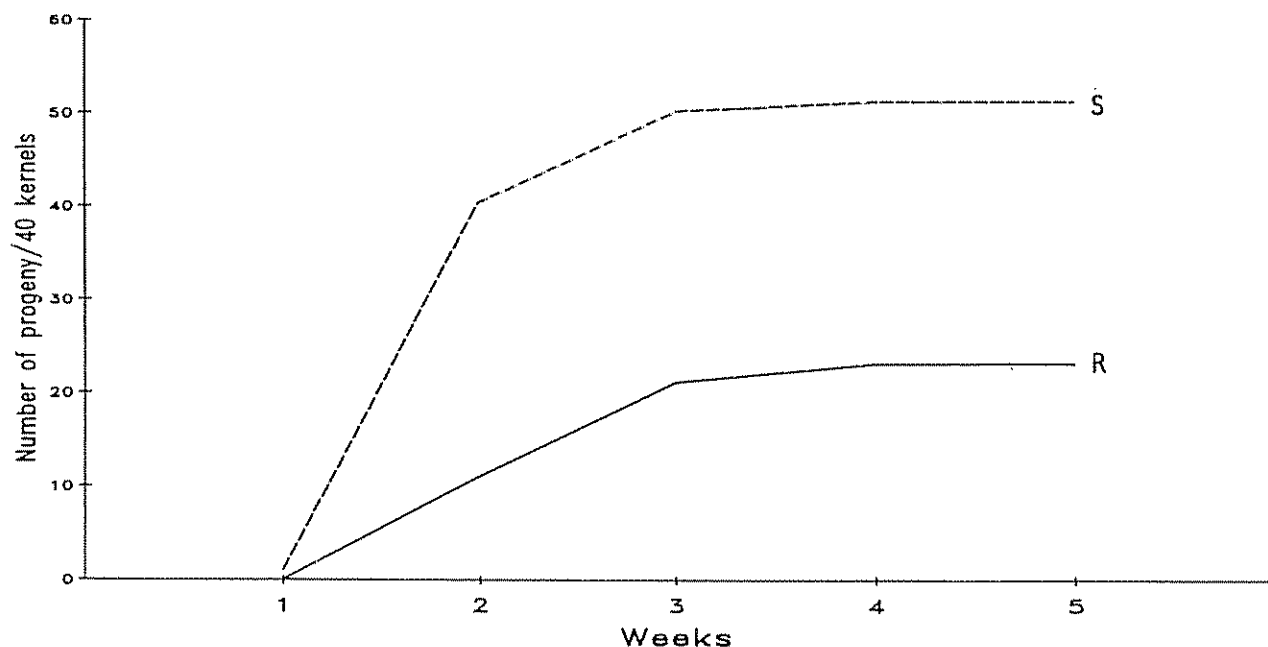


Fig. 2. Cumulative frequency distribution of emergence of *Sitophilus zeamais* Motsch. in resistant (R) and susceptible (S) maize.

accessions yielded fewer progeny, a longer developmental period, and larger weevils. We found that the accessions in the no-choice test included some which constituted exceptions to the general trend, that is, susceptibles which prolonged the developmental period (CUZ-292, 55.68 days), and resistant accessions which decreased weight (LBQU-141, 1.33 mg) (Table 6).

Decreased weight and prolonged developmental period of the weevils are factors that favor the permanence of resistance in maize genotypes (3). Thus, it would be desirable to make crosses between resistant and susceptible accessions and select those progenies that segregate jointly for these two characters.

LITERATURE CITED

1. COGBURN, R.R. 1974. Domestic rice varieties: apparent resistance to rice weevils, lesser grain borers and *Angoumois* grain moths. *Environmental Entomology* 3:681-685.
2. DIAZ, C., G. 1967. Some relationships of representative races of corn from the Latin American germplasm seed bank to intensity of infestation by the rice weevil *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). Ph.D. Dissertation. Manhattan, USA, Kansas State University. 83 p.
3. DOBIE, P. 1974. The laboratory assessment of the inherent susceptibility of maize varieties to post-harvest infestation by *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Product Research* 10:183-197.
4. DOBIE, P. 1977. The contribution of the Tropical Stored Product Centre to the study of insect resistance in stored maize. *Tropical Stored Product Information* 34:7-22.
5. DOBIE, P. 1984. Biological methods for integrated control of insects and mites in tropical stored products. I. Resistant varieties. *Tropical Stored Product Information* 48:2-8.
6. FORNIER, G.; ARNASON, J.I.; LAMBERI, J.D.H.; McNeill, J.; NOZZOLILLO, C. & B.J.R. PHILOGE. 1982. Local and improved corns (*Zea mays*) in small-farm agriculture in Belize, C.A.: Their taxonomy, productivity and resistance to *Sitophilus zeamais*. *Phytoprotection* 63:68-78.
7. GROBMAN, A.; SALHUANA, W.; SEVILLA, R. 1961. Races of maize in Peru. National Academy of Sciences. National Research Council Publication no 915. 373 p.
8. HOWE, R.W.; HOLE, B.D. 1967. The yield of cultures of *Sitophilus granarius* at 25 and 75 percent relative humidity with observations on rate of oviposition and development. *Journal of Stored Product Research* 2:257-272.

9. LEGG, D.E.; TIPPING, P.W.; BARNES, R.J.; RODRIGUEZ, J.E. 1986. Optimal grain quantity and insect density for maize weevil interaction studies. In Abstract of the North Central Branch of the Entomological Society of America (41., 1985, Minneapolis, Min.) Annual Meeting. Minneapolis, Min. p. 10.
10. McCAIN, F.S.; EDEN, W.C.; SINGH, D.N. 1964. A technique for selecting for rice weevil resistance in corn in the laboratory. *Crop Science* 4(1):109-110
11. MILLS, R.B. 1976. Host resistance to stored-product insects. In Proceedings of the Joint United States-Japan Seminar on Stored Product Insects. Manhattan, Kansas, USA. p. 77-87
12. REDDY, D.B. 1951. Determination of sex in rice and granary weevils. *Pan Pacific Entomologist* 27(1): 13:16.
13. RICHARDS, O.W. 1947. Interaction of environmental parameters and genetic factors in determining the weight of grain weevils, *Calandra granaria* (L.) (Col., Curculionidae). *Proceedings of the Zoological Society of London* 118:49-81
14. RODRIGUEZ-RIVERA, R. 1979. Resistance of three geographical populations of the maize weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) in native cultivars of corn from the Yucatan Peninsula. Ph.D. Dissertation. Manhattan, USA, Kansas State University. 141 p.
15. ROGERS, R.R.; MILLS, R.B. 1974. Evaluation of the world sorghum collection for resistance to the maize weevil *Sitophilus zeamais* Motsch. *Journal of the Kansas Entomological Society* 47(1):36-41.
16. SCHOONHOVEN, A.V. 1972. Aspects of resistance in corn selections to the maize weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). Ph.D. Dissertation. Manhattan, USA, Kansas State University. 257 p.
17. SCHOONHOVEN, A.V.; WASSON, C.E.; HORBER, E. 1972. Development of maize weevil in kernel of opaque-2 and floury-2 nearly isogenic inbred lines. *Crop Science* 12:862-863.
18. SCHOONHOVEN, A.V.; HORBER, E.; WASSON, C.E.; MILLS, R.B. 1975. Selection for resistance to the maize weevil in kernels of maize. *Euphytica* 24:639-644
19. SCHOONHOVEN, A.V., HORBER, E.; MILLS, R.B. 1975. Conditions modifying expression of resistance of maize kernels to maize weevil. *Environmental entomology* 5(1):163-168.
20. STEVENS, R.A.; MILLS, R.B. 1973. Comparison of techniques for screening sorghum grain varieties for resistance to rice weevil. *Journal of Economic Entomology* 66:1 222-1 223.
21. URRELO, R. 1987. Factors affecting oviposition, development, and behavior of the maize weevil *Sitophilus zeamais* Motsch. in Peruvian maize accessions. Ph.D. Dissertation. Manhattan, USA, Kansas State University. 275 p.
22. TEETES, G.L.; CHANTRASON, W.; JOHNSON, J.W.; GRANOVSKY, T.A.; ROONEY, L.W. 1981. Maize weevil: a search for resistance in converted exotic sorghum kernels. Texas, USA, Texas. Texas Agricultural Experiment Station. 38 p.
23. VAN DER SCHAAF, P.; WILBUR, D.A.; PAINTER, R.H. 1969. Resistance of corn to laboratory infestation of the larger rice weevil *Sitophilus zeamais*. *Journal of Economic Entomology* 62:352-355
24. WELLHAUSEN, E.J.; FUENTES, A.; HERNANDEZ, A. 1957. Races of maize in Central America. National Academy of Sciences. National Research Council Publication no. 511. 223 p.
25. WILBUR, D.A.; QUINTANA, R.; YOUNG, R. 1962. Efectos de la altitud sobre unos insectos y el daño que causan al grano almacenado. *Agricultura Técnica México* 12:49-50.
26. WHEATLEY, P.E. 1973. Relative susceptibility of maize varieties. *Journal of Stored Product Information* 25:16-18
27. WIDSTROM, N.W.; REDLINGER, L.M.; WISER, W.J. 1972. Appraisal of methods for measuring corn kernel resistance to *Sitophilus zeamais*. *Annals of the Entomological Society America* 65(3):790-792.
28. WHITE, S.C. 1975. Laboratory studies of levels and causes of resistance in stored sorghum varieties. M.S. Thesis. Manhattan, USA, Kansas State University. 70 p.

Soybean Root Growth and Nutrient Uptake as Affected by Lime Rates and Plant Age. I. Al, Mn, P, and S¹

J. A. Martini, R. G. Mutters*

ABSTRACT

A growth chamber experiment was conducted to determine the effect of lime rates and time on soil acidity and nutrient availability, and on root growth and nutrient uptake by a determinate soybean cultivar (*Glycine max* Merr.). The study consisted of three lime rates (0, 3 and 6 Mg/ha) and four plant ages (2, 4, 6, and 8 weeks after emergence) in four randomized complete blocks. Root length increased linearly to week 6 and then stopped. Liming at the recommended rate of 3 Mg/ha was associated with longer and finer roots. Shoot to root ratios increased with plant age and with liming at the recommended rate. The high shoot to root ratios, based on dry weights, indicate that with adequate liming soybean roots may perform more efficiently because of longer and finer roots, lower Al and Mn toxicities, and higher nutrient availability in the soil. The effects of lime rates and plant age on shoot Al and shoot nutrient parameters were also determined. The parameters consisted of elemental concentration, total content, accumulation rate per shoot per day, and uptake rate per meter of root per day in the shoots. The elemental concentrations represented the balance between rate of nutrient uptake and rate of shoot growth, where nutrient uptake was conditioned by soil nutrient availability, root activity and plant requirements; and shoot growth constituted a diluting factor. The total elemental content was given by the concentration times the shoot dry weights. The accumulation rate represented the net influx into the shoots and was indicative of the general activity and nutritional requirements of the plant. The uptake rate per meter of root was related to root activity as determined by the balance between rate of root growth and rate of root aging and by the nutritional demands of the soybean plant. Shoot Al concentrations decreased with plant age in the unlimed pots, despite high soil Al. Al uptake per meter of root decreased with time. Shoot nutrient parameters for Mn, P and S behaved differently when compared to those of the non-nutrient Al. Shoot P parameters responded well to the high root length growth rates resulting from adequate liming, because of low soil P mobility.

COMPENDIO

El tamaño del sistema radicular aumentó con la edad de la planta pero la tasa de cambio varió con el parámetro radicular y el nivel de encalamiento. El largo del sistema radicular aumentó linealmente hasta la sexta semana y después permaneció constante. Este aumento fue atribuido a que el crecimiento fue mayor que la descomposición del sistema radicular durante este período. El encalamiento recomendado resultó en sistemas radiculares más largos y con raíces más finas. La proporción tallo/raíz aumentó con la edad de la planta y con el encalado recomendado. Esta alta proporción de tallo a raíz indica que, con un encalado adecuado, la planta de soya funciona más eficientemente debido al largo y finura de las raíces, a la baja toxicidad de Al y Mn, y a la alta disponibilidad de los nutrimentos. El aumento de la proporción tallo/raíz también fue debido a sistemas radiculares más eficientes, lo cual se atribuyó al incremento de la longitud radicular por unidad de peso de las raíces. La tasa de absorción de nutrimentos en función de la edad de la planta, también varió significativamente según el parámetro nutrimental y el nivel de encalamiento. Los parámetros de absorción de nutrimentos utilizados fueron: concentración, contenido total en el tallo, tasa de acumulación por tallo por día, y tasa de absorción por metro de raíz por día. La concentración elemental representó el balance entre la tasa de absorción de nutrimentos y la tasa de crecimiento del tallo (factor diluyente). El contenido elemental total resultó de la concentración y el peso seco del tallo. La tasa de acumulación representó el influjo neto en el tallo y fue indicativa de la actividad y requerimientos nutricionales de la planta. La absorción de nutrimentos por metro de raíz fue relacionada con la actividad radicular, determinada por el balance entre la tasa del crecimiento radicular y la tasa de envejecimiento (lignificación y reducción en permeabilidad) de las raíces. En cuanto a la concentración, ésta disminuyó para Al y S, pero tendió a aumentar para Mn y P, aún cuando el crecimiento del tallo ejerció un efecto diluyente. El contenido elemental total siempre aumentó con la edad de la planta, debido al incremento del peso seco del tallo, aún cuando la concentración del nutrimento pudo disminuir. La tasa de acumulación nutrimental por tallo por día, tendió a aumentar con la edad de la planta y generalmente alcanzó el valor máximo entre la cuarta y sexta semana. La tasa de absorción nutrimental por metro de raíz por día tendió a disminuir con la edad de la planta debido al crecimiento radicular o menor demanda de absorción por cada metro de raíz, y a la pérdida de la actividad radicular causada por la lignificación y baja permeabilidad de las raíces más viejas.

¹ Received for publication 20 May 1988.
Contribution from the Department of Agronomy and Soils, S.C. Agric. Exp. Sta., Journal Series No. 2387, Clemson University, Clemson, SC. 29634-0359

* Professor and Graduate Research Assistant, Department of Agronomy and Soils, Clemson University, Clemson, SC. 29634-0359

INTRODUCTION

Liming is an essential practice in the southeastern United States because of the need to reduce toxic levels of Al and Mn, and other acidity-induced plant stresses. Relationships among liming, soil acidity and plant growth has been the subject of much research (2, 3, 8, 9, 13, 22, and 26). One of the conclusions that has surfaced from this work is that overliming highly weathered soils should be avoided because of detrimental effects related to nutrient availability, incidence of soil-borne diseases and plant performance (14, 15 and 16).

Although much work has been done with plant shoots, the limited research characterizing root development and activity has created a vacuum in understanding the plant's performance in developing crop and soil management models to optimize yields. Basic research conducted during the last few years on root growth and nutrient uptake has laid the foundation for more applied work in this area (6, 11, 21, 23, 24, 25, and 29). Information on the rate of root growth, expressed in terms of length rather than weight, has provided insight into the role played by the root system in relation to crop responses to various soil properties and treatments (4, 7, 12, 20, 27, and 28).

The main objective of this investigation was to determine the effect of lime rates and time on soil acidity and nutrient availability, and on root growth and nutrient uptake by a determinate soybean cultivar (*Glycine max* Merr.). Root length, as opposed to root weight or volume, was selected as the most useful parameter for characterizing root growth and its impact on nutrient uptake and shoot performance.

MATERIALS AND METHODS

A growth chamber study was conducted with soil from the A horizon of a Cecil sandy loam (Typic Hapludult). A factorial design in four randomized complete blocks was used. The experimental factors were: three lime rates (0, 3 and 6 Mg/ha) applied two weeks before planting and four plant ages (2, 4, 6 and 8 weeks after emergence). Three Mg/ha was the recommended lime rate based on the Adams-Evans buffer method (1). Dolomitic limestone with a 100% CaCO₃ equivalent was applied. All pots received 25 ug/g of N, 100 ug/g of P and 50 ug/g of K, applied as 5-10-10 and 0-20-0 at planting time. Soil and materials were mixed in a twin-shell dry blender to insure uniform distribution. The treated soils were packed at a bulk density of approximately 1.15 Mg/m³ in plastic containers (PVC pipes) 10 cm in diameter and 60 cm deep. The soil columns, open at the

bottom, were placed on sand-filled aluminum plates and maintained at or near field capacity with distilled water.

Eight inoculated Bragg soybean seeds were planted per pot and seedlings were thinned to four plants per pot two days after emergence. The growth chamber was maintained at 27°C, 50% relative humidity, and 15 h of light per day with an intensity of 2 000 to 3 000 cd. Fresh roots were collected by wet sifting the soil through stainless steel sieves, washed with distilled water, blotted dry and weighed. Root volume was measured by water displacement in a graduated cylinder. The average root diameter was calculated from the volume equation for a cylinder ($V = \pi r^2 L$). Root length was determined by the root-line intersection method proposed by Newman (21) and Tennant (28), using the equation: $L = N (\pi A / 2H)$. Where L = root length, N = number of intercepts (average of 50 readings), A = sieve area, and H = length of intercepting line. Nutrient influx in $\mu\text{mol/m}$ of root per day was calculated using the Williams equation (6, 29): $I = [(U_2 - U_1) / (t_2 - t_1)] [(1n L_2 / L_1) / (L_2 - L_1)]$, where I = nutrient uptake rate, U = nutrient content of the plants, t = uptake time, and L = root length.

Soil pH was determined in water (1:1) potentiometrically; exchangeable Al was extracted with 1 M KCl and measured colorimetrically using the aluminum method (19); Mn and P were extracted with the Mehlich I solution (0.05 M HCl and 0.013 M H₂SO₄), Mn was measured by atomic absorption spectrophotometry, and P was determined colorimetrically with the molybdenum blue method using SnCl₂ as a reducing agent (10). SO₄-S was extracted with neutral, 1M NH₄OAc and determined colorimetrically by the BaCl₂ turbidimetric method (5). Plant tissues were digested using the double acid (HNO₃ and HClO₄) method and element concentrations were determined as indicated for soil samples.

Table 1. Shoot dry weights as affected by lime rates and plant age.

Lime Applied (Mg/ha)	Plant Age - Weeks			
	2	4	6	8
	(g/plant)			
0	1.25	2.94	6.34	10.01
3	1.51	3.07	7.64	12.17
6	1.19	2.25	5.05	8.19
1SD (0.05) =	0.18	0.56	1.21	2.11

RESULTS AND DISCUSSION

Shoot weight (Table 1) changed slowly early in the plant life cycle but increased rapidly after week four. Liming at the recommended rate of 3 Mg/ha (1X) increased shoot weight but liming with twice the recommended rate (2X) and not liming (0X) reduced it.

Root measurements (Fig. 1) also increased with plant age, but the rate of change during the growth period varied with root parameter and lime treatment. Root length increased linearly up to week six and then remained constant up to week eight when the plants were harvested (Fig. 1b). The increase in root length up to week six meant that root growth rates were greater than the root decay rates. At week eight, these two parameters were the same and consequently net growth was zero. Root systems produced in the growth chamber lacked well-defined taproots, relative to field-grown soybean plants (17, 18). Liming at the recommended rate resulted in longer root systems and also finer roots at week six and eight (Fig. 1). Liming at twice the recommended rate was generally detrimental to root growth, partly because of P deficiency as shown by soil analysis (Fig. 3c) and shoot composition (Fig. 6).

As indicated by the low root density values, the root systems were never pot-bound. Average root densities at week eight were 0.70, 0.78 and 0.59 Mcm/m³ of soil in the 0X, 1X and 2X treatments, respectively.

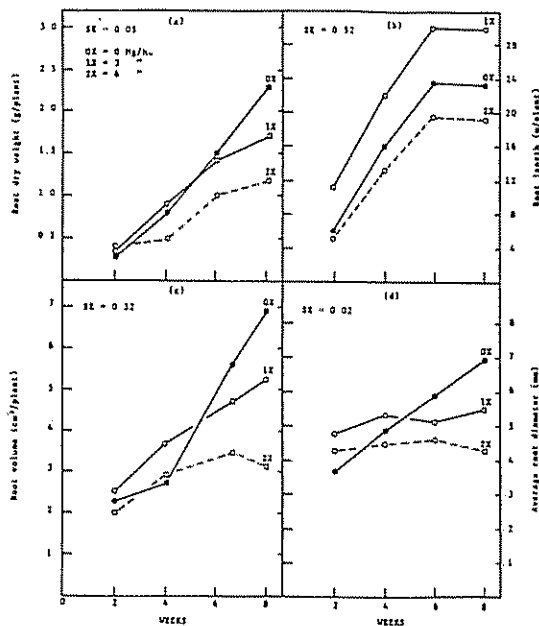


Fig. 1. Root growth parameters as affected by lime rates and plant age.

Shoot to root ratios (Table 2) increased with plant age, regardless of lime treatment. Liming at the recommended rate resulted in the highest ratios during the experiment. These high ratios (based on dry weights) indicate that with adequate liming the soybean root system performs more efficiently because of its longer and finer roots, lower Al and Mn toxicities, and higher nutrient availability. It is well known that one of the symptoms of Al toxicity is the development of short and stubby root systems (9, 15 and 16).

The increase in shoot to root weights with plant age (Table 2) suggests an increase in the efficiency of the soybean plant or an increase in shoot size at the expense of the roots, which may lead to higher yield potentials. The increase in shoot to root ratios with time is also indicative of a more efficient root system due to an increase in root length per unit of root weight, up to week four or six, particularly when soils were limed (Table 3).

The effects of lime rates and time on selected soil properties are depicted in Figs 2 and 3. Soil properties responded as expected. Liming at the recommended rate raised soil pH to adequate levels, reduced the extractable soil Al and Mn, and increased the availability of P and S. Liming with twice the recommended rate reduced the amount of available soil P, possibly due to the formation of some tricalcium phosphate. Most of the lime-induced adjustments on soil properties took place by week two. This was particularly significant in reducing Al toxicity and promoting the development of long and fine root systems. The effect of time on the amounts of available nutrients in the soil was similar in all cases. Nutrient supply first increased due to fertilization and the impact of liming and then decreased as a result of nutrient uptake and other soil-nutrient interactions. The decrease of extractable soil nutrients began at week six for Mn, week four or six for P, and week two for S.

Table 2. Shoot to root ratio as affected by lime rates and plant age*.

Lime Applied (Mg/ha)	Plant Age - Weeks			
	2	4	6	8
0	3.66	3.82	4.28	4.31
3	4.21	4.41	5.58	6.91
6	3.35	4.17	4.95	6.77

LSD (0.05) = 0.5

* Shoot to root ratios based on dry weights.

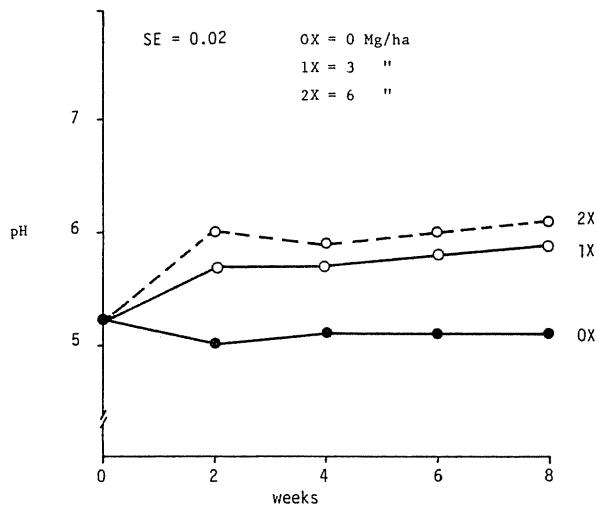


Fig. 2. Effect of lime rates and time on soil pH.

The effects of lime rates and plant age on shoot Al and shoot nutrient parameters are presented in Figs. 4 through 7. The parameters consisted of elemental concentration, total content, accumulation rate per shoot per day, and uptake rate per meter of root per day in the shoots. The elemental concentrations represented the balance between rate of nutrient uptake and rate of shoot growth, where nutrient uptake was conditioned by soil nutrient availability, root activity and plant requirements; and shoot growth constituted a diluting factor. The total elemental content was given by the concentration times the shoot dry weights. The accumulation rate represented the net influx into the shoots and was indicative of the general activity and nutritional requirements of the plant. The uptake rate per meter of root was related to root activity as determined by the balance between rate of root growth and rate of root aging and by the nutritional demands of the soybean plant.

Table 3. Ratio of root length to root weight as affected by lime rates and plant age*.

Lime Applied (Mg/ha)	Plant Age – Weeks			
	2	4	6	8
0	3.05	5.67	4.19	3.30
3	3.83	6.19	6.21	5.29
6	2.74	6.15	6.49	6.44

LSD (0.05) = 0.5

* Root length in meters per unit of fresh root weight per plant.

Shoot Al concentrations (Fig. 4a) were negligible in the limed pots, regardless of plant age, because of reduced soil Al activity (Fig. 3a). Shoot Al concentrations in the unlimed pots were high but decreased with plant age due to dilution by shoot growth (Table 1) and decreasing uptake rates (Fig. 4d) in spite of high soil Al (Fig. 3a).

Total shoot Al (Fig. 4b) in limed pots was much lower than in unlimed pots. Total shoot Al in the unlimed pots increased with plant age, despite decreasing shoot Al concentrations (Fig. 4a), because of fast shoot growth rates (Table 1) and high soil Al activity (Fig. 3a).

The rates of Al accumulation (Fig. 4c) and Al uptake per meter of root (Fig. 4d) were similar and followed the same general trend of shoot Al concentrations (Fig. 4a). Shoot Al accumulation rates were high in the unlimed pots but decreased with plant age because of dilution by shoot growth and lack of plant demands. Aluminum uptake per meter of root per day was also high in the unlimed pots but decreased with plant age. This reduction in Al uptake per meter of root with time represents the normal trend and is due to dilution by shoot growth and decreasing root activity. The decrease in root activity per unit length was attributed to aging of roots and increasing length of young roots, which reduced the uptake demands by each meter of root.

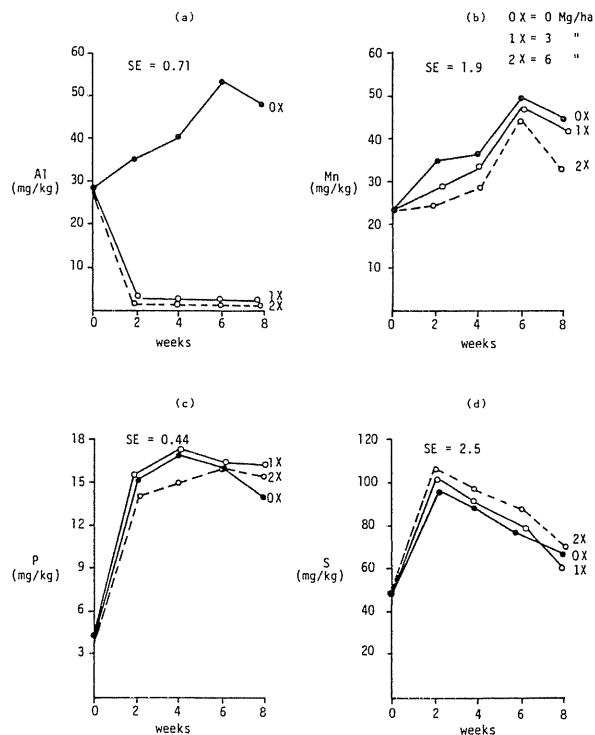


Fig. 3. Effect of lime rates and time on soil Al, Mn, P, and S.

Shoot parameters for Mn (Fig. 5), P (Fig. 6) and S (Fig. 7) were different when compared to those of Al (Fig. 4) in that increases were larger and decreases were smaller with time. These results were attributed to the nutritional requirements of the soybean plant and the high availability of these nutrients in the soil (Fig. 3).

Shoot Mn concentrations (Fig. 5a) in the limed pots were lower than in the unlimed pots, regardless of plant age and despite the longer root systems (Fig. 1b). These results were attributed to reduced soil Mn activity (Fig. 3b). Shoot Mn concentrations increased with age for all treatments up to week six and then decreased at week eight. Shoot growth failed to dilute concentrations during the first six weeks because of the relatively large plant nutrient requirements (Fig. 5c), high uptake rates (Fig. 5d) and high soil Mn availability (Fig. 3b).

Total shoot Mn (Fig. 5b) increased with plant age, regardless of treatment and particularly after week four, because of fast shoot growth rates (Table 1) and high shoot Mn concentrations (Fig. 5a).

Shoot Mn accumulation (Fig. 5c) increased with age up to week six because of the high nutritional demands of the soybean plant, high root activity, and high soil Mn availability (Fig. 3b). The increase in Mn uptake per meter of root up to week six (Fig. 5d), despite increasing root length (Fig. 1b), indicated high root activity, largely induced by the high nutri-

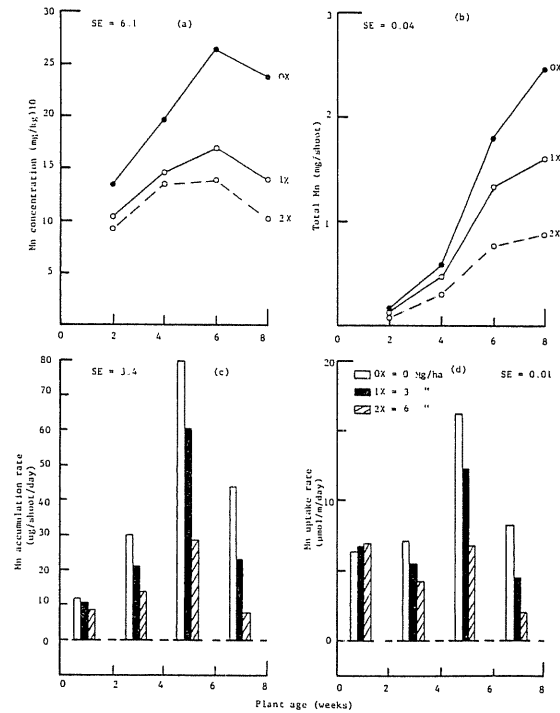


Fig. 5. Shoot Mn parameters as affected by lime rates and plant age.

tional demands of the plant. The increase in shoot to root ratios with time (Table 2), in spite of increasing root length up to week six (Fig. 1b), was partly responsible for the large nutritional demands and high root activity. The decrease in Mn uptake per meter of root after week six (Fig. 5d), without an increase in root length (Fig. 1b), was attributed to reduced nutrient demands, less root activity and lower soil Mn availability (Fig. 3b).

Shoot P concentrations (Fig. 6a), accumulation rates (Fig. 6c), and daily uptake per meter of root (Fig. 6d) increased with plant age up to week six or eight, depending on the variable. The increases in shoot P, as opposed to the decreases noted for shoot Al, were largely attributed to high nutritional demands, large root activity, and high soil P availability (Fig. 3c). Shoot P parameters (Fig. 6) benefitted from fast root length growth rates up to week six (Fig. 1b), particularly when liming at the recommended rate.

Liming at the recommended rate was beneficial to all shoot P parameters because of the longer (Fig. 1b) and finer (Fig. 1d) root systems and higher soil P availability (Fig. 3c). Liming with twice the recommended rate was detrimental to the various shoot P parameters (Fig. 6) because of reduced root length (Fig. 1d) and lower soil P activity (Fig. 3c).

Shoot S concentrations (Fig. 7a) did not increase with plant age as was the case with P and Mn but they

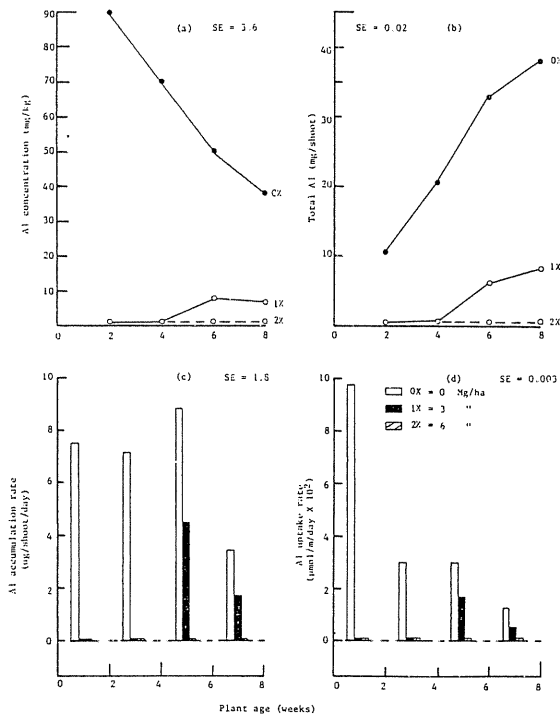


Fig. 4. Shoot Al parameters as affected by lime rates and plant age.

did not decrease as fast as shoot Al concentrations because of the S required by the soybean plant. Plant S demands became evident with the increasing shoot S accumulation rates up to week six (Fig. 7c). The general reduction of shoot S uptake per meter of root with plant age (Fig. 7d) was attributed to decreasing plant S requirements after week six (Fig. 7c), diminishing root activity with aging, and lower soil S availability (Fig. 3d). Shoot S concentrations (Fig. 7a) correlated better with S uptake per meter of root (Fig. 7d) than with S accumulation rates (Fig. 7c). These results were attributed to the strong role played by roots on nutrient uptake rates.

Total shoot S (Fig. 7b) also increased with plant age. Liming at the recommended rate was beneficial, but liming with twice the recommended rate was generally detrimental to total shoot S.

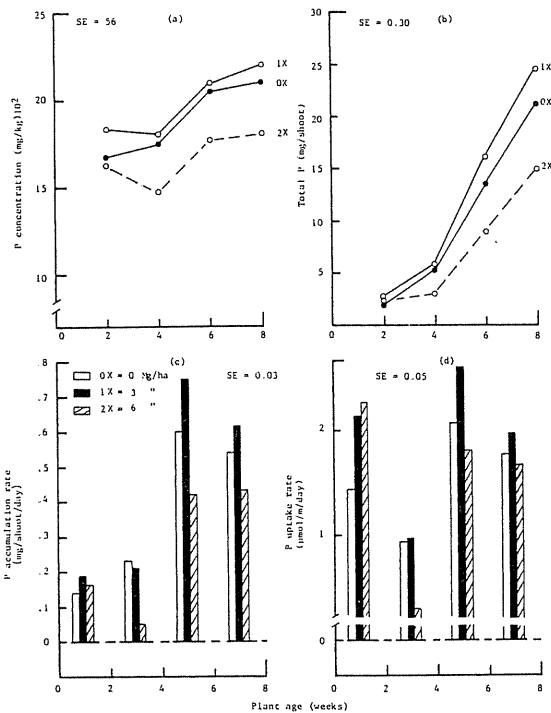


Fig. 6. Shoot P parameters as affected by lime rates and plant age.

CONCLUSIONS

It is well known that liming acid soils produces higher crop yields because of greater nutrient availability, enhanced N fixation, and elimination of elemental toxicity problems. Data presented in this paper showed that when a soil was limed at the recommended rate, the soybean root system performed more efficiently. These results were attributed to longer and finer roots particularly in the older plants, elimination of Al and Mn toxicities, and higher nutrient availability in the soil.

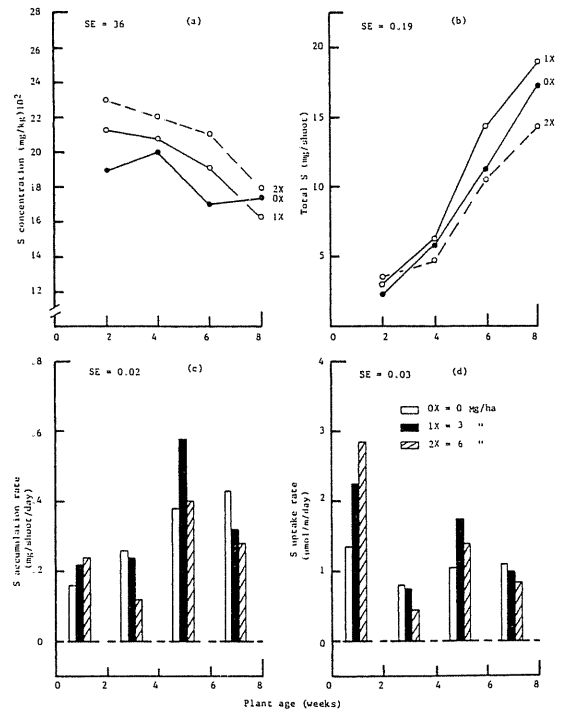


Fig. 7. Shoot S parameters as affected by lime rates and plant age.

Liming also produced higher shoot to root ratios. These data suggest an improvement in plant efficiency, i.e., an increase in shoot weight at the expense of the roots, which may be conducive to higher yield potentials, particularly under low stress conditions. The increase in shoot to root ratios was also associated with a more efficient root system, which was attributed to an increase in root length per unit of root weight. Root length increased rapidly during the first six weeks and then remained constant up to week eight. The increase in root length was attributed to a high rate of root growth relative to the rate of root decay.

LITERATURE CITED

- ADAMS, F.; EVANS, C.E. 1962. A rapid method for measuring lime requirement of Red-Yellow Podzolic soils. Soil Science Society of American Journal 26:355-357.
- ADAMS, F.; MOORE, B.L. 1983. Chemical factors affecting root growth in subsoil horizons of Coastal Plain soils. Soil Science Society of American Journal 47:99-102.
- ARMIGER, W.H.; FOY, C.D.; FLEMING, A.L.; CALDWELL, B.E. 1968. Differential tolerance of soybean varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum. Agronomy Journal 60:67-70.

- 4 BARBER, S.A. 1978. Growth and nutrient uptake of soybean roots under field conditions. *Agronomy Journal* 70:457-461.
- 5 BARDSLEY, C.E.; LANCASTER, J.D. 1965. Sulfur. In *Methods of soil analysis* Ed. by C.A. Black Madison, Wisc., American Journal of Agronomy p. 111-113
- 6 BREWSTER, J.L.; TINKER, P.B. 1972. Nutrient flow rates into roots. *Soils and Fertilizers* 35:355-359.
- 7 EDWARDS, J.H.; BARBER, S.A. 1976. Phosphorus uptake rate of soybean roots as influenced by plant age, root trimming and solution P concentration. *Agronomy Journal* 68:973-975
- 8 FARINA, M.P.W.; SUMNER, M.E.; PLANK, C.O.; LETZSCH, W.S. 1980. Exchangeable aluminum and pH as indicators of lime requirement for corn. *Soil Science Society of American Journal* 44:1036-1041
- 9 FOY, C.D.; FLEMING, A.L.; ARMINER, W.H. 1969. Aluminum tolerance of soybean varieties in relation to calcium nutrition. *Agronomy Journal* 61: 505-511.
- 10 JACKSON, M.L. 1958. *Soil chemical analysis* Englewood Cliffs, N.J.; Prentice-Hall p 134-150
- 11 JONES, C.A.; REEVES, A.; SCOTT, J.D.; BROWN, D.A. 1978. Comparison of root activity in vegetative and reproductive soybean plants. *Agronomy Journal* 70:751-755.
- 12 JUNGK, A.; BARBER, S.A. 1974. Phosphate uptake rate of corn roots as related to the proportion of the roots exposed to phosphate. *Agronomy Journal* 66:554-557.
- 13 KAMPRATH, E.J. 1970. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. *Soil Science Society of American Journal* 34:252-254
- 14 KAMPRATH, E.J. 1971. Potential detrimental effects from liming highly weathered soils to neutrality. *Soil and Crop Science Society Florida* 31:200-203
- 15 MARTINI, J.A.; KOCHHANN, R.A.; SIQUEIRA, O.J.; BORKERT, C.M. 1974. Response of soybeans to liming as related to soil acidity, Al and Mn toxicities, and P in some Oxisols of Brazil. *Soil Science Society of American Journal* 38:616-620.
- 16 MARTINI, J.A.; KOCHHANN, R.A.; GOMES, E.P.; LANGER, F. 1977. Response of wheat cultivars to liming in some high Al Oxisols of Rio Grande do Sul, Brazil. *Agronomy Journal* 69:612-616.
- 17 MARTINI, J.A.; MUTTERS, R.G. 1985. Effect of lime rates on nutrient availability, mobility and uptake during the soybean growing season I. Al, Mn, and P. *Soil Science* 139:219-226.
- 18 MARTINI, J.A.; MUTTERS, R.G. 1985. Effect of lime rates on nutrient availability, mobility and uptake during the soybean growing season. II. Ca, Mg, K, Fe, Cu, and Zn. *Soil Science* 139:333-343.
- 19 MCLEAN, E.O. 1965. Aluminum. In *Methods of soil analysis*. Ed. by C.A. Black Madison, Wis, Agron. Amer. Soc. p. 985-990.
- 20 MENGEL, D.B.; BARBER, S.A. 1974. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions. *Agronomy Journal* 66:399-402
- 21 NEWMAN, E.I. 1966. A method of estimating the total length of root in a sample. *Journal of Applied Ecology* 3:139-145.
- 22 PARKER, M.B.; HARRIS, H.B.; MORRIS, H.D.; PERKINS, H.F. 1969. Manganese toxicity of soybeans as related to soil and fertility treatments. *Agronomy Journal* 61:515-518.
- 23 RAPER JUNIOR, C.D.; BARBER, S.A. 1970. Rooting systems of soybeans. I. Differences in root morphology among varieties. *Agronomy Journal* 62: 581-584.
- 24 RAPER JUNIOR, C.D.; BARBER, S.A. 1970. Rooting systems of soybeans. II. Physiological effectiveness as nutrient absorption surfaces. *Agronomy Journal* 62:585-588.
- 25 SANDERS, J.L.; BROWN, D.A. 1976. Effect of variations in the shoot:root ratio upon the chemical composition and growth of soybeans. *Agronomy Journal* 68:713-717.
- 26 SARTAIN, J.B.; KAMPRATH, E.J. 1978. Aluminum tolerance of soybean cultivars based on root elongation in solution culture compared with growth in acid soil. *Agronomy Journal* 70:17-20.
- 27 SCHENK, M.K.; BARBER, S.A. 1979. Phosphate uptake by corn as affected by soil characteristics and root morphology. *Soil Science Society of American Journal* 43:880-883
- 28 TENNANT, D. 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. *Journal of Ecology* 63:995-1001.
- 29 WILLIAMS, R.F. 1946. The physiology of plant growth with special reference to the concept of net assimilation rate. *Annals of Botany* 10:41-72.

Influencia del Nivel de Proteína y Plano Nutricional sobre el Crecimiento y Conversión Alimenticia del Cerdo Criollo¹

R. Jarquín*, J.L. Sosa**, M. Olivares***, A. Ventura****, R. Bressani*****

ABSTRACT

Three types of homogeneous native pigs (black, hairless, and spotted), widely scattered in the Republic of El Salvador, were placed in three different protein feeding standards: A-(18, 16 and 14%), B-(16, 14 and 12%), and C-(14, 12 and 10%). Change to lower protein level supplied in the diet was made according to live weight attained, whether 14-25, 25-45, and 45-65 kg, which corresponded to initiation, growth, and final periods of development. The black swine proved to be significantly superior in weight gain and thoracic growth, as compared to the hairless and spotted pigs. The black and hairless hogs were superior to the spotted in dorsal growth. Nevertheless, the spotted animals responded better than the hairless and the black in height measured from the floor to the tip of the shoulders. The carcass of the spotted animals showed less fat content than the other two types. Comparison of the nutritional programs showed that Program C was superior than B and similar to A, only as concerns carcass yield; no significant differences were detected for the other variables. None of the variables analyzed showed interaction effects between types of swine and nutritional programs, thus suggesting that the protein requirements of the native pig could be even lower than levels supplied in this study. The different findings reported in the analyzed variables could be the basis for the well-marked preference of the native pig breeders for the black and hairless pigs.

COMPENDIO

Grupos homogéneos de los tres tipos de cerdos criollos, negro, chino y parchado, ampliamente diseminados en la República de El Salvador, fueron sometidos a tres diferentes planos de alimentación: A-(18, 16 y 14%), B-(16, 14 y 12%) y C-(14, 12 y 10%) de proteína en la ración. El cambio en el suministro de la dieta al nivel inferior de proteína se programó acorde al desarrollo de los cerdos, 14-25, 25-45 y 45-65 kg de peso vivo, correspondiente a las etapas de iniciación, crecimiento y finalización, respectivamente. Los cerdos negros mostraron ser significativamente superiores a los cerdos chinos y parchados en aumento de peso y perímetro torácico; los cerdos negros y chinos, superiores a los parchados en largo dorsal; sin embargo, estos últimos respondieron mejor que los chinos e igual a los negros en altura a la cruz. Las canales de los cerdos parchados resultaron ser menos grasos que las canales de los cerdos chinos y negros. Entre planos nutricionales, el plano C se comporta superior al B y similar al plano A únicamente en la variable porcentaje de rendimiento de la canal; para las otras variables analizadas no se detectan diferencias significativas. En ninguna de las variables se detectó efecto de interacción entre tipos de cerdos y planos nutricionales, indicando que los requerimientos proteínicos para el cerdo criollo podrían ser aún inferiores a los suministrados en este experimento. Las diferencias encontradas en las variables analizadas podrían incidir directa o indirectamente en la marcada preferencia del cerdo tipo negro y chino por el porcicultor rural de El Salvador.

INTRODUCCION

El cerdo criollo o nativo es un recurso importante en la economía de los pobladores rurales del área centroamericana. En la República de El Salvador, se han identificado y caracterizado tres tipos de cerdos criollos, ampliamente diseminados, que, por sus características fenotípicas, se les ha denominado cerdo criollo negro, chino y parchado (5). El cerdo criollo negro se caracteriza por su abundante pelaje negro sin manchas; el chino carece de pelaje con piel negra o negra con blanco y el parchado tiene abundante pelaje de color blanco con manchas negras. Estos animales han sobrevivido a través de muchas generaciones, expuestos a un ambiente adverso en cuanto a nutrición, salud y manejo; sin embargo, debido a un proceso de selección natural, se han adaptado notablemente a las condiciones locales desfavorables (5).

¹ Recibido para publicación el 17 de julio 1987. Este trabajo fue financiado con fondos del Programa sobre Mejoramiento de la Productividad del Cerdo Criollo patrocinado por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo -CID- con sede en Bogotá, Colombia (3-P85-1010-03).

* Científico de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP).

** Estudiante tutorial asociado a la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos.

*** Técnico del Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador.

**** Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos y Coordinador de Investigación del INCAP

La dieta del cerdo debe contener cierta cantidad de proteína cruda, con cantidades y proporciones adecuadas de los aminoácidos esenciales, como también de aminoácidos no esenciales, para satisfacer los requerimientos de nitrógeno y alcanzar la retención óptima de proteína corporal. Esta se obtiene cuando un 50% proviene de aminoácidos no esenciales (3).

Estudios realizados en Estados Unidos (1, 6, 10), en condiciones de alimentación *ad libitum*, utilizando dietas a base de maíz y de harina de torta de soya, con un balance adecuado de aminoácidos, mostraron que, para cerdos de las razas especializadas modernas, el contenido proteínico de la dieta debería de ser, por lo menos, 16% para cerdos entre 20 y 60 kg de peso vivo y de 13 a 14% para cerdos entre 60 y 100 kg. El suministro de dietas con niveles de proteína ligeramente superiores a los mencionados, en un sistema de alimentación también *ad libitum*, afecta muy poco la calidad de la carcasa, a pesar de la mayor disponibilidad de energía para deposición de grasa. Sin embargo, en los casos de un suministro excesivo de proteína cruda, hay reducción de deposición de grasa debido primordialmente a una disminución del apetito (11).

Existe evidencia experimental de que los requerimientos proteínicos del cerdo criollo son inferiores a los de razas especializadas (2, 4); sin embargo, se desconoce la respuesta biológica entre tipos de cerdo criollo, cuando se les suministra dietas con diferente contenido proteínico durante las distintas etapas (iniciación, crecimiento y finalización) de su desarrollo. Por estas razones, se consideró de interés estudiar las respuestas comparativas de los tres tipos de cerdo criollo a las mismas raciones, con el propósito de establecer, en el futuro, sus requerimientos nutricionales

y diseñar raciones económicas para su implementación por los porcicultores del área rural centroamericana.

MATERIALES Y METODOS

Para la formulación de las distintas raciones experimentales, se procedió a elaborar una premezcla de 64.6% de maíz, 35.0% de harina de torta de soya y 0.4% de metionina, cuyo análisis indicó tener 23.6% de proteína y valores calculados de 1.18, 0.70, 0.48 y 0.25% para los aminoácidos lisina, metionina, cistina y triptofano, respectivamente. De esta premezcla se tomó la cantidad necesaria para diseñar las raciones con el nivel proteínico requerido, como se muestra en el Cuadro 1. Estas contenían la misma concentración de aminoácidos esenciales por gramo de nitrógeno, lo cual se obtiene a través de mantener constante la relación soya-maíz en la premezcla, pero, utilizando las cantidades requeridas de la misma en la elaboración de las dietas para el nivel de proteína programado. De esta manera, las proporciones entre los aminoácidos se mantienen constantes, así como la cantidad de los mismos por gramo de nitrógeno, aunque los porcentajes disminuyen conforme desciende el contenido de proteína en las dietas. Se utilizó almidón de maíz por ser un material carente de proteína y fue necesario usar sebo para que las raciones fueran isocalóricas. Los demás ingredientes: melaza, minerales, vitaminas y elementos menores, se mantuvieron constantes para todas las raciones.

En el estudio se incluyeron cerdos criollos de los tres tipos: negro, chino y parchado, todos provenientes de la piara establecida por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador en la estación experi-

Cuadro 1. Formulaciones de las raciones utilizadas para las distintas etapas de crecimiento.

Ingredientes	Raciones No.				
	1	2	3	4	5
Premezcla soya-maíz	76.30	68.00	59.30	50.85	42.40
Melaza	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Vitaminas y elementos menores	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Minerales*	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Almidón de maíz	9.45	16.75	24.30	31.70	39.00
Sebo	-	1.00	2.15	3.20	4.35
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

* Formulación de minerales

Fosfato dicálcico 56.6%, carbonato de calcio 33.4%, cloruro de sodio comercial 10.0%.

mental del CEGA-Izalco, localizada en el Departamento de Sonsonate, a una altura de 390 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación pluvial de 2 200 mm, distribuidos en los meses de mayo a noviembre. La temperatura oscila entre 23.8 y 24°C y la humedad relativa promedio es de 84%, para la época lluviosa y 75% para la época seca.

Los cerdos fueron distribuidos por peso y sexo en nueve grupos de seis animales cada uno. Se programaron tres diferentes planos nutricionales, A, B, y C, con diferente contenido de proteína en la ración para cada tipo de cerdo, en cada etapa de desarrollo, tal como se muestra en el Cuadro 2.

Se consideró oportuno registrar el peso de los animales cada catorce días. Sin embargo, se tuvo el cuidado de reducir este periodo cuando el peso alcanzado requería del cambio correspondiente de dieta, que se programó acorde a la etapa de desarrollo: 14-25 kg,

25-45 kg, 45-65 kg para iniciación, crecimiento y finalización, respectivamente, ya que existe información que el cerdo criollo rinde al destace un buen porcentaje de utilidad a dicho peso (9).

Cuadro 2. Tratamientos nutricionales para las diferentes etapas de desarrollo en los tipos de cerdo criollo negro, chino y parchado.

Plano Nutricional	Etapas de Desarrollo		
	Iniciación	Crecimiento	Finalización
	12-25 kg	25-45 kg	45-60 kg
	% de proteína en la ración		
A Negro			
Chino	18	16	14
Parchado			
B Negro			
Chino	16	14	12
Parchado			
C Negro			
Chino	14	12	10
Parchado			

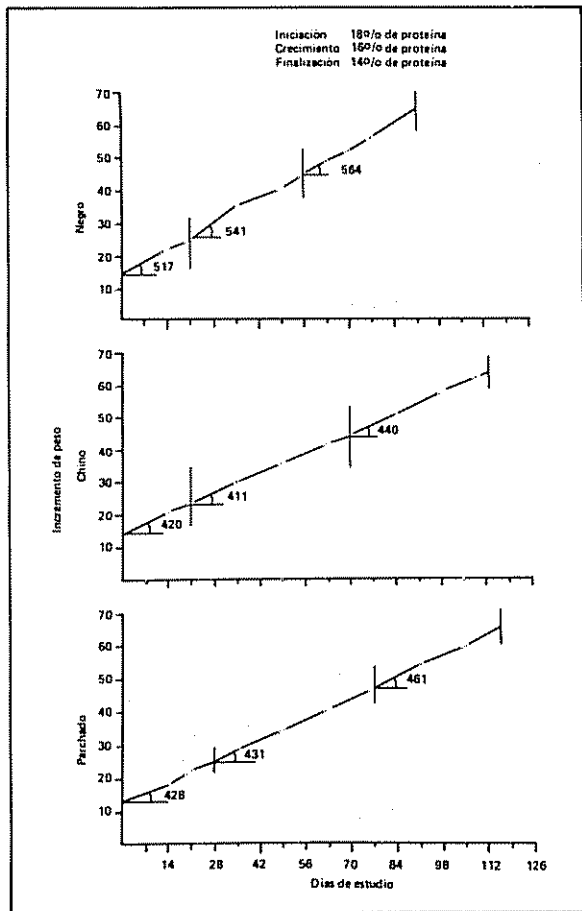


Fig 1. Comportamiento del incremento de peso diario (expresado como coeficiente de regresión lineal simple (m*), de la ecuación $y = b + mx$) de los tres tipos de cerdos alimentados con el plano nutricional A

La alimentación y el agua fueron suministrados *ad libitum*, con el cuidado de registrar el consumo de alimento por grupo de cerdos al momento de pesarlos. Los corrales provistos de piso de concreto fueron mantenidos en condiciones óptimas de higiene durante todo el periodo experimental.

Se recabó información adicional cada 14 días sobre otras medidas corporales, tales como perímetro torácico, largo del cuerpo (de la base de la cabeza al nacimiento de la cola) y altura a la cruz. El análisis estadístico de la información se hizo utilizando un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 3 x 3, siendo los factores: tipo de cerdo (negro, chino y parchado) y plano nutricional (A, B y C).

El bloque consistió en una camada, por tipo de cerdo con seis repeticiones, siendo un cerdo la unidad experimental.

Las variables analizadas se detallan a continuación:

1. Aumento de peso en kg/cerdo/día.
2. Conversión alimenticia, kg alimento ingerido/kg peso ganado.
3. Consumo de alimento en kg/cerdo/día.

4. Aumento diario de perímetro torácico en milímetros.
5. Aumento diario de largo dorsal en milímetros.
6. Aumento diario de altura a la cruz en milímetros.
7. Porcentaje de rendimiento de la canal.
8. Porcentaje de rendimiento de tocino.
9. Espesor de grasa dorsolumbar en centímetros.

RESULTADOS Y DISCUSION

Con el objeto de obtener raciones isocalóricas cuyo contenido proteínico fuera el programado, previo a la formulación y elaboración de las mismas, se hicieron determinaciones del contenido de proteína y energía de los distintos ingredientes a utilizarse. En

el Cuadro 3 se presentan los resultados del contenido proteínico y energético determinado en las distintas formulaciones, cuyos valores concuerdan con el previsto en el diseño de las raciones.

Además, en el mismo Cuadro 3, se presentan los valores calculados en porcentaje del contenido de los minerales calcio y fósforo, y de los aminoácidos lisina, metionina, cistina y triptofano para las distintas raciones. Estos cálculos se derivan de la información de las Tablas Latinoamericanas de Composición de Alimentos (7), No. de referencia 5-04-605 y 4-10-422 para soya y maíz, respectivamente. Al comparar la cantidad de calcio y fósforo presente en las dietas con los requerimientos sugeridos por la Academia Nacional de Ciencias (8), se aprecia una relación adecuada entre ambos minerales; sin embargo, el aporte de fósforo en las dietas con 10.0 y 12.0% de proteína está ligeramente inferior al nivel recomendado. En lo que respecta a los valores calculados para los aminoácidos lisina y triptofano, están dentro de los límites apropiados para el peso de los animales, aún al nivel más bajo de proteína. En lo referente al nivel de metionina calculado, podría parecer que no satisface las necesidades requeridas por los cerdos con las raciones de 10.0, 12.0, 14.0 y 16.0% de proteína; sin embargo, se sabe que la cistina puede satisfacer el 40.0% de los requerimientos de metionina (8), lo que permite llenar el requerimiento indicado para dicho aminoácido.

Los hallazgos que a continuación se presentan describen el comportamiento promedio de las variables evaluadas desde el inicio hasta el final del experimento, las cuales muestran el efecto de los tratamientos nutricionales sobre el desarrollo de los diferentes tipos de cerdos.

Efecto entre tipos de cerdos

Los cerdos tipo negro, chino y parchado fueron iniciados en los distintos planos de alimentación con un peso promedio de 14.1, 14.7, y 12.8 kg, respectivamente. La finalización del estudio, tal como fue programada, se efectuó cuando los cerdos de cada grupo experimental alcanzaron 65 kg de peso vivo como promedio. Los cerdos tipo negro requirieron de 91, 102 y 102 días para alcanzar el peso final bajo los planos alimenticios A, B, y C; los cerdos tipo chino requirieron 113, 116 y 109 días bajo el plano alimenticio en su orden y los cerdos tipo parchado necesitaron de 116 días para alcanzar el peso final en cada plano de alimentación, objeto de este estudio.

El análisis de la información recabada (Cuadro 4) indica que existen diferencias significativas entre tipo de cerdos en cuanto a aumento de peso, correspon-

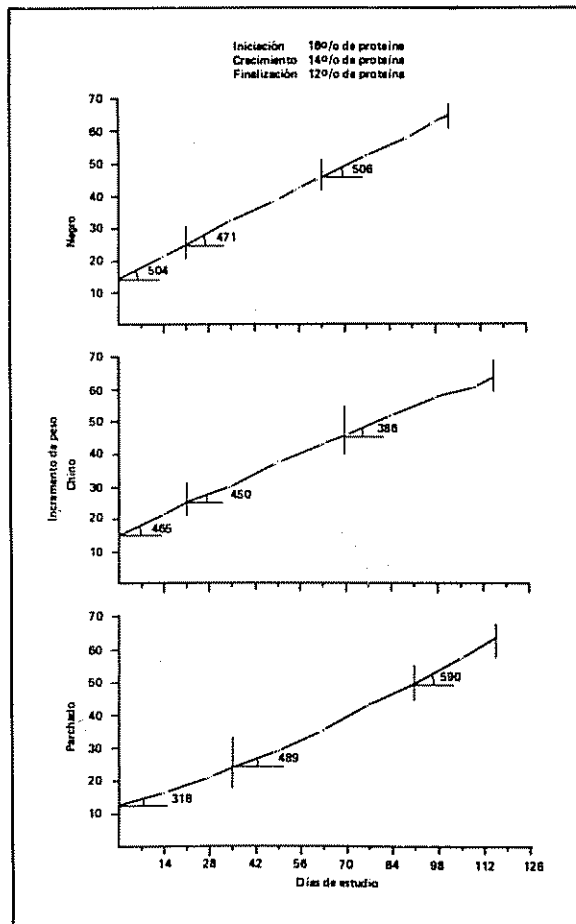


Fig. 2. Comportamiento del incremento de peso diario (expresado como coeficiente de regresión lineal simple (m^*) de la ecuación $y = b + mx$) de los tres tipos de cerdo alimentados con el plano nutricional B.

Cuadro 3. Valores de proteína, energía, calcio, fósforo y algunos aminoácidos en las distintas raciones.

Ración	Valores determinados			Valores calculados %				
	Proteína %	Calorías g	Calcio	Fósforo	Lisina	Metionina	Cistina	Triptofano
1	18.0	3.74	0.92	0.63	0.90	0.53	0.36	0.19
2	16.5	3.73	0.82	0.56	0.80	0.48	0.32	0.17
3	14.2	3.78	0.71	0.49	0.70	0.42	0.28	0.15
4	12.5	3.77	0.61	0.42	0.60	0.36	0.24	0.13
5	10.4	3.76	0.51	0.35	0.50	0.30	0.20	0.11

diendo ganancias diarias de 514 g para el tipo negro, 446 g para el tipo parchado y 442 g para el tipo chino. Al efectuarse la prueba de Tukey se detectó que los cerdos negros fueron superiores a los cerdos parchados y chinos, no encontrándose diferencias significativas entre estos dos últimos.

El crecimiento de los tipos de cerdos expuestos a los diferentes planos nutricionales se presenta en las Figuras 1-3. Los valores bajo las curvas indican el incremento de peso expresado como coeficiente de regresión lineal simple (m) de la ecuación $y = b + mx$ para cada etapa de crecimiento; dichos valores representan la ganancia de peso diaria asociada al contenido de proteína de cada una de las dietas durante el período experimental. El análisis de la información indica un mayor incremento de peso del tipo negro en los diferentes planos nutricionales evaluados.

El comportamiento del cambio de peso entre los tipos negro y chino es bastante similar, aunque en términos cuantitativos el aumento de peso del tipo negro es mayor. El tipo parchado se comporta completamente diferente a los anteriores, ya que la ganancia de peso al inicio del período experimental es muy deficiente; sin embargo, se observa un aumento en la ganancia de peso a través del período experimental, logrando, al final, ganancias diarias similares a las del tipo negro (Fig 4,A).

Con relación a la información sobre conversión alimenticia, aunque por el sistema colectivo de alimentación no se pudo efectuar análisis estadístico, sí se observó una tendencia en favor del cerdo negro con una conversión de 3.75, seguida del parchado 4.01 y por último, el chino 4.30 kg de alimento ingerido por kg de peso ganado (Cuadro 4), reflejando la cantidad de

Cuadro 4. Efecto de tipos de cerdo criollo sobre las variables anotadas.

Tipo	Variables* ¹								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Negro	514 a	3.75	1.93	410 a	440 a	180 ab	70.43	24.89 a	2.98
Chino	442 b	4.30	1.90	350 b	410 a	170 b	70.00	26.19 a	3.28
Parchado	446 b	4.01	1.79	350 b	360 b	200 a	71.26	22.45 b	2.76

1. Letras diferentes dentro de columnas indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

* Variables.

1. Aumento de peso en g/cerdo/día
2. Conversión alimenticia, kg alimento ingerido/kg peso ganado
3. Consumo de alimento en kg/cerdo/día
4. Aumento diario de perímetro torácico en mm
5. Aumento diario de largo dorsal en mm
6. Aumento diario de altura a la cruz en mm
7. Porcentaje de rendimiento de la canal
8. Porcentaje de rendimiento de tocino
9. Espesor de grasa dorso lumbar en cm

las dietas utilizadas y la diferencia observada en este parámetro entre tipos.

Los resultados en crecimiento del tórax tienen la misma tendencia en los tipos negro y chino, mostrando un aumento considerable del perímetro torácico el primer periodo y una drástica disminución de crecimiento posterior, lo que contrasta con el cambio de peso, el cual fue constante. El tipo parchado es completamente diferente ya que a través del experimento se observa un crecimiento estable del tórax, lo que podría incidir en su baja ganancia inicial de peso (Fig. 4,B). Al analizar el crecimiento del tórax, la prueba de Tukey detectó que los cerdos negros con un aumento diario de perímetro torácico de 410 mm difieren significativamente de 350, registrado para los tipos chino y parchado (Cuadro 4).

En lo que respecta a largo dorsal, medido de la nuca al nacimiento de la cola, es distinto entre tipos,

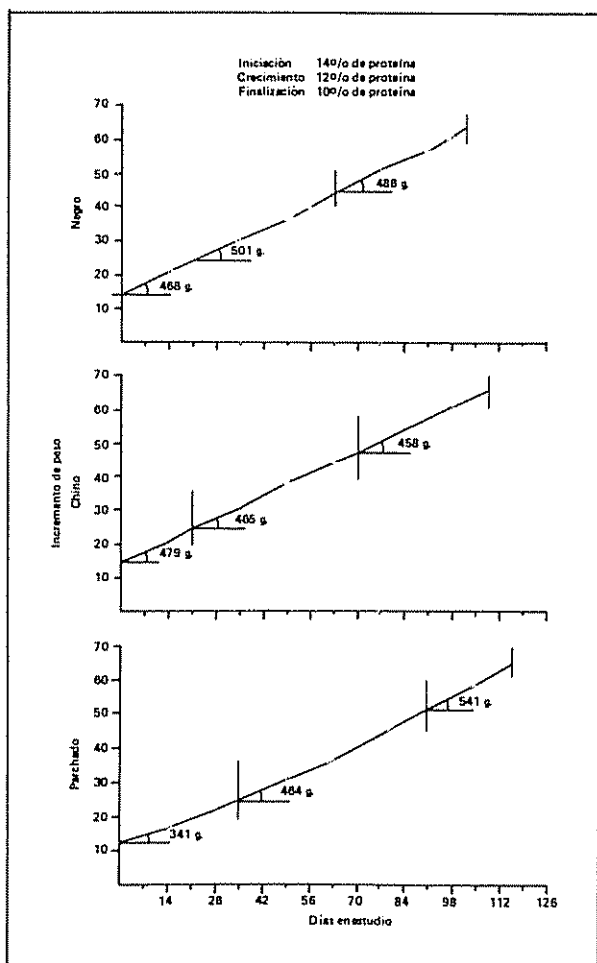


Fig. 3. Comportamiento del incremento de peso diario (expresado como coeficiente de regresión lineal simple (m^*), de la ecuación $y = b + mx$) de los tres tipos de cerdo alimentados con el plano nutricional C.

siendo más largo el negro, luego, el chino y por último, el parchado (Fig. 4,C). Al realizar la prueba de Tukey no se detectaron diferencias significativas entre los cerdos negros y chinos, siendo superiores a los parchados; sin embargo, estos últimos respondieron mejor que los chinos e igual a los cerdos negros en la variable altura a la cruz (Cuadro 4). En la variable "porcentaje de rendimiento de la canal", que implica, cerdo destazado, desvicerado y sin cabeza, no se detectan diferencias entre los tres tipos de cerdos. En la variable "porcentaje de rendimiento de tocino", información considerada en El Salvador como la capa de grasa que cubre el cuerpo, la prueba de Tukey detectó que las canales de los cerdos parchados son significativamente menos grasos que la de los cerdos chinos y negros, no habiendo diferencia entre estos últimos. Con respecto al espesor de la grasa dorsal, la información promedio obtenida de tres muestras tomadas sobre la primera y la última costilla, y la última vértebra lumbar, aunque no se detectan diferencias significativas, el cerdo chino mostró el mayor espesor de grasa (3.28 cm) seguido del negro y del parchado con espesor de 2.98 y 2.76 cm, respectivamente.

Efecto entre planos nutricionales

El peso inicial promedio de los cerdos sometidos a los planos nutricionales A y B fue de 14.0 y 13.8 kg para los cerdos expuestos al plano C. El efecto del plano nutricional sobre las variables analizadas se presenta en el Cuadro 5. La variable "Aumento de peso diario" del plano nutricional A, fue el que mostró ser superior con un aumento promedio de 481 g diarios, seguido del plano nutricional C con un aumento de 468 g, y por último, el plano nutricional B con un incremento diario de 452 g, no detectándose diferencias significativas. La información sobre conversión alimenticia indica que es de 3.99, 4.03 y 4.02 para los planos A, B y C, respectivamente.

Entre las otras variables analizadas, cuya información también se presenta en el Cuadro 5, únicamente se encontró diferencia significativa en la variable "porcentaje de rendimiento de la canal". Al realizar la prueba de Tukey, el rendimiento para el plano C de 71.69% se comporta superior al plano nutricional B con 69.50% y similar al plano A con un rendimiento de 70.51%, no detectándose diferencia entre estos dos últimos.

Efecto de la interacción entre tipo de cerdo y el plano nutricional

El efecto de la interacción entre el tipo de cerdo y el plano nutricional sobre las variables analizadas se presenta en el Cuadro 6. Según el análisis de varianza realizado, en ninguna de las variables se detectó efec-

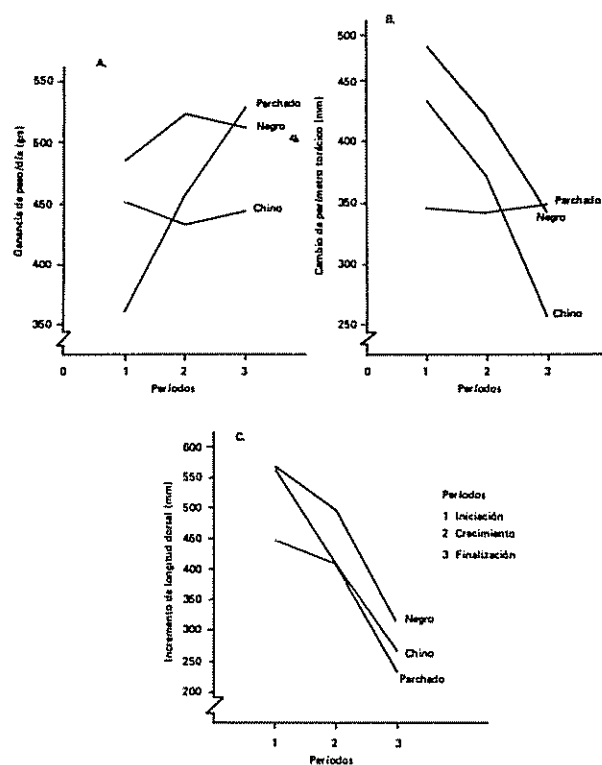


Fig. 4. Ganancia de peso, crecimiento del perímetro toráxico, e incremento de la longitud dorsal durante el desarrollo de los tres tipos de cerdo criollo (A = ganancia diaria de peso, B = cambio de perímetro toráxico, C = incremento de longitud dorsal).

to de interacción. Una revisión global de la información permite inferir que los efectos no son interactivos, es decir, los factores son independientes, indicando que los requerimientos proteínicos para el cerdo criollo, podrían ser aún inferiores a los suministrados en este experimento. A pesar de que no se detectan diferencias significativas entre planos nutricionales, ni interacción entre raza y plano nutricional, si se observa una mayor ganancia diaria de peso de 560, 495 y 486 gramos, así como una mejor conversión alimenticia 3.7, 3.9 y 3.7 para los planos A, B y C, respectivamente, en favor del tipo negro, que asociada a su habilidad de deposición de grasa, son los factores que determinan su preferencia por el porcicultor rural.

Entre los tipos chino y parchado, la ganancia diaria de peso, así como la conversión alimenticia, son muy parecidas pero inferiores a los negros, bajo los distintos planos alimenticios evaluados. Sin embargo, se observa un rendimiento de tocino y un espesor de la grasa dorsal en favor del cerdo chino (Cuadro 6), factores que podrían incidir en la aceptación de este cerdo por el mercado local.

La información que se presenta puede ser parcialmente la base de observaciones recabadas en encuestas de campo (5), en las cuales se ha logrado establecer que la población porcina de tipo criollo en El Salvador, está conformada por 40% negro, 40% chino y 20% parchado. Esto probablemente es un reflejo de la selección que el porcicultor ha logrado efectuar,

Cuadro 5. Efecto del plano nutricional aplicado sobre las variables analizadas.

Plano nutricional	Variables* ¹								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	481	3.99	1.92	380	420	190	70.51 ab	24.17 a	2.93
B	452	4.03	1.82	360	400	180	69.50 b	23.97 a	2.95
C	468	4.02	1.88	360	400	180	71.69 a	25.39 b	3.15

1 Letras diferentes dentro de columnas indican diferencias significativas (P < 0.05).

* Variables

1. Aumento de peso en g/cerdo/día
2. Conversión alimenticia, kg alimento ingerido/kg peso ganado
3. Consumo de alimento en kg/cerdo/día
4. Aumento diario de perímetro toráxico en mm
5. Aumento diario de largo dorsal en mm
6. Aumento diario de altura a la cruz en mm
7. Porcentaje de rendimiento de la canal
8. Porcentaje de rendimiento de tocino
9. Espesor de grasa dorso lumbar en cm

Cuadro 6. Comportamiento de cerdos criollos negro, chinos y parchados a diferentes planos nutricionales.

Tipo	Plano nutricional	Variables*								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Negro	A	560	3.68	2.06	450	490	210	69.88	22.80	2.96
	B	495	3.88	1.92	410	410	170	70.47	26.36	3.16
	C	486	3.72	1.81	360	410	170	70.94	25.52	3.10
Chino	A	435	4.29	1.87	340	390	170	69.51	26.89	3.30
	B	422	4.34	1.83	330	420	160	69.04	25.03	3.20
	C	468	4.27	2.00	370	420	180	71.46	26.63	3.35
Parchado	A	448	4.08	1.83	350	370	200	72.14	22.81	2.79
	B	440	3.86	1.70	330	350	200	68.99	20.52	2.48
	C	450	4.07	1.83	360	370	200	72.66	24.02	3.01

* Variables

- 1 Aumento de peso en g/cerdo/día
- 2 Conversión alimenticia, kg alimento ingerido/kg peso ganado
- 3 Consumo de alimento en kg/cerdo/día
- 4 Aumento diario de perímetro torácico en mm
- 5 Aumento diario de largo dorsal en mm
- 6 Aumento diario de altura a la cruz en mm
- 7 Porcentaje de rendimiento de la canal
- 8 Porcentaje de rendimiento de tocino
- 9 Espesor de grasa dorso lumbar en cm

en una forma empírica, inclinándose por los tipos negro y chino, debido al crecimiento más rápido del primero y por la habilidad de deposición de grasa de ambos, características que favorecen su rentabilidad y comercialización.

El hecho de no detectar diferencias significativas en crecimiento entre los distintos planos nutricionales evaluados, así como la ausencia de interacción entre tipo de cerdo y plano nutricional, ofrece la oportunidad de diseñar económicamente formulaciones adecuadas para el cerdo criollo, ya que en el área rural la escasez de fuentes de proteína es acentuada, haciéndose imposible la elaboración de raciones con los estándares de calidad requeridos para el cerdo mejorado. En este sentido, cabe señalar que la premezcla soya-maíz utilizada se traduce en un patrón de aminoácidos apropiado, reflejando asimismo un patrón de aminoácidos esenciales por gramo de nitrógeno constante, para los diferentes niveles de proteína de las raciones diseñadas. El patrón de aminoácidos esen-

ciales de la dieta basal fue el siguiente: arginina 406, histidina 191, isoleucina 256, leucina 521, metionina 184, fenilalanina 309, treonina 250, triptofano 68, valina 323 y lisina 312 miligramos por gramo de nitrógeno. Este patrón es el mismo para cualquier nivel de proteína evaluado en el presente trabajo, sugiriendo ser un patrón adecuado de aminoácidos aplicable a la alimentación de los cerdos criollos en las etapas evaluadas de iniciación, crecimiento y finalización.

Los resultados obtenidos en crecimiento y conversión alimenticia permiten concluir que, tanto los cerdos tipo negro como el chino y el parchado, prosperan adecuadamente con formulaciones de 14, 12 y 10% de contenido proteínico para las etapas de desarrollo estudiadas, observándose un mayor crecimiento y una mejor conversión alimenticia para los cerdos tipo negro. La conversión alimenticia asociada al plano de alimentación debe ser objeto de más estudios a fin de establecer el peso óptimo para el destace que permita la máxima utilidad.

LITERATURA CITADA

1. GILSTER, K.E.; WAHLSTROM, R.C. 1973. Protein levels for swine fed to heavy weights. I. Effect on gain and feed efficiency. *Journal of Animal Science* 36(5):883-887.
2. GOMEZ BRENES, R.A.; JARQUIN, R.; GONZALEZ, J.M.; BRESSANI, R. 1974. Comparación del cerdo criollo y Duroc Jersey en cuanto a crecimiento y utilización del alimento. *Turrialba* 24:29-34.
3. HENRY, Y.; PION, R.; RERAT, A. 1976. Protein supply for pigs and possibilities of reducing protein feeding standards. *World Review of Animal Production* 12:9-32.
4. JARQUIN, R.; GOMEZ BRENES, R.A.; BERDUCIDO, L.; BRESSANI, R. 1977. Efecto de los niveles proteínicos y de la pulpa de café en raciones para cerdos criollos. *Turrialba* 27:179-185.
5. JARQUIN, R.; OLIVARES, M.; VENTURA, J.A. 1986. El cerdo criollo: un recurso centroamericano aún no explotado. In *Simposio sobre necesidades actuales y futuras de alimentos básicos en Centroamérica y Panamá*. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. p. 363-379.
6. KORNEGAY, E.T.; THOMAS, H.R.; CARTER, J.H. 1973. Evaluation of dietary protein levels for well-muscled hogs. *Journal of Animal Science* 36(1):79-85.
7. LATIN AMERICAN TABLES OF FEED COMPOSITION. 1974. Ed. by McDowell, L.R., Conrad, J.H., Thomas, J.E., Harris, L.E. (Eds.). Gainesville, Florida, University of Florida. 500 p.
8. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1968. Nutrient requirements of domestic animals. Number 2, Nutrient requirements of swine. Ed. by Six R. Washington, D.C.. National Academy of Sciences. (NAS Publication 1599).
9. OLIVARES CASTRO, M. 1986. Medidas zootécnicas y caracterización de canales del cerdo criollo salvadoreño. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 36(1):9-31.
10. STAHLY, T.S.; WAHLSTROM, R.C. 1973. Effects of dietary protein level and feed restriction on performance and carcass characteristics of swine. *Journal of Animal Science* 36(6):1109-1113.
11. SUGAHARA, M.; BAKER, D.H.; JENSEN, A.H. 1969. Effect of excess levels of dietary crude protein on carcass development in swine. *Journal of Animal Science* 29:598-601.

Evaluation of Ninety International Pearl Millet Germplasm Collections for Morpho-Physiological Characters in Nuevo Leon, Mexico¹

R K Maiti*, H González**, H Landa**

ABSTRACT

Ninety international pearl millet germplasm collections were introduced from ICRISAT, India and evaluated at the Agricultural Experimental Station, FAUANI, Marín, Nuevo León, Mexico for different morpho-physiological characters in early 1985. The objective of the study was to characterize and identify genotypes with good agronomic traits for adaptation and potential forage production in semi-arid regions of Nuevo Leon. Data were collected on days to flowering, plant height, leaf number, leaf blade length and width, sheath length, stem thickness, productive tiller number, spike length and thickness, peduncle exertion and for 1 000 seed weight. There exists large phenotypic variability among genotypes in all characters studied. The study demonstrated significant positive correlation among different yield components. The genotypes IP7897, IP7928, IP7968, IP9161, IP7922, R2938, IP9845, and IP7890 had high potential forage yield and high forage quality (high protein and ash content). These genotypes with good agronomic attributes could be recombined through population breeding methods for high-quality forage yield to meet the demand for forage in semi-arid Nuevo Leon.

INTRODUCTION

Pearl millet is one of the most important cereals for humans and animals in the arid and semi-arid tropics, characterized by an annual rainfall of 200-600 mm concentrated over a short period of two to four months, high temperatures, high evapotranspiration and sandy soils (3, 10) Its adaptation is thought to be largely due to its short life cycle and tolerance of high temperatures (1, 13) Northeastern

1 Received for publication 12 August 1988

We wish to express our gratitude to the Genetic Resources Unit at ICRISAT for providing the seed materials used in this study. We also thank Mr. Nahum Espinoza for his collaboration in the statistical analysis of the data and Mr. Marco Vinicio and Mr. Sarquis for their comments in the review of this paper.

* Facultad de Ciencias Biológicas, UANL Apdo Postal No. 2780 CPP 66450 N.L. México.

** Facultad de Agronomía, UANL Apdo Postal No. 350 San Nicolás de los Garza, N.L.

COMPENDIO

Noventa germoplasmas de mijo perla fueron introducidos del ICRISAT, India y evaluados en la Estación Experimental Agrícola, FAUANI, Marín, Nuevo León, México para diferentes caracteres morfo-fisiológicos en Primavera de 1985. El objetivo del estudio fue hacer una caracterización e identificación de genotipos con buenos rasgos agronómicos para adaptación y su potencial en producción de forraje en regiones semiáridas de Nuevo León. Los datos que fueron tomados son días de floración, altura de la planta, número de hojas, largo y ancho de la hoja bandera, longitud de la vaina, grosor del tallo, número de hijuelos productivos, longitud y grosor de la espiguilla, exersión del pedúnculo, peso de 1 000 semillas, etc. Existe gran variabilidad en todas las características estudiadas. El estudio ha demostrado correlaciones con significancia positiva entre los diferentes componentes de producción. Fueron severamente identificados genotipos con potencial en producción de forraje y alta calidad del forraje (alto contenido de proteína y ceniza). Esos genotipos con buenos atributos agronómicos pueden ser recombinados a través de métodos de mejoramiento de la población para alta calidad y producción de forraje para mejorar la demanda de forraje en los Trópicos semiáridos de México. Los genotipos IP7897, IP7928, IP7968, IP9161, IP7922, R2938, IP9845 e IP7890, fueron seleccionados por ser de alto potencial en producción de forraje.

Nuevo Leon exhibits the typical climatic conditions required for pearl millet growth, with an annual rainfall of less than 600 mm, an average temperature of 22°C, and high evapotranspiration. Pearl millet cultivars have been found to be well-adapted (6, 11), in Nuevo Leon. Evaluation, documentation and distribution are some of the important steps in the process of the introduction of a species in a region where it is not known.

The objective of the present study was to characterize international pearl millet germplasm in Mexico for some morpho-physiological traits, to identify and select desirable genotypes with superior agronomic performance, and to correlate these traits with yield components.

MATERIALS AND METHODS

The present study was conducted in the Agricultural Experimental Station of the Agronomy Faculty,

University of Nuevo Leon (FAUANL) in Marin, Nuevo Leon, Mexico (latitude 25°53' N, longitude 100°03' W, and altitude 367 m) during the spring of 1985. The average monthly precipitation and temperatures during the growing period of the crop of the present study are given below.

Month	Monthly mean temperature (°C)	Rainfall (mm)
March	21.1	17.6
April	23.2	12.2
May	27.1	22.8
June	28.2	30.2
July	29.4	35.7
August	30.1	28.1
September	28.8	118.9

Two hundred international pearl millet collections were introduced from the germplasm collection held by the International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics (ICRISAT), located in Patancheru, Andhra Pradesh, India. These were sown on March 4 under dry conditions in single 3 m rows 80 cms apart, with a plant-to-plant distance of 10 cm. Irrigation by canal was applied following planting, and its application continued throughout the growing season at levels for optimal growth (one month intervals). A 100-50-00 (NPK) fertilizer dose was applied to the soil surface using urea (46% N) and triple superphosphate (46% P) seven days after emergence. Plants were thinned to 125 000 pl/ha. Plant protection measures were adopted to control insects like thrips and aphids.

Both qualitative and quantitative variables were taken according to the descriptors of pearl millet adopted by IBPGR-ICRISAT (9). Out of 200 germplasm collections, only 90 were evaluated for morpho-physiological characters; the remaining 110 were discarded mainly because of poor emergence or of photosensitivity; many of them did not flower (40).

Qualitative characters: Visual scores (following IBPGR descriptors) were taken on emergence and seedling vigor, leaf canopy, tiller orientation, stigma pigmentation, anther color, foliage and sheath pigmentation, degree of leaf senescence, lodging susceptibility, principal spike form and density, glume color, grain cover, color and form, and overall agronomic potential.

Quantitative characters: These were taken from seven plants from each plot. Plant height (cm),

leaf number, leaf blade length and width (cm), sheath length (cm), stem thickness (mm), and peduncle exertion (cm), 1 000 seed weight (g) were taken from a single sample of each genotypes. Yield could not be measured because of damage caused by birds and insects. Agronomic potential was assessed on the basis of panicle and seed size.

The quantitative results will be explained for each character on the basis of its range, mean and variance among the cultivars studied. Correlation analysis was performed among all characters.

RESULTS

Qualitative characters

At emergence, using the visual score scale of one to five, 30 genotypes got the best score (1), 56 were intermediate and four got the poorest score (5). For seedling vigour, only four genotypes received the best score; eight were intermediate and five got the poorest score. For leaf canopy, only six were erect, 49 were intermediate and 35 were of lax type. Eighty-nine had erect tillers and only one was a divergently tillered type. Three genotypes had purple stigmas and 87 had the normal white pigmentation. Anther color ranged from cream white to purple, with 27 cream white, 20 cream yellow, 31 yellow, nine purple. Eighty-eight had green foliage and sheath pigmentation and two had purple. Twenty-six cultivars showed a minimum degree of leaf senescence, 57 were intermediate and seven showed the maximum rating. Fifty-nine showed minimum lodging susceptibility, 29 were intermediate and two showed maximum susceptibility. Variation in panicle form was stronger, with 47 genotypes having a cylindrical panicle, 2 conical, 1 spindle, 27 candle-shaped, 10 lanceolate and 3 globose (Fig. 1). There was large variation in spike density: 9 genotypes were of the open type, 36 were intermediate and 45 were of the compact type. Seventy-eight had clear glume color, 2 were intermediate and 10 were dark. Seven different grain colors were observed: 4 had white grain, 8 were cream white, 16 yellow, 36 brown, 11 moderately brown and 6 dark brown. The grain covering was also quite variable: 36 were exposed, 32 intermediate and 23 enclosed (Fig. 2). Grain form ranged from obovate (18) to lanceolate (9), elliptical (5), hexagonal (9) and globular (39) (Fig. 3).

Agronomic characters

Frequency distributions for days to flowering, plant height, spike length and thickness, and 1 000 seed weight are shown in Fig. 4.

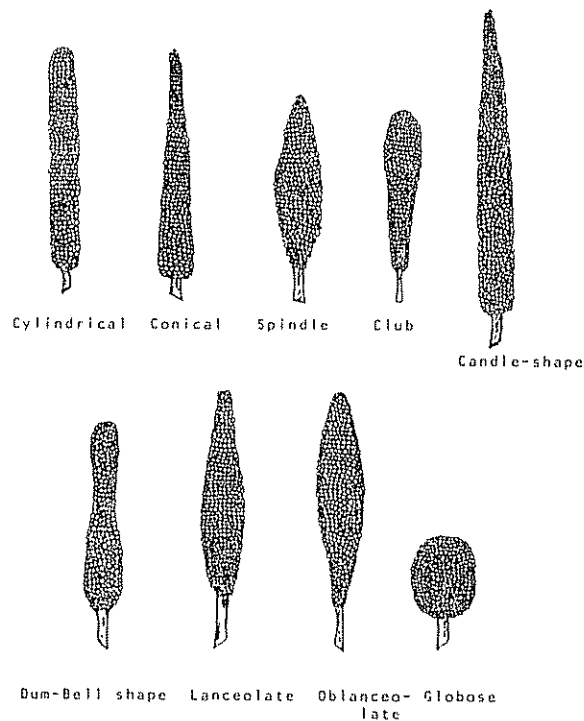


Fig. 1. Spike form (after pearl millet descriptors).

Days to flowering ranged from 64 to 137 ICP-241, IP-9115, IP-4201, IP-6115, and IP-7849 were early-flowering (64-77 days) ICMPE-1, IP-3748, IP-7849, IP-3122 and IP-3727 were intermediate (78-91 days) and IP-8836, IP-11220, IP-8794, IP-8017 and IP-9983 were late types (over 91 days). Plant height ranged between 64 and 221 cm, showing a normal distribution with minimum and maximum variance of 31 (ICMPES-9) and 3549 (IP-1983) respectively. Among the genotypes studied, the shortest were IP-11673, IP-7873, IP7009 and the tallest were IP-2612, IP-5411, IP-7367 and IP-11725. IP-7890 had the minimum leaf number per plant and ICMPE-16 had the maximum (10 29). The minimum within-cultivar variance for this character was found in IP-7913 (0) and the maximum was for IP-5720 (181). Leaf blade length ranged from 24.4 to 63.3 cm on with a minimum within-genotype variance of 10 (EB-112-1-2-1-1) and a maximum of 238 for IP-8085. Leaf blade width ranged from 1.71 to 40.53 cm with a minimum variance of 0.03 (ICMPES-1) and a maximum of 1.69 (IP-5411). The leaf sheath length varied from 9.43 to 26.93 cm with a minimum variance of 0.4 (ICMPES-16) and a maximum of 109 (IP-7926). The stem thickness ranged from 5.5 to 15 mm with a minimum variance of 0.5 (IP-7849) and the maximum of 23.9 (IP-2612). The average productive tiller number ranged from 0.14 (IP-7904) to 11.14 (IP-11208) with a minimum variance of 0.14 and a maximum of 70.14 in each case.

The spike length varied from 7.56 cm in IP-11673 to 77.4 cm for IP-5411. Minimum variance recorded was 2 in EB-132-2-S-2-DM-1 and maximum was 673 in IP-5411. The spike thickness ranged from 10 to 38 mm for IP-8056 and IP-11725 respectively. This trait showed minimum variance. For peduncle exsertion, the longest was 12 cm in IP-7849 and the shortest was 27.14 cm in IP-5411. The lowest variance was 2 for ICMPE-9 and the highest was 126 recorded from IP-9965. The 1000 seed weight varied from 3.17 to 12.69 g corresponding to IP-11673 and IP-8044 respectively. With respect to overall agronomic potential, 39 were identified as good, 43 were intermediate and eight were poor on the basis of visual score of panicle length, productive tiller number and grain number.

Correlations

The productive tiller number showed a highly positive correlation with the total tiller number ($r = 0.90$). Spike length was significantly correlated with stem thickness ($r = 0.56$), plant height ($r = 0.50$), peduncle exsertion ($r = 0.62$) and sheath length ($r = 0.52$). Spike thickness showed a highly significant positive correlation with the total leaf number ($r = 0.44$), leaf blade length ($r = 0.61$), leaf blade width ($r = 0.50$), stem thickness ($r = 0.62$), plant height ($r = 0.50$) and exsertion length ($r = 0.49$). Total leaf number was highly positively correlated with leaf length ($r = 0.35$), leaf blade width ($r = 0.56$), stem thickness ($r = 0.44$) and plant height ($r = 0.43$).

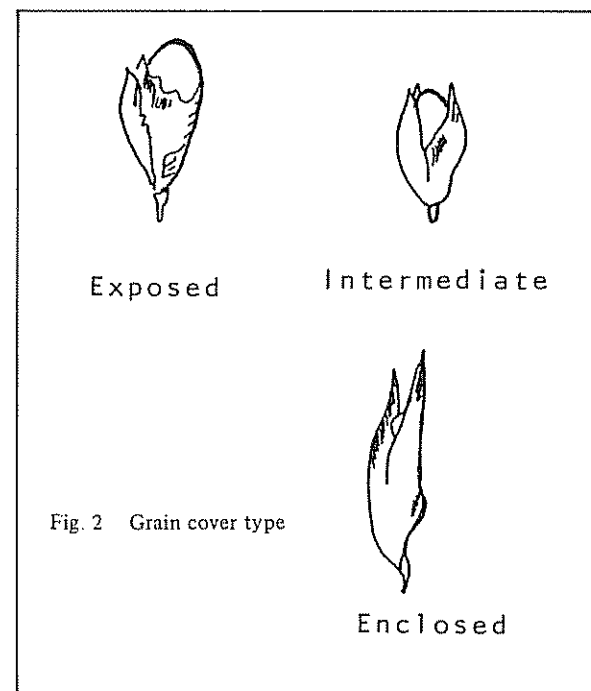


Fig. 2 Grain cover type

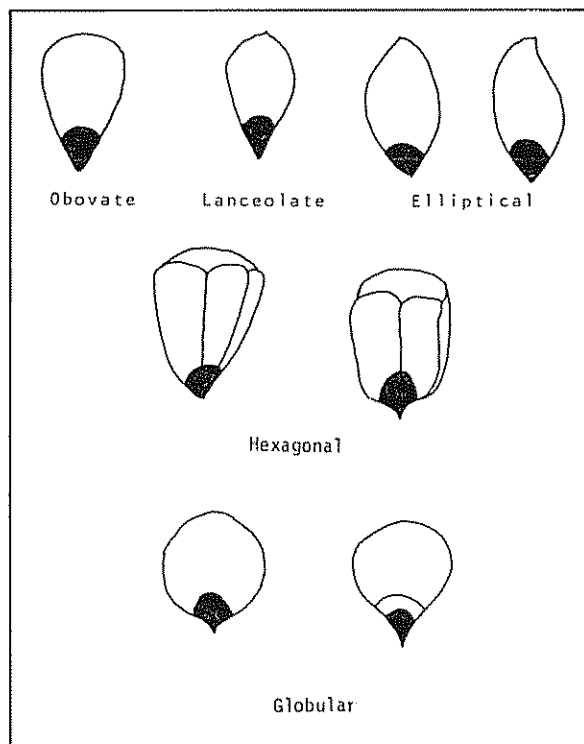


Fig 3 Grain shapes

Leaf blade length was found to be positively correlated with leaf blade width ($r = 0.59$), stem thickness ($r = 0.61$) and plant height ($r = 0.42$). Similarly, leaf blade width was highly correlated

with stem thickness ($r = 0.60$) and plant height ($r = 0.40$). The peduncle exertion was found to show a significant positive correlation with productive tiller number ($r = 0.29$), spike length ($r = 0.62$), total tiller number ($r = 0.25$) and sheath length ($r = 0.49$), but was significantly negatively correlated with leaf blade length ($r = 0.39$), leaf blade width ($r = 0.34$) and stem thickness ($r = 0.57$).

DISCUSSION

Variability

The germplasm showed large variability for different morphological characters. This is attributed to the climatic and edaphic conditions of the 15 African countries and India where they were collected. These materials were adapted to certain conditions; once moved to another environment, their morphological and phenotypic traits became modified by that environment.

Brunken *et al.* (2) states that it is important to group the germplasm on the basis of common characters, names and races. Since it was not possible to study the specific characteristics of the genotypes of each country, it was observed that lines that originated from different countries of Africa showed a large variability in characters like spike size and compactness. For instance, in the lines from Niger, the spike length showed a range from 18.3 to 61.0 cm and the

Table 1. Range of variation of quantitative and qualitative characters in 90 pearl millet germplasm collections (IP).

Character	Population		
	Min-Max	Mean	SE ^a
Days to flowering	64.00–137.00	87.00	17.29
Plant height (cm)	63.71–221.00	139.67	31.76
Leaf number	3.86–10.29	6.36	1.28
Leaf blade length (cm)	24.40–63.30	48.51	6.99
Leaf blade width (cm)	1.71–4.53	2.99	0.60
Sheath length (cm)	9.43–26.93	13.13	2.43
Stem thickness (mm)	5.50–15.43	9.61	2.01
Productive tiller number	0.14–11.14	2.61	1.99
Spike length (cm)	7.56–77.43	27.31	11.42
Spike thickness (cm)	10.07–38.00	21.36	5.37
Peduncle exertion ^b (cm)	–27.14–12.00	–2.60	6.46
1000 seed weight (g)	3.17–12.69	6.92	1.71
Stigma pigmentation ^b	Present-Absent		
Glume colour ^b	Clear-Purple		
Grain cover ^b	Exposed-Completely covered		
Grain colour ^b	Clear-Dark brown		

a Standard error.

b See pearl millet descriptors, IBPGR-ICRISAT, 1981.

spike form showed variation from cylindrical to lanceolate. In the germplasm from Botswana, the spike length varied from 10.9 to 44.60 cm and the forms included cylindrical, candle, lanceolate and globular. Among Indian genotypes, there was much variability for the 1 000 seed weight. Among the 90 genotypes are draces for which 1 000 seed weight ranged from 5.13 to 8.33. The study indicates, however, that a great source of genetic potential exists among genotypes that can be used for breeding purposes in other countries where the crop is being introduced.

Many of the morphological characters in the 90 entries studied showed normal distributions and large standard deviations. These results suggest that a good opportunity exists to select desirable characters for grain and forage production. Though there was no opportunity to compare the morpho-physiological traits of the germplasm collections in both ICRISAT and Marín, Nuevo León, it appears that the expressions of traits were different in both centers (Maiti-personal observations).

Utilization of the variability in genetic improvement

Much of the genetic variability in pearl millet was observed in the areas of primary domestication in Africa and the region of early introduction in Asia (5, 7). Geberekindan (5) suggests that adequate evaluation and genetic characterization of collections are an important requisite for their use in genetic

improvement programs. At the same time, one may identify the sources of resistance to different biotic stress factors.

Twenty-two genotypes were selected visually for forage production potential, taking into consideration the previously evaluated traits of dry matter percentage, ash content and protein percentage (8). There is a large variability in these quality parameters among the genotypes studied. Some have over 12% ash content and over 11% protein (P-2938 and IP-7922 respectively) (8). There is a great demand for animal feed in the semi-arid tropics of Mexico, especially during the spring-summer season. Germplasm selected for good forage quality could offer a potential source of forage production to meet the forage requirement of this part of the country. The selected cultivars with potential forage production associated with high forage quality could be recombined to form a population for further improvement.

Association among variables

There exists a highly significant positive correlation among some of the yield components, confirming findings reported by others (4, 12). Pearl millet varieties with a short and thick stem, but with a broad flag leaf are more productive than those with thin stems and small flag leaves, because this leaf has a smaller photosynthetic area (12). It is expected that cultivars with a smaller number of erect leaves and with thick stems will be high yielding, although

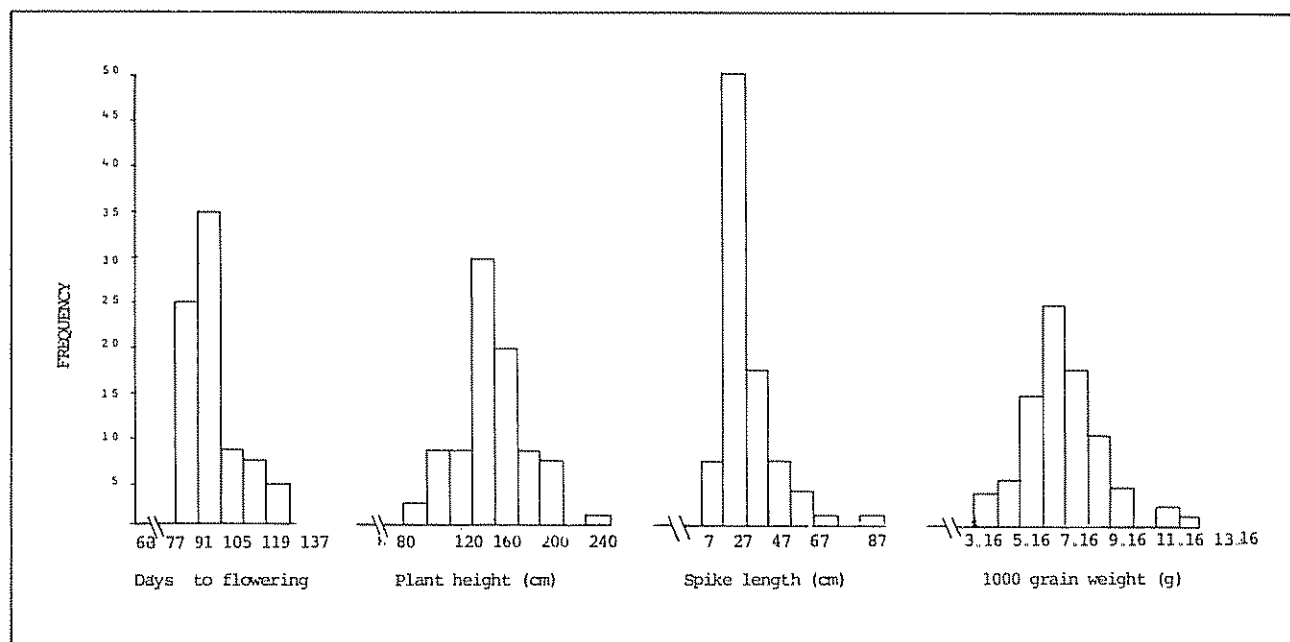


Fig 4 Frequency distributions for days to flowering, plant height, spike length, and 1 000 grain weight of pearl millet germplasm

this depends on the panicle weight and the number of productive tillers. Leaf area, tiller number, plant height, days to flowering, grain filling period, panicle length and breadth, grain number and weight are considered the most important characters contributing to yield (4). Grain yield shows a highly positive

correlation with plant height, productive tiller number and grain number per plant, as reported by these workers. Reddy and Sharma (14) found that grain yield was positively correlated with days to flowering, days to maturity and protein content.

Table 2. Linear correlations among some morphological characters in 90 pearl millet cultivars (γ).

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Productive tiller No	1.00											
2. Unproductive tiller No	0.070	1.00										
3. Spike length	0.20 ⁺	0.09	1.00									
4. Spike thickness	0.22 ⁺	0.02	0.30 ⁺⁺	1.00								
5. Total tiller No	0.90 ⁺⁺	0.37 ⁺⁺	0.14	0.20 ⁺	1.00							
6. Sheath length	0.28 ⁺	0.05	0.52 ⁺⁺	0.20 ⁺	0.24 ⁺	1.00						
7. Leaf No	0.27 ⁺⁺	0.04	0.02	0.40 ⁺⁺	0.22 ⁺	0.40 ⁺⁺	1.00					
8. Leaf blade length	0.36 ⁺⁺	0.15	0.54 ⁺⁺	0.13	0.27 ⁺⁺	0.61 ⁺⁺	0.35 ⁺⁺	1.00				
9. Leaf blade width	0.35 ⁺⁺	0.10	0.25 ⁺⁺	0.55 ⁺⁺	0.28 ⁺⁺	0.50 ⁺⁺	0.56 ⁺⁺	0.59 ⁺⁺	1.00			
10. Stem thickness	0.31 ⁺⁺	0.08	0.56 ⁺⁺	0.21 ⁺	0.26 ⁺⁺	0.62 ⁺⁺	0.44 ⁺⁺	0.61 ⁺⁺	0.60 ⁺⁺	1.00		
11. Plant height	0.16	0.03	0.50 ⁺⁺	0.12	0.14	0.50 ⁺⁺	0.43 ⁺⁺	0.42 ⁺⁺	0.40 ⁺⁺	0.46 ⁺⁺	1.00	
12. Peduncle exertion	0.29 ⁺⁺	0.03	0.62 ⁺⁺	0.15	0.25 ⁺	0.49 ⁺⁺	0.21 ⁺	0.39 ⁺⁺	0.34 ⁺⁺	0.57 ⁺⁺	0.33	1.00

+ Significant from zero ($P < 0.05$)

++ Significant from zero ($P < 0.01$)

LITERATURE CITED

- BIDINGER, F.R.; MAHALASKSHMI, U.; TALUKDAR, B.S.; ALAGARSWAMY, G. 1981. Improvement of drought resistance in pearl millet. Patancheru, India. ICRISAT.
- BRUNKEN, J.; DE WEI, J.M.J.; HARLAN, J.P. 1977. The morphology and domestication of pearl millet. *Economic Botany* 31:136-174.
- COCHÉME, U.; FRANQUIN, P. 1976. A study of the agroclimatology of the semi-arid areas south of the Sahara in West Africa. Fao, Rome. FAO/UNESCO/WHO Interagency Project on Climatology.
- EGHAREVBA, P.N.; IBRAHIM, A.A.; OKOLO, A.A. 1983. Some morphological and physiological determinants of grain yield in pearl millet. *Maydica* 28:15-24.
- GEBEREKINDAN, B. 1982. Utilization of germplasm in sorghum Improvement in sorghum in the eighties. Patancheru, India. ICRISAT.
- GOMEZ SOTO, L.G. 1986. Fenología y adaptación de 20 genotipos de mijo perla (*Pennisetum americanum* L. Leeke). Marín, N.L. Primavera 1985 Tesis Ing. Agron. México, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía.
- HARLAN, J.R.; WEI, J.M.J. 1971. Toward a rational classification of cultivated plants. *Taxon* 20:509-517.
- HUERTA, J.M.C. 1987. Evaluación bromatológica de germoplasma de mijo perla (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke en grano y forraje. Tesis Ing. Agr. México, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía.
- IBPGR/ICRISAT/ICRISAT. 1981. Descriptors for pearl millet. In International Board for Plant Genetic Resources Secretariat. Rome, Italy. Food and Agriculture Organization of the United Nations 34 p.
- KOWAL, J.M.; KASSAM, A.H. 1978. Agricultural ecology of savanna. Oxford, Oxford University Press. 403 p.
- MAITI, R.K.; GONZALEZ RODRIGUEZ, H.; ALANIS LOERA, C.O.; LOPEZ, U.; ALVARADO, P.C. 1985. El mijo perla como cultivo potencial en los trópicos semiáridos de México. Saltillo, Coah., México. Presentado en la Reunión Nacional de Consulta sobre Zonas Áridas (1985, Saltillo, Coah., México).
- PHUL, P.S. 1971. Association of some leaf and stem characteristics with grain yield in pearl millet. *Current Science* 41:89-90.
- RACHIE, K.O.; MAJMUDAR, J.V. 1980. Pearl millet. Pennsylvania State University, University Park. Pa. 307 p.
- REDDY, N.S.; SHARMA, R.K. 1982. Variability and interrelationship for characters and protein content in inbred lines of bajra. *Crop Improvement* 9:124-128.

La Eliminación Manual de Organos Reproductivos: su Efecto en el Período de Floración y en la Edad a la Madurez Fisiológica en *Phaseolus vulgaris* L.¹

L.E. Escalante*, S. Miranda*, J. Kohashi-Shibata*, J.A.S. Escalante*

ABSTRACT

In plant breeding, a longer flowering period might be desirable to provide pollen for controlled crosses. Various patterns of manual removal of flowers and young pods were tried at three planting dates (5-XII-84, 4-I-85, 4-II-85) to ascertain their effect on the length of the flowering period and the age at physiological maturity. A bean variety with a determinate growth habit (type I) and another with an indeterminate bush habit (type II) were planted in pots in a greenhouse. Results: for both varieties and three dates of planting, the flowering period and the age at physiological maturity were lengthened when flowers were removed as they appeared. The same thing happened when flowers were permitted to develop into young pods, but all pods and the flowers which appeared afterwards were removed. On the other hand, there was no difference (compared to the intact control) when the first pods were allowed to develop fully and all flowers which appeared afterwards were removed. Planting dates did not affect significantly the age at physiological maturity.

INTRODUCCION

En una planta de frijol, el tiempo transcurrido entre la antesis de la primera y la última flor, constituye el periodo de floración. La duración de este periodo dependerá del hábito de crecimiento, de la variedad y de las condiciones ambientales.

En el frijol, la floración es escalonada y las flores formadas hacia el final del periodo no se convierten en vainas maduras, pero, pueden servir como fuente de polen en el fitomejoramiento. Para este fin, es conveniente que la duración del periodo de floración sea lo más larga posible.

Existen algunas alternativas para tratar de prolongar el periodo de floración. Una de ellas consiste en la eliminación manual de órganos reproductivos, la cual se utilizó en el presente trabajo Wien *et al.* (4), Tanaka y Fujita (12), Binnie y Clifford (2), Pandey

COMPENDIO

En el mejoramiento genético, puede ser deseable alargar el periodo de floración para prolongar la disponibilidad del polen necesario en los cruzamientos. En este trabajo se probaron varios patrones de eliminación de flores y vainas jóvenes, en tres fechas de siembra (5-XII-84, 4-I-85, 4-II-85), para determinar su efecto en la longitud del periodo de floración y en la edad a la madurez fisiológica. Se utilizó una variedad de frijol de hábito determinado (tipo I) y otra de hábito indeterminado arbustivo (tipo II). Estas variedades se desarrollaron en macetas en el invernadero. Resultados: en las dos variedades y las tres fechas de siembra, tanto en el periodo de floración como la edad a la madurez fisiológica, se alargaron cuando se eliminaron las flores conforme aparecieron y también, cuando se permitió que las primeras flores se transformaran en vainas inmaduras, pero, tanto éstas, como las flores subsiguientes, fueron eliminadas posteriormente. Por otro lado, no hubo diferencia entre el testigo intacto y la forma de eliminación donde se dejó que las primeras vainas completaran su desarrollo y en la cual se eliminaron todas las flores que fueron apareciendo posteriormente. Las fechas de siembra no afectaron de manera significativa la edad a la madurez fisiológica.

(6) y Santos (9) coinciden en señalar que, cuando en las plantas de frijol se eliminan las primeras flores o sus vainas, antes de que la planta alcance la madurez fisiológica, se prolonga el periodo de floración y el ciclo de desarrollo.

La presente investigación tuvo como objetivo determinar, en tres fechas de siembra, el efecto de la remoción manual de órganos reproductivos, sobre la longitud del periodo de floración y la madurez fisiológica, en frijol de dos diferentes hábitos de crecimiento.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó, bajo condiciones de invernadero, en Chapingo, estado de México (19°30'N, 98°51'O y 2250 msnm), empleando tres fechas de siembra (5-XII-84, 4-I-85, 4-II-85). Se utilizó frijol *Phaseolus vulgaris* L. variedad Cacahuatle 72 (C-72), de hábito de crecimiento arbustivo (tipo I de CIAT) y la variedad Michoacán 12-A-3 (M-12), de hábito de crecimiento indeterminado arbustivo (tipo II de CIAT) (3).

¹ Recibido para publicación el 17 de enero 1988

* Estudiante, profesores investigadores e investigador docente, respectivamente. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 56230

La temperatura máxima fue de $32 \pm 1^\circ\text{C}$ durante los meses de diciembre a febrero, de $36.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ en los meses de marzo y abril y de 40°C de mayo a junio. La temperatura mínima fue de $10 \pm 1^\circ\text{C}$ durante los meses de diciembre a marzo y $13.6 \pm 1.4^\circ\text{C}$ de abril a junio. El número de horas diarias de luz fue de 11.3 ± 0.25 en diciembre y enero, y a partir de febrero presentó un incremento de 0.4 horas por mes, hasta alcanzar el 15 de junio, 15.5 horas.

Para determinar el período de floración se realizó una siembra (4-I-84) previa a esta investigación y se encontró que fue de 16 días en C-72 y de 20 días en M-12. Estos períodos, que concuerdan con los consignados, para Chapingo, por Prieto y Kohashi-Shibata (8), Villarreal (13) y Ballesteros (1), se tomaron en cuenta para determinar la duración de los lapsos de eliminación de órganos reproductivos.

El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar, con tres repeticiones, considerando como unidad experimental dos plantas (cada planta sembrada en una maceta de 19 cm de diámetro por 15 cm de altura). Los tratamientos para ambas variedades fueron: una combinación de formas (I, II, III y IV) y lapsos (A, B, C y D): I (testigo), sin eliminar las estructuras reproductivas (botones, flores y vainas); II, dejar intactas las estructuras reproductivas

desde el inicio de la floración hasta cierta fecha (4, 8, 12 días del período de floración para C-72 y 5, 10, 15 para M-12, respectivamente, IIA, IIB y IIC), después de la cual se eliminan las flores que aparezcan posteriormente; III, eliminación de flores desde el inicio de la floración hasta cierta fecha (4, 8, 12, 16 días para C-72 y 5, 10, 15, 20 para M-12, respectivamente, IIIA, IIIB, IIIC y IIID), después de la cual se dejan desarrollar; IV, dejar las estructuras reproductivas desde el inicio de la floración hasta cierta fecha (4, 8, 12 días para C-72 y 5, 10, 15 para M-12, respectivamente, IVA, IVB y IVC) en la cual se eliminan, así como las flores que aparezcan posteriormente.

Las plantas se regaron tres veces por semana, dos de ellas con 750 ml de agua en cada ocasión y una con 250 ml de solución nutritiva de Weihenstephan (7).

Durante el experimento, se registraron los siguientes datos por planta: inicio y final de floración (cuando ocurrió en la planta, la antesis de la primera y última flor, respectivamente); período de floración (lapso entre inicio y final de floración); edad a madurez fisiológica o días a madurez fisiológica (cuando la planta presentó su última vaina en estado seco); período entre final de floración y madurez fisiológica; número total de nudos; y número de inflorescencias.

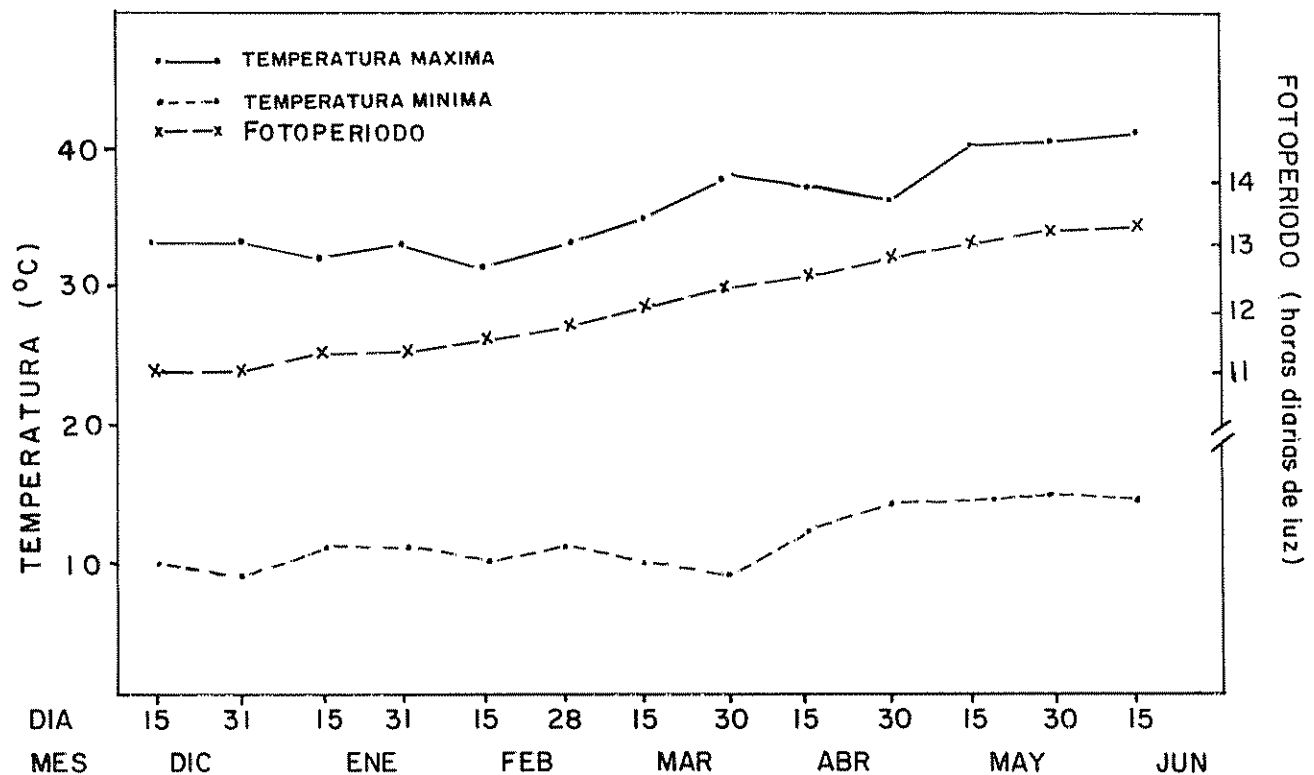


Fig. 1. Temperatura y fotoperíodo registrados durante el experimento. Cada punto representa el promedio de 15 días.

El análisis de varianza se realizó con las variables anteriormente señaladas y para determinar diferencias entre medias de tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSION

Variedades

La precocidad de las variedades estuvo relacionada con su hábito de crecimiento, lo cual concuerda con lo señalado por el CIAT (3) y Solórzano (10) quienes, manejando una gran diversidad de variedades, consiguieron que las plantas de frijol de tipo I (como la C-72), eran más precoces en comparación con las de tipo II (como la M-12). Así el número de días a madurez fisiológica (86.4 en C-72 y 94.9 en M-12) e inicio de floración (41.7 en C-72 y 53.8 en M-12), fueron significativamente menores en C-72 que en M-12. Los valores de estas variables fueron diferentes a los obtenidos en Chapingo por Prieto y Kohashi Shibata (8), Villarreal (13) y Ballesteros (1) quienes, en sus trabajos, incluyeron por lo menos una de ellas, como se consigna en Materiales y Métodos. El período de floración fue más corto (12.4 y 13.7 días para C-72 y M-12) que el que se encontró previo al experimento (16 y 20 días para C-72 y M-12).

Fechas de siembra

En ambas variedades, a la primera fecha de siembra (5-XII-84), correspondió la mayor longitud, tanto del período de floración como de la edad a la madurez fisiológica (Cuadro 1). Adicionalmente, se determinó que las fechas de siembra no influyeron, de manera significativa, en el lapso a inicio de floración ni entre fin de floración y madurez fisiológica. Estos fueron, respectivamente, de 41 y 31 días para C-72 y de 56 y 28 días para M-12.

Formas de eliminación

Las respuestas de las variedades a las formas de eliminación fueron similares en las tres fechas de siembra. Las plantas de frijol (C-72 y M-12), sometidas a la forma de eliminación IV (lapsos de eliminación A, B, C), tuvieron un período de floración más prolongado y requirieron de un mayor número de días para llegar a la madurez fisiológica que las plantas testigo (I, sin eliminación) y que aquellas a las cuales se aplicaron las formas de eliminación II y III en sus varios lapsos de eliminación de órganos reproductivos (Cuadro 2). Un comportamiento similar se observó en la forma de eliminación III en relación a la II y al testigo.

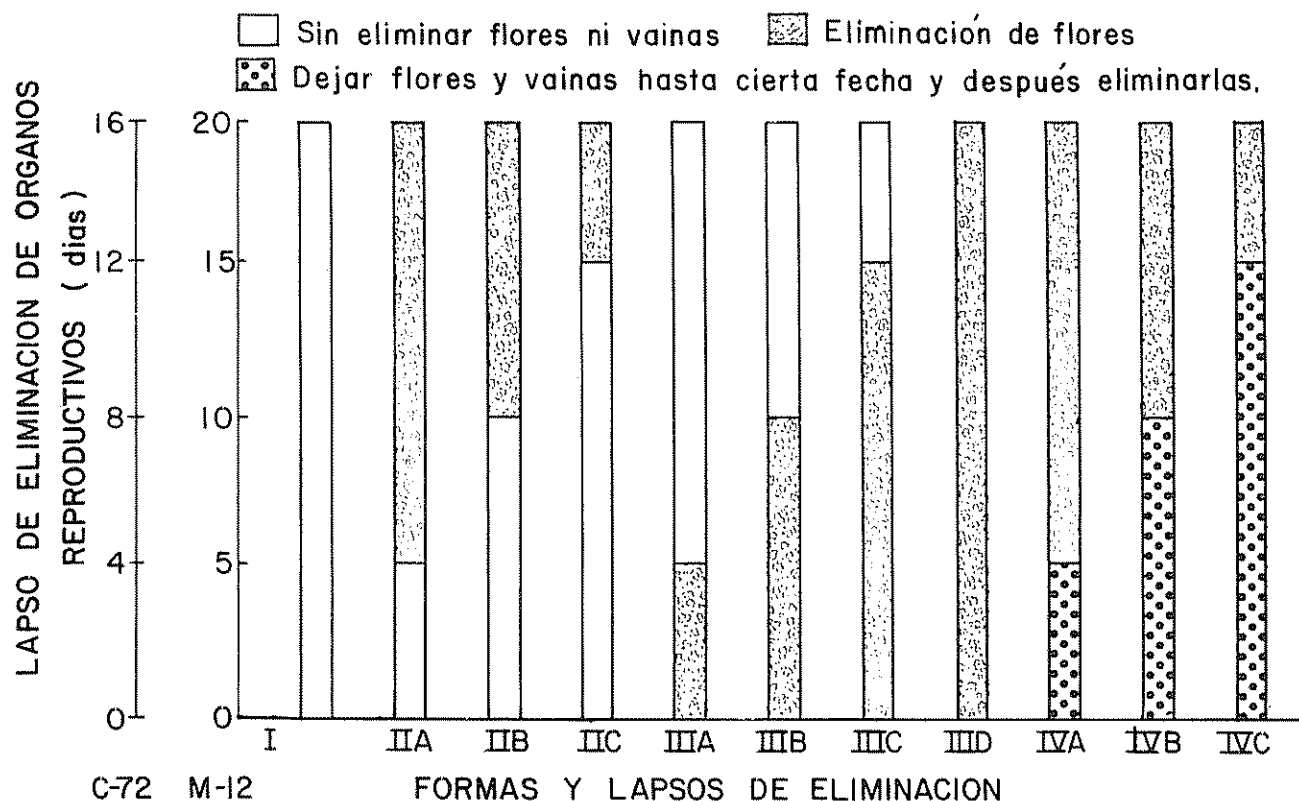


Fig. 2. Formas (I, II, III, IV) y lapsos (A, B, C, D) de eliminación de órganos reproductivos en las variedades de frijol Cacahuete 72 y Michoacán 12-A-3

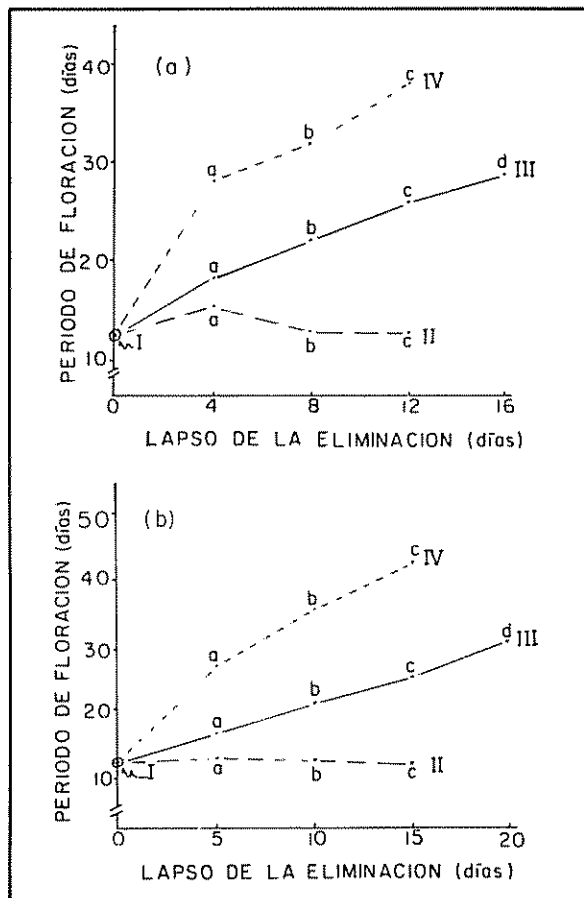


Fig 3. Efecto en el período de floración del frijol, de la eliminación de órganos reproductivos, (a) variedad Cacahuete 72, y (b) variedad Michoacán 12-A-3. Cada punto representa el promedio de las tres fechas de siembra (18 plantas). Para la explicación de los tratamientos, ver la Fig. 2.

En contraste, la forma de eliminación II (lapsos A, B, C) y el testigo presentaron similares períodos de floración y número de días a madurez fisiológica en ambas variedades (Cuadro 2).

En los resultados anteriores se observa que el período de floración y la edad a la madurez fisiológica de C-72 y M-12, se pueden prolongar cuando se realizan las formas de eliminación III y IV. Esta prolongación se debió a que dichas plantas liberaron el crecimiento de yemas axilares que dieron origen a nuevas ramas, y éstas a nudos, inflorescencias (Cuadro 2) y flores. Consecuentemente, también la senescencia se retrasó. Esto parece indicar que en el frijol existe una cierta capacidad de la fuente de fotosintatos para satisfacer la demanda principal (flores y vainas) de tal manera que, si esta demanda se elimina, los fotosintatos disponibles se canalizan primero hacia el desarrollo de nuevas estructuras vegetativas y posteriormente hacia estructuras reproductivas (2, 6, 9, 12).

Otra explicación consiste en aceptar la operación de un mecanismo hormonal, de tal manera que la eliminación de los primeros órganos reproductivos que aparecen en la planta, puede inducir un cambio en la relación entre promotores e inhibidores del crecimiento favoreciendo a los primeros, como lo indican las evidencias presentadas por Davis *et al* (4) y Lindoo y Noodén (5), para el caso de los primeros frutos de soya. La predominancia de los promotores ocasiona que se estimule la liberación de yemas axilares y el crecimiento de nuevas ramas y los concomitantes órganos reproductivos, prolongando así el período de floración y retrasando la senescencia (11).

Los datos obtenidos con la forma de eliminación II, cuando se dejaron desarrollar los primeros frutos y se eliminaron todas las flores que aparecieron con posterioridad a cierta fecha, indican que bastó un lapso de eliminación de cuatro o cinco días para que el período de floración y la edad a la madurez fisiológica y consecuentemente, la senescencia, fueran similares al testigo, sin eliminación de órganos reproductivos. Lo anterior suscita la pregunta de que si la presencia de los frutos que aparecen en los primeros cuatro o cinco días es suficiente para lograr que la relación hormonal se desplace en favor de los inhibidores. La contestación a esta pregunta requiere ser investigada.

Con la eliminación de órganos reproductivos, ocurrieron ciertos patrones de respuesta, de acuerdo con la longitud del lapso de dicha eliminación, por lo cual

Cuadro 1. Efecto de la interacción variedad-fecha de siembra en el período de floración y en la edad a la madurez fisiológica del frijol variedad Cacahuete 72 (C-72) y Michoacán 12-A-3 (M-12) en tres fechas de siembra. Cada cifra representa el promedio de 66 plantas.

Fecha de siembra	Período de floración* (días)		Edad a madurez* fisiológica (días)	
	C-72	M-12	C-72	M-12
5-XII-84	23.0 a	24.6 a	96.0 a	110.0 a
4-I-85	21.8 b	23.8 b	93.4 b	107.6 b
4-II-85	21.8 b	23.7 b	92.0 b	106.9 b
C.V.**	3.1	2.0	2.2	1.5

* Las diferencias entre variedades fueron estadísticamente significativas Tukey ($\alpha = 0.05$). Promedios con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales.

** Coeficiente de variación.

Cuadro 2. Efecto de la eliminación de órganos reproductivos en: (i) el período de floración; (ii) la edad a la madurez fisiológica del frijol, variedad Cacahuete 72 (C-72) y Michoacán (M-12); (iii) el número de estructuras en ambas variedades. Cada punto representa el promedio de las tres fechas de siembra, 18 plantas para (i) y (ii) y de 36 plantas para (iii); para la explicación de los tratamientos consultar Materiales y Métodos.

Formas	Lapsos	Período de floración (días)		Edad a madurez fisiológica (días)		No. Total de nudos*	No. de inflorescencias
		C-72	C-12	C-72	M-12		
I	—	12.4 g	13.7 g	86.4 c	94.9 f	21.3 d	11.0 b
II	A	16.5 fg	15.3 fg	91.0 de	99.0 ef	23.2 d	11.9 b
	B	12.8 fe	13.9 g	85.4 e	95.3 f	21.1 d	11.6 b
	C	12.2 g	13.6 g	86.7 e	96.5 f	23.1 d	12.2 b
III	A	15.8 ef	16.9 f	87.9 d	98.0 e	24.2 cd	14.0 b
	B	22.0 d	21.7 e	90.2 de	103.7 de	28.6 c	17.5 ab
	C	25.6 c	25.4 d	93.0 cd	107.0 cd	29.3 c	18.4 ab
	D	28.3 bc	30.7 c	97.6 bc	113.4 b	38.3 b	23.4 a
IV	A	28.0 bc	30.7 c	99.0 b	112.3 bc	36.3 b	22.9 ab
	B	30.9 b	35.5 b	101.1 b	116.2 b	38.5 b	23.4 a
	C	37.5 a	43.4 a	109.3 a	126.1 a	45.1 a	24.5 a
C.V.		10.2	12.0	4.0	4.5	27.7	29.1

* Comprende los del tallo principal y ramas

Nota: Promedio con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales. Tukey (0.05).
C.V. = Coeficiente de variación.

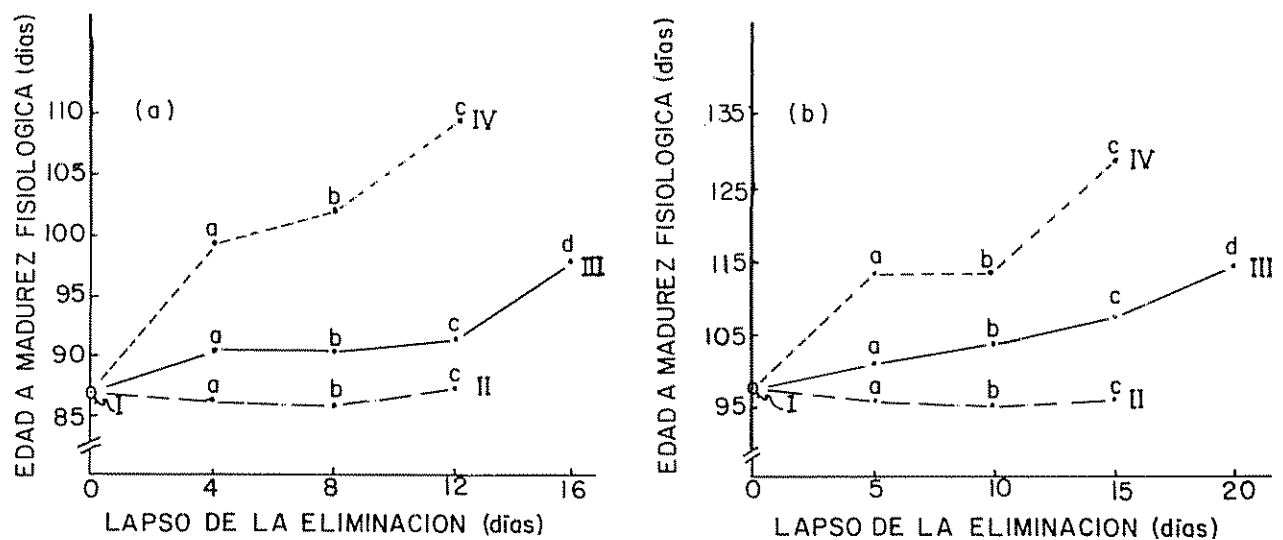


Fig. 4 Efecto en la madurez fisiológica del frijol, de la eliminación de órganos reproductivos, (a) variedad Cacahuete 72, y (b) variedad 12-A-3. Cada punto representa el promedio de las tres fechas de siembra (18 plantas) Para la explicación de los tratamientos, ver la Fig. 2.

esto se ha tomado en cuenta para la presentación de los resultados.

Cuando se sometieron las variedades C-72 y M-12 a las formas de eliminación III y IV, mientras mayor fue el lapso que duró la eliminación de órganos reproductivos, mayor fue el período de floración y la edad a la madurez fisiológica. Por ejemplo, cuando la eliminación de órganos reproductivos se realizó a los 12 y 15 días, en C-72 y M-12, respectivamente, sus períodos de floración y edad a la madurez, fueron mayores que cuando dicha eliminación se realizó a los 8 y 10 días, respectivamente. Sin embargo, esto no ocurrió en las plantas a las cuales se les practicó la forma de eliminación II, en la cual no hubo diferencia debida a la duración del lapso de eliminación (Cuadro 2).

Se observó que, dentro de una forma de eliminación correspondiente a un lapso largo, se liberó el cre-

cimiento de un mayor número de yemas que en las de lapso corto. Dichas yemas dieron origen a nuevas ramas y nudos, inflorescencias (Cuadro 2) y flores. Esto prolongó el período de floración y retrasó la senescencia de la planta. Para este comportamiento de la planta, en relación al lapso de la eliminación, se puede aceptar la misma explicación que se dio anteriormente para las formas de eliminación

CONCLUSIONES

De acuerdo con el objetivo señalado y los resultados obtenidos, se concluye que: la eliminación manual de órganos reproductivos alarga el período de floración y la edad a la madurez fisiológica de las plantas de frijol. Este comportamiento fue similar en las dos variedades y las tres fechas de siembra utilizadas

LITERATURA CITADA

- BALLESTERO, P., G.A. 1982. El sombreado artificial en un frijol indeterminado arbustivo, efectos morfológicos y fisiológicos. Tesis Mag. Sci. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados. 249 p.
- BINNIE, R.C.; CLIFFORD, P.E. 1981. Flower and pod production in *Phaseolus vulgaris* L. Journal of Agricultural Science 97:397-402.
- CIAT (COL.). 1980. Descripción de los hábitos de crecimiento de *Phaseolus vulgaris* L. Informe Anual del frijol. Cali. 85 p.
- DAVIS, P.J.; PROEBSTING, W.M.; GIAFNA, I.J. 1977. Hormonal relationships in whole plant senescence. Ed. by P.E. Pilet. In Plant growth regulation. Berlin, Springer-Verlag p. 273-280.
- LINDOO, S.J.; NOODEN, L.D. 1977. Studies on the behavior of the senescence signal in anoka soybean. Plant Physiology 59:1135-1140.
- PANDEY, R.K. 1983. Effect of leaf and flower removal in seed yield of lentil (*Lens esculenta* L.). Journal of Agricultural Science 100:493-503.
- PENNINGSFELD, F.; KURZMANN, P. 1975. Cultivos hidropónicos y en turba. Madrid, Mundi Prensa. 310 p.
- PRIETO B., V.; KOHASHI-SHIBATA, J. 1981. El orden de antesis y la ubicación de las flores: su relación con el rendimiento y sus componentes en frijol, *Phaseolus vulgaris* L., de hábito determinado Cv. Cacahuete-72. Nueva Epoca (Méx.) no. 29-30: 34-37.
- SANTOS V., J.C. 1984. Efecto de cortes de ejotes y remoción de flores en un frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) ejotero de hábito determinado. Tesis Mag. Sci. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados, 72 p.
- SOLORZANO V., R. 1982. Clasificación de hábitos de crecimiento en *Phaseolus vulgaris* L. Tesis Mag. Sci. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados, 72 p.
- SUBHADRABANDHU, D.; DENNIS, F.G.; ADAMS, M.W. 1978. Abscission of flower and fruits in *Phaseolus vulgaris* L. The relationship between pod abscission and endogenous abscisic, phaseic and dihydrophaseic acid in pedicels and pods. Journal of the American Society for Horticultural Science 103:565-567.
- TANAKA, A.; FUJITA, K. 1979. Growth, photosynthesis and yield components in relation to grain yield of the field bean. J. Fac. Agric. Hokkaido Univ 59:145-238.
- VILLAREAL, M., A.G. 1981. Resistencia a la sequía V. Condicionamiento a la sequía en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Ajustes morfológicos y osmóticos. Tesis Mg. Sci. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados. 188 p.
- WIEN, H.C.; SANDSTED, F.R.; WALLACE, D.H. 1973. The influence of flower removal on growth and seed yield of *Phaseolus vulgaris* L. Journal of the American Society for Horticultural Science 98:45-49.

Effects of Two Tillage Systems on Crop Performance and Weed Control¹

O. Fadayomi*

ABSTRACT

An experiment was conducted at Ile-Ife, Nigeria to determine the influence of two tillage systems (conventional vs. no-tillage) on the performance of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. cv 'Ife Brown') and two subsequent crops of maize (*Zea mays* L., 'Western Yellow'), as well as on the efficacy of different weed control treatments. Crop emergence was not affected by tillage system; however, plant height and stem circumference were significantly better in the no-tillage than in the conventional tillage plots. In addition, cowpea had significantly higher yields in the no-tillage plots while maize yields were not significantly different in both tillage systems. The overall weed control effectiveness was the same under both tillage systems throughout the three seasons. The relative weed growth was, however, higher for the herbicide-based weed control treatments, in the no-tillage plots during the third growing season.

INTRODUCTION

There has been a marked increase in the quantity of food items imported into Nigeria in recent times. While total maize import was 47 000 MT in 1978, it was estimated to be 345 000 MT in 1982 (2, 3). Various attempts are therefore being made by both national and international agencies to increase food production. These efforts are commonly geared towards either cultivating more land or a more intensive utilization of existing areas under cultivation, or both. Problems associated with intensive cultivation of the land, especially in tropical rainforest regions using conventional methods, include loss in fertility, deterioration of the soil structure, as well as erosion of the top soil (11, 12). A possible solution to the erosion problem may be the adoption of minimum or zero-tillage farming practices

COMPENDIO

Se estableció un experimento en ILE, IFE, Nigeria, para determinar la influencia de dos sistemas de labranza (convencional versus no-labranza) en el desempeño del cultivo de caupí (*vigna unguiculata* (L.) Walp, cv 'Ife Brown'), y de dos cultivos subsiguientes de maíz, (*Zea mays* L.) variedad "western yellow", así como también en la eficacia de diferentes métodos de control de malezas. La emergencia de las plántulas no fue afectada por el sistema de labranza; sin embargo, la altura de las plantas y la circunferencia del tallo fueron significativamente mejores en el tratamiento de no-labranza que en las parcelas bajo la labranza convencional. Además, los rendimientos del caupí en las parcelas de no-labranza fueron significativamente más altos en tanto que los rendimientos del maíz, no fueron significativamente diferentes en los dos sistemas de labranza estudiados. El control de malezas, en general, fue igualmente efectivo bajo ambos sistemas de labranza, a lo largo de las tres épocas de siembra. El crecimiento efectivo de las malezas, sin embargo, fue mayor para los tratamientos de control de malezas basados en el uso de herbicida, en las parcelas de no-labranza, durante la tercera época de crecimiento del cultivo.

Buckley (6) recently reviewed the state of no-tillage farming in the tropics. He observed that while the no-tillage technique has been extensively studied and is being increasingly put into practice in the temperate regions, it has not been exploited to the same degree in the tropics. Yet in areas where zero-tillage has been adopted, yields were as good as or sometimes better than yields obtained under conventional tillage (6, 7). Few studies have been conducted in Nigeria to investigate the effects of tillage systems on crop performance and weed control. The present study was aimed at comparing the effects of conventional and no-tillage systems on the performance of cowpea and maize as well as on the efficacy of different weed control treatments

MATERIALS AND METHODS

This study was conducted at the University of Ife teaching and research farm on a sandy loam soil during the 1979 and 1980 cropping seasons. The field selected for the study had been in fallow for about one year and was previously cropped to cowpea and maize. The vegetation on the field at the commencement of the study was composed predominantly of grasses (*Brachiaria deflexa* (Schum) C.E. Hubbard et

¹ Received for publication 29 September 1988

I wish to express my gratitude to Simeon Amana for his technical assistance and to the Chemical and Allied Products (Ltd.) for supplying the gramoxone and the gramuron used in this study.

* Department of Plant Science, University of Ife, Ile-Ife, Nigeria.

Robyns, *Cynodon dactylon* (L.) Pers. *Digitaria horizontalis* Wild., and *Eleusine indica* (L.) Gaertn, and these formed a good mulch in the no-tillage plots during the first season. The farm is situated in the rainforest belt and has an average annual rainfall of 1500 mm with average minimum and maximum temperatures of 21.69°C and 31.67°C, respectively. The rainfall data for 1979 and 1980 are presented in Table 1.

Table 1. 1979 and 1980 rainfall data (mm at the University of Ife teaching and research farm.

Month	1979	1980
January	0	0
February	0	7
March	154	27
April	169	82
May	261	152
June	141	106
July	254	181
August	403	233
September	138	337
October	176	255
November	38	90
December	0	2

The experiment was designed as a randomized complete block in a split-plot arrangement with two main treatments and six sub-treatments. The main treatments consisted of two tillage systems (no-tillage vs. conventional tillage), while the sub-treatments were made up of six weed control treatments (see Table 4). Individual split-plots were 4 m x 5 m.

Pre-planting plot preparations consisted of ploughing and harrowing in the conventional tillage plots, while the no-tillage plots were sprayed, either with paraquat (1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridinium ion) at 2.0 kg ai/ha or Gramuron, a 3:1 formulated mixture of diuron (3-(3,5-dichlorophenyl)-1,

1-dimethyl urea) and paraquat, at 2.4 kg ai/ha two weeks before planting. Whereas this was enough to kill the existing vegetation in the no-tillage plots in the 1979 late and 1980 early season, a supplementary application of paraquat (1.0 kg ai/ha) was made just before planting in the 1979 early season. The post-planting weed control treatments were superimposed on both tillage treatments, except that where Gramuron (equivalent to 1.8 kg ai/ha, diuron) was applied to the no-tillage plots during the 1979 early season, diuron was applied to the equivalent conventionally-tilled plots. All of the sub-treatment herbicide applications were made before crop emergence. In all cases, the weed control treatments were randomly assigned to the sub-plots at the beginning of each cropping season while all treatments were replicated three times. The herbicide applications were made with a CP3 knapsack sprayer using a spray output of 300 l/ha.

Unlike in the case of the tillage treatments, crop emergence, plant height and stem circumference were not affected by the different weed control treatments (data not shown). However, grain yield responded differently to these weed control treatments (Table 4). The highest cowpea grain yield was obtained with three hand weeding at 2, 4 and 6 WAP; while the lowest yields were obtained from plots that had pre-emergence applications of metolachlor (2-chloro-N-2ethyl-6-methylphenyl)-N-2-(methoxy-1-methylethyl) acetamide) at 2.5 kg ai/ha. Maize grain yield was not significantly affected by weed control treatments in 1979, but it was affected in 1980. The highest yield during the 1980 early season was obtained from the weed-free plots and the lowest yields from the unweeded checks. Yields were generally higher in the 1980 early season than in the 1979 late season.

Weed Control

Paraquat at 2.0 kg/ha, applied two weeks before planting, satisfactorily controlled the existing vegeta-

Table 2. Crop emergence, plant height, and stem circumference of cowpea and maize as affected by tillage system in 1979 and 1980.

Tillage Treatment	Crop emergence count/20 M ²			Plant height (cm)			Stem circumference	
	1979		1980	1979		1980	1979	1980
	Cowpea	Maize	Maize	Cowpea	Maize	Maize	Maize	Maize
Conventional Tillage	62	96	17	9.3	27.9	29.5	3.2	4.6
No-Tillage	93	78	55	13.9	47.1	49.7	4.4	5.7
LSD (0.05)	NS	NS	NS*	0.11	13.84	1.73	0.46	0.99

* F - Value significant at 10% level

Table 3. Grain yield (kg/ha) as affected by tillage systems.

Tillage	1979		1980
	Cowpea	Maize	Maize
Conventional tillage	267	1 271	5 520
No-Tillage	700	2 418	6 128
LSD (0.05)	131.4	NS*	NS

* F - Value significant at 10% level.

tion in the no-tillage plots, except during the 1970 early season when a supplementary application of the herbicide at 1.0 kg ai/ha had to be made just before planting.

The influence of the tillage systems on the effectiveness of the weed control treatments is shown in Table 5. The most prevalent weeds encountered in the unweeded checks of both the no-tillage and conventional tillage plots during the course of this study were *Ageratum conyzoides* L., *Brachiaria deflexa* (Schum) C.E. Hubbard ex Robyns, and *Digitaria horizontalis* Wild. In addition, *Eleusine indica* (L.) Gaertn, and *Mariscus alternifolius* Vahl. were encountered on the conventional tillage plots; while *Spigelia anthelmia* L. and *Talinum triangulare* (Jacq.) Wild. were encountered on the no-tillage plots. All the above weed species, with the exception of *Talinum triangulare*, were satisfactorily controlled in both the no-tillage and conventional tillage plots. Both the average population of weed seedlings and the weed dry weight

per unit area were not significantly different under the two tillage systems except during the 1980 early season when weed dry weight was significantly higher in the conventional tillage plots than in the no-tillage plots. While the relative weed growth (weed dry weight at 8 WAP per unit weed seedling at 4 WAP) (8) for the herbicide-based treatments was higher in the conventionally-tilled than in the no-tillage plots in 1979, it was higher in the no-tillage plots in 1980. Relative weed growth for the unweeded checks was higher in the conventionally-tilled plots in both years.

Cowpea, (cv. Ife Brown) was planted on May 4, 1979, while the maize (cv. Western Yellow) was planted on 3 September, 1979 and 15 April, 1980. There was no fertilizer application to the cowpea crop, while each of the maize crops received 40 kg/ha of complete fertilizer (15-15-15) as side-dressing along the maize rows, four weeks after sowing.

Crop Performance

Crop emergence and plant height were determined for both cowpea and maize ten days after planting (DAP) and four weeks after planting (EAP), respectively. Emergence counts were carried out over the whole subplot area, while ten plants per subplot were randomly selected for the measurement of plant height. In the case of maize, the same ten plants were used to determine stem circumference, 10 cm above ground level. Emergence was generally very poor in 1980, hence all missing stands were replanted. Cowpea pods and maize cobs were corrected to 13% moisture content.

Table 4. Effects of weed control treatments on grain yield.

Cowpea		Maize		
Weed control treatment	Yield kg/ha	Weed control treatment	Yield kg/ha	
	1979		1979	1980
1. 3 handweeding at 2, 4, & 6 WAP	623	1. 2 handweeding at 2 & 4 WAP	1 918	5 837
2. Galex (metolachlor + metobromuron), 2.5 kg ai/ha	520	2. 2 handweeding at 2 & 6 WAP	2 203	6 200
3. Metolachlor, 2.5 kg ai/ha	312	3. Atrazine, 2.5 kg ai/ha	1 504	5 580
4. Diuron, 2.0 kg ai/ha (1.8 kg ai/ha for no-tillage plots)	403	4. Primextra (Atrazine + metolachlor), 2.5 kg ai/ha	1 887	5 644
5. Weedfree control	595	5. Weedfree control	1 887	6 650
6. Weedy control	449	6. Weedy control	1 677	5 033
LSD (0.05)	200	LSD (0.05)	NS*	866.7

* F - Value significant at 10% level.

Weed Control

During the 1979 early season, weed density was enumerated at 4 WAP using two (0.3 m x 0.6 m) quadrats randomly placed in the plots. In the subsequent seasons, a fixed area of 1 m² was established in each plot from which weed density enumeration was conducted at 4 WAP, and weeds were harvested at 8 WAP for dry matter determination.

All data were subjected to analysis of variance and treatment means were compared using the least significant difference test.

RESULTS

Throughout the three cropping seasons, the tillage vs. weed control interaction was not significant for any of the parameters. Consequently only the effects of the main treatments will be discussed.

Crop Performance

Throughout the three seasons, there was no significant difference in crop emergence between the no-tillage and conventional tillage plots (Table 2). On the other hand, plant height and stem circumference were consistently greater in the no-tillage than in the con-

ventional tillage plots for both crops. Grain yield was also generally higher in the no-tillage plots than in the conventional tillage plots throughout the three seasons (Table 3). However, it was only for the cowpea crop that these differences were significant.

DISCUSSION

The observed effect of the tillage systems on crop emergence is in line with the findings of previous workers. Kapusta (9), in a three-year study, found that soybean (*Glycine max* L.) population was not affected by tillage except in one year when the conventional and minimum tillage plots had lower plant population due to soil crusting, caused by rainstorms. The greater plant height and stem circumference observed in the no-tillage plots is indicative of better plant growth in the no-tillage than in the conventional tillage plots. This is possibly due to a greater moisture and nutrient availability in the no-tillage plots. Lal (11), Akobundu (1), and Blevins, Thomas and Cornelius (5), reported that organic matter content and moisture retention capacity are higher under zero-tillage than under conventional tillage systems. The effects of tillage system on cowpea and maize grain yields are also in line with the findings of previous workers. Olunuga and Ajuwon (12) obtained higher cowpea grain yield under no-tillage systems in

Table 5. Influence of tillage system on weed control effectiveness.

a. Weed population and weed dry weights in cowpea and maize (1979 and 1980).

Tillage treatment	Weed population/M ² (4 WAP)			Weed dry weight/M ² (8 WAP)	
	1979		1980	1979	1980
	Cowpea	Maize	Maize	Maize	Maize
Conventional tillage	230	136	18	115.4	59.7
No-tillage	85	208	44	93.9	46.6
LSD (0.05)	NS	NS	NS	NS	12.06

b. Relative weed growth in maize (1979 and 1980).

Tillage treatment	Relative Weed Growth					
	1979			1980		
	Atrazine (2.5 kg ai/ha)	Primextra (2.5 kg ai/ha)	Unweeded check	Atrazine (2.5 kg ia/ha)	Primextra (2.5 kg ai/ha)	Unweeded check
Conventional tillage	8.1	8.2	0.7	0.6	0.0	6.2
No-tillage	2.9	0.6	0.5	4.0	5.0	1.3

the rainforest region, while yields were not affected by tillage in the derived savannah region. The same authors did not obtain any difference in maize yield under various tillage systems. Similarly, Kapusta and Stricker (10) observed that maize yields were affected primarily by level of weed control and less by tillage method.

Planting of the 1979 maize crop was delayed due to incessant rainfall in July and August, although there was very little rainfall in November, when the crop was in its reproductive phase. These factors must have been responsible for the much lower yields obtained in 1979 than in 1980. On the other hand, the replanting of missing stands in 1980 resulted in a more uniform stand distribution between the conventional and no-tillage plots. This must have led to the lower difference in yields obtained between the conventional and no-tillage plots.

On the whole, the level of experimental errors, with respect to grain yield, were high and this might have been responsible for the non-significance of yield differences between the conventional and no-tillage plots. This situation must have been caused in part by the small number of tillage treatments as well as the possible confounding of the tillage effects through the use of the same piece of land during three seasons. This latter was, however, deliberate, as it afforded an opportunity for investigating the possible weed shifts accompanying such a practice.

The overall effectiveness of the weed control treatments was either not affected by the tillage system or was better under the no-tillage plots. Even though the weed population was greater in the no-tillage maize

plots, the weed dry weights from these plots were lower compared to the conventional tillage plots (Table 5a). This is in agreement with the observations of Olunuga and Ajuwon (12) who obtained similar significantly lower weed fresh weights from no-tillage plots compared to the conventional tillage plots. Similarly, Ayeni, Duke and Akobundu (4) observed in sole crops of maize and cowpea, as well as in a cowpea maize intercrop that, at six weeks after sowing, weed dry weight under a no-tillage system was 52% of the weight under conventional tillage. As reported earlier, the perennial weed, *Talinum triangulare*, was not adequately controlled in the no-tillage plots starting from the second season. Thus, while the relative weed growth for both the unweeded checks and the herbicide-based treatments was higher in the conventional tillage plots in 1979, it was higher under the no-tillage plots for the herbicide-based treatments in 1980 (Table 5b). The implication of this is that there is likely to be a build-up of this and other perennial weeds in the event of continuous cropping under the no-tillage system. This can be taken care of by using translocating herbicides for the no-tillage plots prior to planting.

The above results further confirm that similar or better crop yields can be attained under a no-tillage culture. There was also no reduction in overall weed control effectiveness, although there was a tendency towards a build-up of perennial weeds in the no-tillage plots, when such plots are used continuously and appropriate preplanting herbicides are not used. The possibility of using higher rates of herbicides with little danger of crop injury (13) is an added advantage for the control of such weeds under a no-tillage system.

LITERATURE CITED

1. AKOBUNDU, I.O. 1977. Advances in weed control in conventional and no-tillage maize. In Ann. Conf. Weed Sci. Soc. (7., Nigeria). Proceedings p. 10-18.
2. ANONYMOUS. 1981. FAO mon. Bulletin Statist. 4(10).
3. ANONYMOUS. 1983. FAO mon. Bulletin Statist. 6(12).
4. AYENI, A.O.; KUKU, W.B.; AKOBUNDU, I.O. 1984. Weed interference in maize, cowpea and maize/cowpea intercrop in a subhumid tropical environment. III. Influence of land preparation. Weed Research 24:439-448.
5. BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; CORNELIUS, P.L. 1977. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after five years of continuous corn. Agronomy Journal 69:383-386.
6. BUCKLEY, N.G. 1980. No-tillage weed control in the tropics in weeds and their control in the humid and subhumid tropics. International Institute of Tropical Agriculture. Proceedings Series no. 3. p. 12-21.
7. CHAPEL, W.E.; LINK, L.A. 1977. Evaluation of herbicides in no-tillage production of burly tobacco (*Nicotiana tabacum*). Weed Science 25:511-514.
8. FADAYOMI, O. 1979. Effects of crop spacing on weed competition and seed yield in cowpea, *Vigna urguiculata* (L.) Walp. C.V. 'Ife Brown'. Ife Jour. Agric. 1:45-50.
9. KAPUSTIA, G. 1979. Seedbed tillage and herbicide influence on soybean (*Glycine max*) weed control and yield. Weed Science 27:520-526.

- 10 KAPUSTA, G.; STRIEKER, C.F. 1976. Herbicidal weed control in stubble no-tillage planted corn. *Weed Science* 24:605-611.
11. LAL, R. 1974. No-tillage effects on soil properties and maize (*Zea mays* L.) production in western Nigerian. *Plant and Soil* 40:321-331
12. OLUNUGA, B.A.; AJUWON, S.O. 1977. The relevance of zero-tillage to crop production in South Western Nigeria. *Ann. Conf. Weed Sci. Soc. (7., Nigeria). Proceedings.* p. 80-89.
13. SLACK, C.R.; BLEVINS, R.L.; RIECK, E.C. 1978. Effect of soil p^H and tillage on persistence of simazine. *Weed Science* 26:145-148.

Concentração de Imunoglobulina Sérica, Peso Corporal e Diarréia, em Bezerros da raça Holandesa Aleitados com Diferentes Dietas¹

R. Machado Neto*, I.U. Packer**, I. Susin***

ABSTRACT

The effect of different milk feeding systems on diarrhea occurrence (date of first day of scour), duration and severity, was determined in 36 male and female Holstein calves, in relation to serum immunoglobulin concentration and body weight. Calves were given, during at least the first 30 days of life, one of the following treatments: (A) whole milk, colostrum and milk replacer (1:1:2); (B) whole milk; and (C) milk replacer. All calves were fed colostrum up to 72 hours after birth. The blood samples, collected from the jugular vein for immunoglobulin analysis, were obtained at the first and fifth days of life. Body weight was registered at birth, five and 10 days of life and information about diarrhea (occurrence, duration and severity) was registered during the milk-feeding period. Serum immunoglobulin was analysed through zinc sulfate turbidity and radial immunodiffusion methods. The results were interpreted by the following statistical analyses: Kruskal-Wallis test; non-parametric test of multiple comparisons, and correlation analysis. The averages of first scour, duration and severity were: 7.53, 3.43 and 2.52 for treatment A; 7.87, 4.87 and 2.25 for treatment B and 5.86, 5.57 and 2.71 for treatment C. Although without statistical significance, calves fed milk replacer had a tendency of earlier and more severe diarrhea. The duration in treatment A did not differ from B, but was significantly shorter than C. These observations could be a consequence of the lack of active immunoglobulins in the treatment C diet, resulting in less protection in the digestive tract. The study of correlations suggested that higher levels of immunoglobulins delayed the occurrence of diarrhea and that the sooner it occurred, the stronger was the tendency to show longer duration, thus affecting weight gain.

RESUMO

Foram determinados, em 36 bezerros da raça Holandesa Preta e Branca de ambos os sexos, os efeitos de diferentes regimes de aleitamento, sobre a ocorrência, duração e intensidade das diarréias, bem como sobre a concentração de imunoglobulinas séricas, no período imediatamente pós-natal. Os bezerros, após receberem colostro nas primeiras 72 horas, foram submetidos, por um período mínimo de 30 dias, aos seguintes tratamentos: A – leite integral, colostro e sucedâneo (1:1:2); B – leite integral e C – sucedâneo. Amostras de sangue, para análise de imunoglobulinas séricas, foram coletadas no 1.º dia (24 horas pós-parto) e 5.º dia de vida. O peso dos bezerros foi registrado na data do nascimento, aos cinco e 10 dias de idade, enquanto as informações sobre diarréias (data da ocorrência, duração e severidade) foram anotadas durante o período de aleitamento. A imunoglobulina sérica foi quantificada pelos métodos ZST e imunodifusão radial. A análise estatística dos dados foi feita através do teste de Kruskal-Wallis, teste não paramétrico de comparações múltiplas e análises de correlação. As médias das idades de ocorrência, duração e severidade das diarréias, foram: 7.53, 3.43 e 2.52 para A; 7.87, 4.87 e 2.25 para B e 5.86, 5.57 e 2.71 para C. Nos animais aleitados com sucedâneo (tratamento C), verificou-se uma tendência de apresentarem diarréias mais cedo e com maior intensidade, porém os resultados não alcançaram níveis significativos. Quanto à duração, o tratamento A não diferiu de B, mas foi significativamente mais curto do que C. Essas observações podem estar relacionadas com o fato do sucedâneo não conter imunoglobulinas ativas, podendo assim ter determinado uma proteção menos eficiente a nível de trato digestivo. A análise das correlações indicou que níveis mais elevados de imunoglobulinas retardaram o aparecimento das diarréias. Este estudo também revelou que, quanto mais cedo ocorreram as diarréias, mais pronunciada foi a tendência em apresentar maior duração, afetando, conseqüentemente, de modo adverso, o ganho de peso dos bezerros no período crítico de incidência das mesmas.

¹ Recebido para publicação 20 julho 1988

* Prof. Adjunto – Departamento de Zoologia ESALQ/USP. 13.400 – Piracicaba – SP – Brasil.

** Prof. Titular – Departamento de Zootecnia ESALQ/USP. 13.400 – Piracicaba – SP – Brasil.

*** Med. Vet. MS – Departamento de Zootecnia ESALQ/USP. 13.400 – Piracicaba – SP – Brasil.

INTRODUÇÃO

O tipo de imunidade presente no bezerro recém-nascido é passiva, sendo proveniente de anticorpos maternos presentes no colostro e absorvidos através do aparelho digestivo (2).

Os ruminantes, ao contrário dos primatas e langomorfos, possuem um tipo de placenta que impossibilita a passagem intra-uterina de anticorpos. Daí o colostro constituir-se na fonte principal, ou talvez única, de anticorpos para a proteção do bovino recém-nascido.

A incidência de doenças e o índice de mortalidade em bezerros novos têm sido relacionados, de uma maneira direta ou indireta, com a ingestão de imunoglobulinas através do colostro. Gay *et al.* (5), trabalhando com bezerros, verificaram uma correlação significativa entre mortalidade e valores baixos de imunoglobulinas séricas. Estudos semelhantes, utilizando recém-nascidos, observaram a mesma tendência, isto é, uma estreita relação da morbidez e mortalidade, com a concentração de imunoglobulinas séricas derivadas do colostro (8, 10, 11, 12, 13, 14).

Assim sendo, o presente trabalho, executado em bezerros da raça Holandesa Preta e Branca, comparou os efeitos de diferentes regimes de aleitamento, sobre a ocorrência, duração e severidade das diarreias, e considerou ainda a influência das concentrações de imunoglobulinas séricas, no período imediatamente pós-natal, sobre as diarreias.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na fazenda Pinhalzinho, Localizada no Município de Araras, Estado de São Paulo (22°26' de latitude sul e 47°13' de longitude oeste de Greenwich), no período compreendido entre julho e outubro de 1983.

Foram utilizados 36 bezerros de ambos os sexos, da raça Holandesa Preta e Branca, apresentando grupos genéticos 15/16 Holandês: Guzerá, puro por cruz e puro de origem.

Os bezerros, ao nascerem, foram apartados imediatamente e receberam colostro (ordenhado) em biberões, na razão de 10% do peso vivo, em duas refeições diárias, até 72 horas após o nascimento. Em seguida, os bezerros receberam 4 kg de leite no balde, duas vezes ao dia, por um período mínimo de 30 dias, de acordo com o tratamento ao qual foram submetidos.

Os tratamentos foram: A — leite integral, colostro e sucedâneo (nas proporções em peso de 1:1:2); B — leite integral e C — sucedâneo.

O sucedâneo fornecido tinha, como principal fonte protéica, os subprodutos da fabricação de leite em pó. A mistura de concentrado utilizada, especial para desmama precoce, foi adquirida no comércio. Como volumoso foram oferecidos, picado e à vontade, feno de alfafa (*Medicago sativa* L.) nos primeiros 20 dias, e feno de "coast cross" (*Cynodon dactylon* var. coast cross) no período restante.

Amostras de sangue, aproximadamente 10 ml por animal, foram coletadas no 1.º dia (24 horas pós-parto) e 5.º dia de vida, da veia jugular. O soro foi obtido após coagulação e centrifugação (2.000 rpm por 5 minutos) sendo congelado a -20°C e, nestas condições, mantido até a realização das análises.

As imunoglobulinas séricas foram quantificadas através do método descrito por Mc Ewan *et al.* (9), onde os valores são expressos em unidades ZST ("Zinc Sulfate Turbidity"). A turvação, após a reação com sulfato de zinco, foi lida em espectrofotômetro, com o comprimento de onda ajustado em 625 nm. A temperatura ambiente do laboratório foi mantida em 20°C durante o procedimento dessas análises.

Através da quantificação de imunoglobulinas séricas de uma série de amostras, pelo método de imunodifusão radial, segundo Mancini *et al.* (7), foi estimado o valor aproximado da unidade ZST. Dentro das condições de análise seguidas neste trabalho, 1 unidade ZST foi equivalente a 0.753 mg/ml de imunoglobulinas séricas.

O peso dos bezerros foi registrado ao nascimento, aos 5 e aos 10 dias de idade, enquanto as informações sobre as diarreias (idade da ocorrência, duração e severidade) foram registradas durante o período de aleitamento.

A severidade das diarreias foi avaliada utilizando-se uma escala de 1 a 4, de acordo com a intensidade da mesma, isto é, com base na consistência das fezes e presença de sangue, tendo sido atribuído o valor 1 para casos brandos e o valor 4 para casos mais graves.

A análise estatística dos dados de ocorrência (data do 1.º dia de diarreia), duração e severidade das diarreias foi feita através do teste de Kruskal-Wallis. No caso de rejeição da hipótese de igualdade dos tratamentos, procedeu-se à aplicação do teste não paramétrico de comparações múltiplas, calculando-se a diferença mínima significativa para o caso de grandes amostras e número diferente de repetições por tratamento (4). Análises de correlações foram efetuadas com os dados de imunoglobulinas séricas, medidas das diarreias e pesos dos bezerros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de ocorrência, duração e severidade das diarréias, dos pesos vivos e suas variações, e das concentrações de imunoglobulinas séricas dos bezerros, nos primeiros 10 dias de vida, estão apresentados na Tabela 1.

A análise da variância não paramétrica, de acordo com o teste de Kruskal-Wallis, para data de ocorrência

e para a severidade das diarréias, respectivamente, mostra que as diferenças entre as médias dos tratamentos A, B e C não foram significativas, apesar da tendência dos animais aleitados com sucedâneo apresentarem diarréias mais cedo, e com maior severidade.

Por outro lado, houve diferença significativa ($P > 0.05$) entre os tratamentos para a duração das diarréias: o teste de comparação das médias indicou que o tratamento A, cujos bezerros apresentaram uma du-

Tabela 1. Imunoglobulina sérica (unidades ZST), diarréia (data da 1ª ocorrência em dias de vida, duração em dias e severidade em graus de 1 a 4), peso (kg) e variação de peso (kg).

Animais	Diarréia			Peso			Var. de Peso		Concentração de Imunogl.		Tratam.
	Ocor.	Dur.	Sev.	0	5d	10d	0-5	5-10	1d	5d	
1 503	9	5	3	41.0	44.0	43.0	+3.0	-1.0	55.50	54.00	
1 493	6	4	2	35.0	38.0	36.0	+3.0	-2.0	40.50	39.25	
112	8	1	2	39.0	40.0	39.0	+1.0	-1.0	29.75	26.00	
114	7	3	2	34.0	34.0	34.0	0.0	0.0	19.50	20.25	
1 497	6	3	3	40.0	39.0	39.0	-1.0	0.0	27.50	29.00	
1 495	7	4	3	37.0	40.0	40.0	+3.0	0.0	31.25	29.00	
117	6	6	3	35.0	35.5	35.0	+0.5	-0.5	12.00	12.25	
1 494	9	3	3	39.0	41.0	42.0	+2.0	+1.0	39.25	42.50	
1 502	7	3	2	31.0	32.0	35.0	+1.0	+3.0	53.00	42.50	
440	10	3	3	34.0	36.0	35.0	+2.0	-1.0	60.00	41.50	
118	6	4	3	32.0	32.0	35.0	0.0	+3.0	15.00	17.50	A
131	10	1	1	45.0	46.0	46.0	+1.0	0.0	39.00	37.00	
1 485	10	2	3	22.0	22.0	21.0	0.0	-1.0	56.50	48.00	
1 499	8	4	2	39.0	41.0	40.0	+2.0	-1.0	21.75	23.00	
122	4	4	3	33.0	32.0	34.5	-1.0	+2.5	23.50	18.75	
124	6	3	2	32.0	34.5	37.0	+2.5	+2.5	24.00	26.00	
1 496	6	4	3	30.0	30.5	31.0	+0.5	+0.5	30.00	34.25	
1 500	12	3	2	33.0	34.0	37.0	+1.0	+3.0	31.00	36.00	
1 486	6	3	3	34.0	36.5	34.0	+2.5	-2.5	19.00	19.25	
441	8	6	2	24.0	27.0	24.5	+3.0	-2.5	47.25	33.50	
1 489	7	3	3	43.0	46.0	46.0	+3.0	0.0	31.00	30.00	
Média	7.53	3.43	2.52	34.8	36.2	36.4	+1.4	+0.1	33.63	31.40	
EM	0.4	0.3	0.1	1.2	1.3	1.3	0.3	0.4	3.0	2.3	
1 487	6	6	3	35.0	38.0	37.0	+3.0	-1.0	21.00	23.25	
130	6	3	2	39.0	42.0	41.0	+3.0	-1.0	26.25	22.50	
119	6	6	2	37.0	38.0	34.0	+1.0	-4.0	11.00	10.00	
1 501	8	4	2	29.0	32.0	35.5	+3.0	+3.5	37.50	36.00	
126	12	1	1	33.0	35.5	41.0	+2.5	+5.5	43.00	40.50	
1 491	9	5	3	33.0	33.0	34.0	0.0	+1.0	29.00	32.00	B
123	9	8	3	38.0	37.0	38.5	-1.0	+1.5	37.75	33.25	
1 484	7	6	2	38.5	38.5	39.0	0.0	-0.5	12.25	18.50	
Média	7.87	4.87	2.25	35.3	36.7	37.5	1.4	+0.6	27.21	27.00	
EM	0.7	0.8	0.2	1.2	1.1	1.0	0.6	1.0	4.2	3.6	
121	8	4	3	40.0	41.0	39.0	+1.0	-2.0	24.00	25.75	
1 498	7	4	3	41.0	40.5	41.0	-0.5	+0.5	35.50	28.00	
1 488	5	3	4	30.0	32.5	30.0	+2.5	-2.5	18.25	13.75	
129	6	5	3	36.0	40.0	35.5	+4.0	-4.5	36.25	32.50	
490	2	10	2	46.0	47.0	41.0	+1.0	-6.0	28.25	25.00	C
1 492	8	8	3	39.0	38.0	39.5	-1.0	+1.5	24.75	20.25	
125	5	5	1	35.0	36.0	33.0	+1.0	-3.0	28.00	26.00	
Média	5.86	5.57	2.71	38.1	39.3	37.0	+1.1	-2.3	27.85	24.46	
EM	0.8	0.9	0.4	1.9	1.7	1.6	0.6	0.9	2.4	2.2	

EM - Erro da Média.

ração média de 3.43 dias, diferiu de modo significativo do tratamento C que teve média de 5.57 dias. O tratamento B, com média de 4.87 dias, não diferiu do tratamento A e nem do tratamento C, de modo significativo.

Esses resultados podem estar relacionados com a utilização do sucedâneo no tratamento C, pois essa dieta que não contém imunoglobulinas ativas, pode ter determinado uma proteção local menos efetiva do que nos dois outros tratamentos (A e B), que utilizaram leite integral ou colostro. Esta explicação está de acordo com Brignole e Stott (3), Logan *et al.* (6), Ribeiro *et al.* (13), Woode *et al.* (15), que consideram de grande importância a ação protetora conferida pela presença de imunoglobulinas no trato digestivo, após o período absorptivo.

Por outro lado, a concentração mais elevada de imunoglobulinas séricas, observada no tratamento A nos 5 primeiros dias de vida, pode também ter contribuído para a determinação desses resultados, fato que está de acordo com Bloyd (1), Brignole e Stott (3), Gay *et al.* (5), Penhale *et al.* (12), Ribeiro *et al.* (13), os quais verificaram maiores problemas de saúde em bezerros que apresentavam baixo nível de imunoglobulinas.

As correlações entre níveis de imunoglobulinas, medidas das diarreias e valores da variação de pesos, foram relativamente baixas, porém existem algumas associações de interesse biológico, merecendo destaques especiais.

O nível de imunoglobulinas séricas, no 1° ou 5° dia, apresentou uma correlação positiva ($P > 0.01$),

com a data da ocorrência das diarreias, indicando que, quanto maior o valor de imunoglobulinas séricas, mais tardiamente ocorreu o aparecimento de problemas entéricos nos bezerros, fato esse que concorda com as observações de Boyd (1), Brignole e Stott (3), Gay *et al.* (5), Penhale *et al.* (12), Ribeiro *et al.* (13).

A idade de ocorrência das diarreias, por sua vez, apresentou uma correlação negativa ($P > 0.01$) com a duração e uma correlação positiva ($P > 0.01$) com a variação de peso vivo, no intervalo de 5 a 10 dias de vida. Isso significa que, quanto mais cedo ocorreram as diarreias, mais pronunciada foi sua tendência em apresentar maior persistência, afetando, desta maneira, de modo adverso, o ganho de peso dos bezerros no período crítico de incidência das diarreias. Tais associações podem, de um modo indireto, ser consequência dos níveis de imunoglobulinas séricas, como diretamente dos efeitos de proteção local das imunoglobulinas ativas do colostro e do leite dos tratamentos A e B. Esse último argumento pode, em parte, explicar a ausência de correlação significativa entre os níveis de imunoglobulinas séricas e a variação de peso dos animais, no período de incidência das diarreias.

Finalmente, observou-se uma correlação negativa ($P > 0.05$) entre persistência das diarreias e variação de peso dos animais, sugerindo que a maior duração das mesmas está associada com uma maior perda de peso dos bezerros, no intervalo de 5 a 10 dias de idade.

Os resultados do presente trabalho, nas condições em que o mesmo foi produzido, sugerem que as dietas que continham leite integral e colostro, em relação ao sucedâneo, conferiram uma proteção mais eficiente contra diarreias.

LITERATURA CITADA

1. BOYD, J.W. 1972. The relationship between serum immunoglobulin deficiency, and disease in calves: a farm survey. *Veterinary Record* 90:645-649.
2. BRAMBELL, F.W.R. 1958. The passive immunity of the young mammal. *Biological Review* 33:488-531.
3. BRIGNOLE, I.J.; STOTT, G.H. 1980. Effect of suckling followed by bottle feeding colostrum on immunoglobulin absorption and calf survival. *Journal of Dairy Science* 63:451-456.
4. CAMPOS, H. 1983. *Estatística experimental não paramétrica* 4 ed. Piracicaba, Bra., ESALQ/USP-FEALQ.
5. GAY, C.C.; ANDERSON, N.; FISHER, E.W.; MC EWAN, A.D. 1965. Gammaglobulin levels and neonatal mortality in market calves. *Veterinary Record* 77:148-149.
6. LOGAN, E.F.; STENHOUSE, A.; ORMORD, D.J.; PENHALE, W.J. 1974. The role of colostral immunoglobulins in intestinal immunity to enteric colibacillosis in the calf. *Research in Veterinary Science* 17:290-301.
7. MANCINI, G.; CARBONARA, A.O.; HEREMANS, J.F. 1965. Immunochemical quantitation of antigens by single radial immunodiffusion. *Immun* 2:235-254.
8. MCBEATH, D.G.; LOGAN, E.F. 1974. Influence of neonatal management on serum immunoglobulin levels of suckled calves. *Veterinary Record* 95(20): 466.
9. MC EWAN, A.D.; FISHER, E.W.; SELMAN, I.E.; PENHALE, W.J. 1970. A turbidity test for the estimation of immune globulin levels in neonatal calf serum. *Clin. Chim. Acta* 27:155-163.

10. NOCEK, J.E.; BRAUND, D.G.; WARNER, R.G. 1984. Influence of neonatal colostrum administration, immunoglobulin, and continued feeding of colostrum on calf gain, health and serum protein. *Journal of Dairy Science* 67:319-333.
11. PENHALE, W.J.; CHRISTIE, G.; MC EWAN, A.D.; FISHER, E.W.; SELMAN, I.E. 1970. Quantitative studies on bovine immunoglobulins. II. Plasma immunoglobulins levels in market calves and their relationship to neonatal infection. *British Veterinary Journal* 126:30-37.
12. PENHALE, W.J.; LOGAN, E.F.; SELMAN, I.E.; FISHER, E.W.; MC EWAN, A.D. 1973. Observations on the absorption of colostral immunoglobulin by neonatal calf and their significance in colibacillosis. *Ann. Rech. Vet.*, 4:223-233.
13. RIBEIRO, M.F.B.; BELEM, P.A.D.; PARARROYO, S.; J.H.; FARIA, J.E. DE. 1983. Hipogamaglobulinemia em bezerros. *Arquivos Brasileiros Med. Vet. Zoot.*, 35:537-546.
14. SELMAN, I.E.; DE LA FUENTE, G.H.; FISHER, E.W.; MC EWAN, A.D. 1971. The serum immune globulin concentrations of newborn dairy heifer calves. A farm survey. *Veterinary Record* 88:460-464.
15. WOODE, G.N.; JONES, J.; BRIDGE, J. 1975. Levels of colostral antibodies against neonatal calf diarrhoea virus. *Veterinary Record* 97:148-149.

Biología, Cría Masal y Aspectos Ecológicos de la Mosca Blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), como Plaga del Frijol Común¹

K. Eichelkraut*, C. Cardona*

ABSTRACT

The biology of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius), as a pest of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) was studied in Palmira, Colombia, under greenhouse (26°C, 67% R.H.) and field (24°C, 70% R.H.) conditions. The duration of the total life cycle from egg to adult emergence was 25.3 ± 2.0 and 28.3 ± 2.9 days, respectively. All stages were described and their duration estimated. Sex ratios tend to be 1:1. Female adults lived an average of 14 days and laid an average of 75 eggs. Virgin females are parthenogenetic and arrhenotokous. Field populations of adult whiteflies seem to like dry, hot weather. Adult females prefer to lay eggs on the cotyledonal leaves of 10-15 day-old plants. Immature stages show a clumped distribution. Sample sizes for immature stages in small plots were determined. Techniques for rearing the insect on 11 host plants are described. Eggplant and pigeon pea were rated as the most appropriate hosts for mass rearing purposes.

INTRODUCCION

La mosca blanca de la batata, *Bemisia tabaci* (Gennadius), es una seria plaga de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en América Tropical, región en la cual actúa como vector de importantes enfermedades virósas, en especial, del virus del mosaico dora-

COMPENDIO

En Palmira, Colombia, bajo condiciones de invernadero (26°C, 67% H.R.) y de campo (24°C, 70% H.R.), se estudió la biología de la mosca blanca de la batata, *Bemisia tabaci* (Gennadius), como plaga del frijol. La duración del ciclo total de huevo a emergencia del adulto fue de 25.3 ± 2.0 y 28.3 ± 2.9 días, respectivamente. Todos los estados se describieron y sus duraciones fueron estimadas. La relación de sexos tiende a ser 1:1. Las hembras adultas vivieron 14 días en promedio y colocaron un promedio de 75 huevos. Las hembras vírgenes son partenogénicas, arrenotóquicas. En el campo, las poblaciones de adultos parecen estar favorecidas por clima seco y cálido. Las hembras prefieren ovipositar en las hojas cotiledonales, de 10-15 días de edad. Los estadios inmaduros presentan disposición agregada. También, se estimó el tamaño de muestra para estados inmaduros, en parcelas pequeñas. Se describen técnicas para criar el insecto en once plantas hospederas. La berenjena y el guandul fueron considerados los hospederos más apropiados para mantener crías masales.

do (4, 7, 8). Esta enfermedad ha sido descrita en muchos países de América Latina pero es más importante en México, Guatemala, El Salvador, Cuba, República Dominicana, Puerto Rico y Brasil (6)

Son numerosos los estudios sobre la biología de *B. tabaci* en diversos hospederos (12) Russell (15) pre-ró una revisión de literatura sobre la biología y morfología de *B. tabaci* y de otras moscas blancas en leguminosas; en esta revisión se aprecia una variación con-

¹ Recibido para publicación el 20 de mayo de 1988

* Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Apartado Aéreo No 6713, Cali, Colombia).

siderable en los ciclos de vida, así como en aspectos biológicos del insecto, lo cual se atribuye especialmente a factores climáticos y a condiciones de hospedero. En otra revisión reciente, publicada por Greathead (9), se cita que el ciclo de vida, de huevo a adulto, en frijol, es de 21.5 días a 25°C y 75% H.R. La duración del cuarto estadio y de la pupa a estas condiciones fue de 3.4 y 4.4 días, respectivamente. Aparte de estos datos parciales, aparentemente, no se ha descrito ciclo alguno en frijol. La literatura sobre cría masal en frijol es también muy escasa. Existen estudios sobre la posibilidad de criar *B. tabaci* en batata (3), berenjena (2), tomate (16) y tabaco (10).

Los factores que afectan la dinámica de poblaciones de *B. tabaci* han sido más estudiados en algodón. La distribución espacial del insecto en este y en otros cultivos, parece estar determinada principalmente por la inmovilidad de los estadios inmaduros y por los hábitos de oviposición de las hembras, las cuales prefieren colocar sus huevos en hojas jóvenes (14). La mayor mortalidad ocurre en los estadios de "crawler" y primer estadio ninfal (11). El factor más importante en la ecología de esta especie de mosca blanca parece ser la lluvia, ya que las altas precipitaciones reducen sus poblaciones (1, 5). La edad de la planta de frijol parece ser un factor determinante en la afluencia del insecto. En Cuba, Blanco y Bencomo (5) encontraron que los primeros adultos ocurren cuando la planta de frijol se encuentra en los primeros estadios de desarrollo (hojas cotiledonales). A medida que aparecen las hojas trifoliadas, la población de adultos disminuye.

El presente trabajo resume los principales resultados de estudios encaminados a conocer en detalle la biología de *B. tabaci*, la metodología sugerida para establecer y mantener crías masales del insecto en diversos hospederos y algunos aspectos de la ecología y fenología del insecto, en el cultivo de frijol.

MATERIALES Y METODOS

Biología y hábitos

El ciclo de vida detallado se estudió en frijol (variedad A36), en condiciones de invernadero (26.5°C, 68% H.R.) y de campo (24°C, 70% H.R.). En el invernadero, se colocaron 40-60 plantas jóvenes de frijol en una jaula de madera (120 x 73 x 90 cm), forrada con muselina fina. Estas plantas se infestaron con unos 1 000 adultos de *B. tabaci* colectados con aspirador bucal de una cría masal previamente establecida. Los adultos fueron retirados 48 horas después, cuando ya la oviposición había sido abundante. Con el fin de observar el desarrollo de los estados inmaduros y determinar su duración, se cortaron diariamente dos o tres hojas al azar. En el laboratorio, se anotó el

número de individuos en cada estado y se hicieron montajes en placas (en medio de Hoyers), con el fin de medir especímenes y estudiar su morfología bajo el microscopio compuesto. En el campo, se siguió una metodología similar. En este caso, se infestaron 120 plantas recién germinadas, cubiertas con jaulas de madera de 3 x 3 x 1.1 x 1.1 m, forradas con muselina fina.

La relación de sexos se determinó revisando al estereoscopio muestras de hojas con pupas. Se sexaron las pupas por tamaño y los adultos emergidos de ellas por examen de la genitalia. Se estudió la oviposición diaria de 50 hembras confinando parejas recién emergidas en jaulas pinza de 3 cm de diámetro. Este tipo de jaula permite el acceso del insecto al tejido vegetal. Diariamente, se retiraron las jaulitas con la parte de la hoja que éstas cubrían y los adultos fueron puestos a ovipositar en otra parte de la planta.

En el laboratorio, se anotó el número de huevos puestos y se llevó el registro de longevidad de cada pareja. La partenogénesis de 60 hembras vírgenes se estudió por métodos similares, pero, en este caso, los inmaduros resultantes fueron criados hasta el estado adulto con el fin de establecer su sexo y así determinar el tipo de partenogénesis resultante.

Comparación de hospederos y cría masal

Se estudió la capacidad de 11 hospederos para soportar y mantener crías de *B. tabaci*. En una casa de malla, a 26.5°C y 68% H.R., éstas se sembraron en un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones, sobre plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), (Solanum melongena L.), crotalaria (*Crotalaria* sp.), escobilla (*Sida acuta* Burn.), lechesilla (*Euphorbia hirta* L.), algodón (*Gossypium hirsutum* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.) y tomate (*Lycopersicon esculentum* Hill). Se infestaron las plantas con 10-20 adultos por planta y se cubrieron con jaulas plásticas, de unos 500 centímetros cúbicos de capacidad. Al cabo de seis días se retiraron las jaulas y los adultos. Cuando se inició la emergencia de nuevos adultos, se llevó un registro diario de poblaciones obtenidas y se calcularon las respectivas duraciones de los ciclos huevo-adulto. También, se hicieron observaciones sobre la capacidad de los diversos hospederos para soportar altas poblaciones del insecto, sus problemas agrónomicos y la incidencia de organismos que pueden interferir con la cría de mosca blanca.

Las crías masales se iniciaron con la colección de adultos de mosca blanca en el campo, utilizando una aspiradora tipo D-vac. Los adultos fueron separados de otros insectos en una jaula y utilizados para infestar plantas cubiertas con jaulas pequeñas. A medida

que se aumentó el pie de cría, se transfirieron las poblaciones a jaulas de mayor tamaño (120 x 73 x 90 cm). Periódicamente, se renovaron las plantas y se rotaron el frijol y los mejores hospederos (guandul y berenjena) con el fin de observar efectos en las poblaciones al cambiar el hospedero.

Estudios ecológicos

Por varios años, se ha venido utilizando en el CIAT (Palmira, Colombia) una trampa amarilla adherente y de tipo vertical que permite capturar adultos de mosca blanca a diferentes alturas (0.50, 1.00 y 1.50 m), procedentes de los cuatro puntos cardinales. Los registros se tomaron dos veces por semana y han permitido determinar que las mayores poblaciones ocurren en el período junio-setiembre. Por esta razón, se escogió esta época para estudiar el efecto de la época de siembra y de la edad de la planta sobre las poblaciones de mosca blanca. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El tamaño de parcela fue de 8 surcos por 4 metros de longitud, con separación entre parcelas de 3 surcos y calles de 2 m entre repeticiones. Se utilizó la variedad de frijol A 36 y se estudió el efecto de cuatro épocas de siembra con 14 días de intervalo entre siembra. En cada tratamiento se hicieron muestreos a los 20, 34 y 49 días de edad de las plantas, en la siguiente forma: a los 20 días, 10 hojas cotiledonales al azar por parcela; a los 34 días, 10 cotiledonales y 10 hojas trifoliadas y a los 49 días trifolios bien desarrollados. En el laboratorio se hicieron recuentos de inmaduros presentes en el campo. Cuando se detectó la presencia de la mosca blanca del invernadero, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), esta especie fue incluida en los recuentos.

En otro experimento se estudió la distribución espacial del insecto y se determinó el tamaño de muestra adecuado para evaluar poblaciones de la mosca blanca. Para esto se compararon muestras de 3, 5, 7, 10, 15 y 20 hojas por tres metros lineales, a los 21, 35 y 49 días de edad del cultivo. A los 21 y 35 días, se tomaron hojas cotiledonales y a los 49, trifolios de la parte baja de las plantas.

Los datos de los experimentos de campo fueron sometidos a análisis de varianza, en algunos casos transformando los datos a raíz cuadrada o a arco-seno. Se presentan los datos retransformados a los valores originales.

RESULTADOS Y DISCUSION

Biología y hábitos

Las dimensiones y duración de los estadios inmaduros se resumen en el Cuadro 1. La hembra coloca

los huevos en el envés de las hojas, a veces en forma aislada, otras veces en grupos irregulares y ocasionalmente en semicírculo. Pueden o no estar cubiertos por una secreción cerosa blanca y están firmemente adheridos a la hoja por un pedicelo inserto en un agujero abierto por la hembra con su ovipositor. El huevo es de textura lisa y ovalado con la parte superior terminada en punta y la parte inferior redondeada, provista del pedicelo. Generalmente, el huevo está inserto en posición vertical. Inicialmente es de color blanco verdoso; a medida que madura se torna amarillo y cuando está próximo a eclosionar es de color café claro.

Al cabo de unos cinco días aparece el "crawler", nombre con el cual se conoce la ninfa de primer estadio, mientras es móvil. Se caracteriza por sus movimientos muy lentos (en realidad se arrastra, de allí su nombre).

En este estudio la movilidad duró unas dos horas, pero, según Avidov (2), puede durar algunos días. Una vez se fija, se puede hablar de la verdadera ninfa.

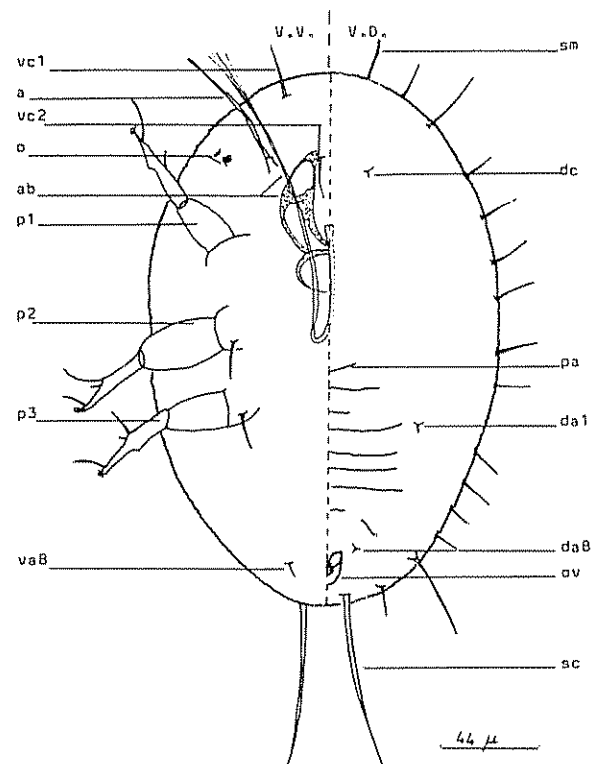


Fig. 1. Ninfa de I instar de *B. tabaci*

V.V. = vista ventral, V.D. = vista dorsal, VC1 = seta ventral cefálica 1, a = antena, VC2 = seta ventral cefálica 2, o = ojo, ab = aparato bucal, pl = pata 1, p2 = pata 2, p3 = pata 3, va-8 = seta ventral abdominal 8, sm = setas marginales, dc = seta dorsal cefálica, pa = pliegues abdominales, da-1 = seta dorsal abdominal 1, da-8 = seta dorsal abdominal 8, ov = orificio vasiforme, sc = seta caudal marginal.

de primer estadio. Esta es de forma elíptica (Fig. 1), de color blanco verdoso, ventralmente plana y dorsalmente convexa. Posee setas marginales (16 pares) y microsetas (seis pares). Los ojos ocupan los márgenes cefálicos y se ven como dos pequeñas manchas rojas. Las antenas son trisegmentadas, terminadas en una espina delgada. El aparato bucal se compone de dos pares de estiletes que conforman las maxilas y las mandíbulas; se encuentra ventralmente entre las dos patas delanteras. Las patas están bien desarrolladas, poseen coxa, trocánter, fémur y un tarso unisegmentado provisto de una seta larga y terminado en un arolio pedunculado. Hay ocho segmentos abdominales, en el último de los cuales se encuentra el orificio vasiforme. La abertura excretora del orificio vasiforme es de forma semicircular alargada y la lingula (estructura donde colecta las gotas de miel que excreta) está medianamente cubierta por el opérculo. La duración media de la ninfa de primer estadio fue de 4.5 días.

La ninfa de segundo estadio es oval, de color blanco verdoso. Posee un margen crenulado con tres pares de setas y posee, además, tres pares de setas dorsales que en frijol fueron más cortas que en berenjena y guandul. Esta variación morfológica debida al hospedero fue estudiada en pupas por Mound (13). Los ojos son pequeños e inconspicuos. Las antenas y patas se han atrofiado mientras que el aparato bucal está más desarrollado que en el primer estadio. El orificio vasiforme es triangular y la lingula termina en punta y está parcialmente cubierta por el opérculo. Su duración fue de unos cuatro días.

La ninfa de tercer estadio es morfológicamente similar a la de segundo estadio y duró en promedio 5.5

días. Después de la tercera muda la ninfa pasa por dos fases, una inicial, en la cual aparentemente se alimenta, y otra en la cual deja de hacerlo y sufre cambios morfológicos para transformarse en pupa. Al comenzar el cuarto estadio, la ninfa es plana y transparente; al finalizar, es abultada y opaca, provista de ojos rojos generalmente bien visibles. Su forma es oval (Fig. 2), con la parte cefálica redondeada y la parte caudal terminada en punta. En la pupa, el orificio vasiforme (Fig. 3) es triangular, bien diferenciado y se utiliza como una característica importante en la taxonomía de aleyrodidae. En este estadio, la lingula tiene forma de punta de lanza; está cubierta medianamente por el opérculo y se extiende hacia un canal caudal. La duración media del estado de pupa fue de 6.3 días.

Cuando el adulto está próximo a emerger, se perfila bien a través del integumento de la pupa. El insecto rompe el integumento pupal en forma de una "I" invertida que va de la cabeza hasta la separación del tórax y abdomen. Sale por medio de movimientos de contracción y expansión del cuerpo. Recién emergido el adulto es de color amarillo pálido, pero, en 3-5 horas, toma el color blanco característico debido al polvo ceroso con que se cubre. La cabeza es cónica con la parte más ancha a la altura de las antenas y la más angosta en el aparato bucal. Este es de tipo chupador; consta de labro, dos pares de estiletes que representan mandíbulas y maxilas y el labio. Este último es un órgano rígido provisto de un canal donde guarda los estiletes. Los ojos son rojos, compuestos y están divididos en dos partes por una proyección cuticular. Las alas tienen venación reducida. Las patas son delgadas siendo las posteriores las más largas. Los tarsos son bisegmentados. El pretarso posee un arolio rodeado de

Cuadro 1. Dimensiones en mm y duración en días de los estados de desarrollo de *Bemisia tabaci*

Estadio	Dimensiones en mm ¹		Duración en días ²	
	Largo	Ancho	Campo	Invernadero
Huevo	0.19 ± 0.02	0.095 ± 0.009	5.4 ± 2.1	5.1 ± 2.3
Ninfa 1er estadio	0.26 ± 0.04	0.16 ± 0.01	4.3 ± 1.9	4.6 ± 1.6
Ninfa 2o estadio	0.36 ± 0.01	0.24 ± 0.01	4.7 ± 1.9	3.7 ± 1.2
Ninfa 3er estadio	0.53 ± 0.03	0.36 ± 0.02	5.9 ± 1.9	5.1 ± 1.7
Ninfa 4o estadio	0.84 ± 0.06	0.59 ± 0.06	6.5 ± 2.0	5.6 ± 2.4
Pupa	Como cuarto	estadio	6.6 ± 2.6	6.2 ± 1.5
Promedio ciclo ³			28.3 ± 2.9	25.3 ± 2.0
Adulto macho	1.30 ± 0.06			11.1 ± 5.1
Adulto hembra	1.15 ± 0.06			14.1 ± 5.3

1 Promedios de 40-60 individuos en cada caso

2 Medias de 6116 y 6688 individuos en invernadero y campo, respectivamente

3 Ponderado.

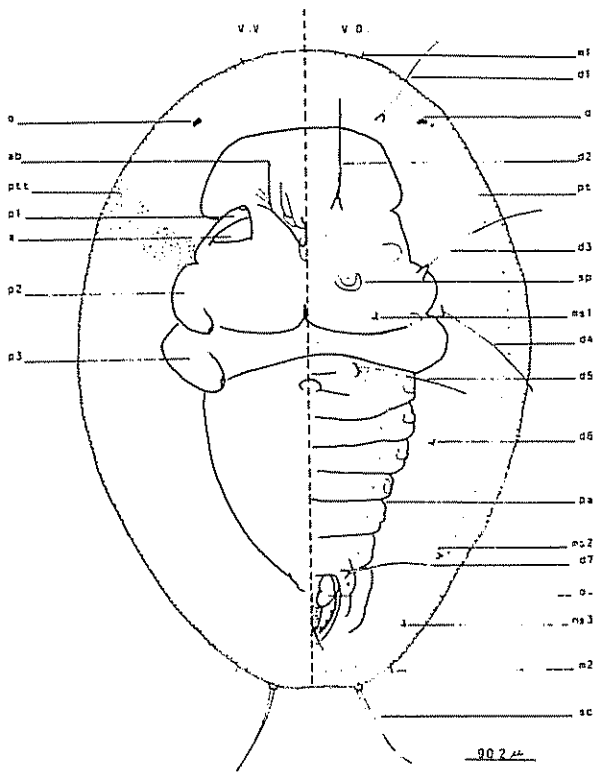


Fig. 2. Pupa de *B. tabaci*.

V.V. = vista ventral, V.D. = vista dorsal, o = ojo, ab = aparato bucal, ptt = pliegues traqueales torácicos, p (1-3) = patas (1-3) ml = seta marginal 1, d (1-7) = setas dorsales (1-7), pr = poros, sp = espiráculos, ms (1-3) = microsetas (1-3), pa = pliegues abdominales, ov = orificio vasiforme, sc = seta caudal.

dos uñas curvas. El abdomen tiene forma de huso, con el orificio vasiforme en el dorso y el aparato genital en la parte distal. La hembra se diferencia del macho por su mayor tamaño y por la configuración de la genitalia (Fig. 4).

El adulto se alimenta minutos después de emerger. Dos a cuatro horas después, las hembras vírgenes pueden colocar de uno a cinco huevos pero generalmente ocurre la cópula y las hembras son fertilizadas. La cópula dura de uno a dos minutos y puede ocurrir varias veces durante la duración del estadio. Se encontró que el 41% de las hembras fecundas colocaron los primeros huevos antes de 24 horas, mientras que el resto inició la oviposición entre las 24 y las 48 horas siguientes. El 80% de las hembras vírgenes colocaron huevos antes de 24 horas.

El ritmo de oviposición de 50 hembras fecundas y de 30 hembras vírgenes se muestra en la Fig. 5. La mayor oviposición ocurrió en los primeros cinco días. Las medias fueron de 76 huevos por hembra (rango: 10-97). La longevidad media de las hembras fue de 14 días (rango: 5-27). Los machos vivieron 11 días en

promedio (rango: 3-26). La relación de sexos de 600 individuos examinados fue 1:1. Las hembras vírgenes colocaron huevos viables de los cuales se desarrollaron exclusivamente machos (arrenotoquia).

Cría masal

La cría masal de *B. tabaci* se puede iniciar con pupas o adultos colectados del campo o de otras crías. Iniciar con pupas facilita la revisión de los especímenes con el fin de cerciorarse sobre su identidad. Al iniciar con adultos, se corre el riesgo de introducir adultos de otras especies, principalmente *T. vaporariorum*, que es difícil de distinguir de *B. tabaci*. Se encontró que es conveniente iniciar la cría masal con hojas infestadas con pupas, en jaulas pequeñas, procurando que se reduzca al mínimo el movimiento de los adultos cuando éstos emergen. Esto parece facilitar la alimentación, cópula y oviposición. A medida que aumenta el pie de cría y se produce el proceso de adaptación al confinamiento, se pueden utilizar jaulas cada vez más grandes. La berenjena fue considerada como un buen hospedero para iniciar la cría. Si los adultos muestran la tendencia a posarse en las paredes superiores de la jaula, ésta se puede cubrir con una tela negra, por un período prudencial que no afecte las plantas y obligue a las moscas blancas a posarse sobre las plantas. La comparación de hospederos indicó que éstos no difirieron mucho en cuanto a la duración del ciclo del insecto en ellos pero sí en la facilidad de manejo y en la incidencia de problemas agronómicos (Cuadro 2). La berenjena y el guandul fueron considerados como los mejores hospederos.

El mantenimiento de la cría involucra cuidados especiales como son: la renovación del material vegetal cada 30 días y la observación permanente de la misma, con el fin de detectar a tiempo la presencia de enemigos naturales, otras especies de mosca blanca y otros organismos contaminantes (hongos, trips, ácaros, cochinillas, etc.).

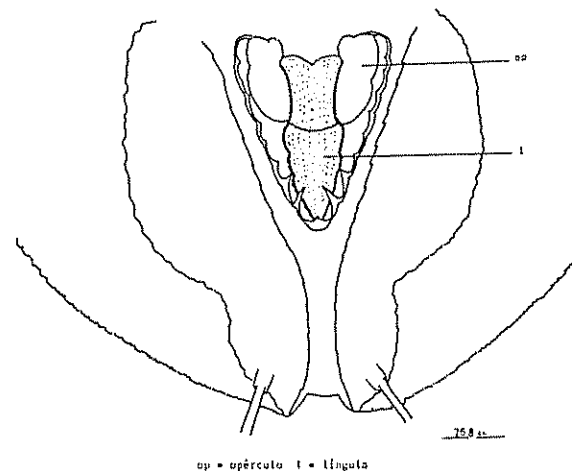
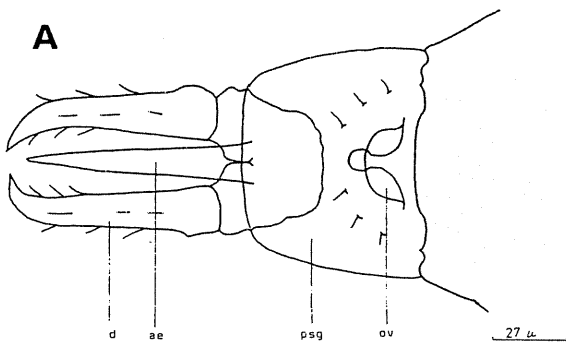


Fig. 3. Orificio vasiforme de pupa de *B. tabaci*

Cuadro 2. Comparación de hospederos para levantar crías masales de *Bemisia tabaci* por la duración del ciclo de vida en casa de malla y los problemas que se presentan en ellos.

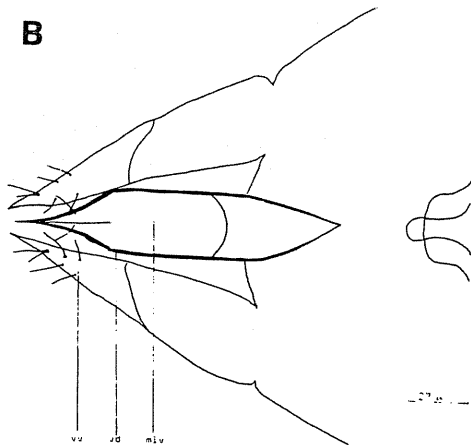
Hospedero	Ciclo del insecto (días)	Problemas que se presentan	Calificación ¹
Frijol	24.3	Mildeo, acaros, trips, hojas débiles	Mala
Berenjena	24.6	Mildeo, acaros	Buena
Guandul	25.0	Mildeo, acaros	Buena
Soya	25.7	Mildeo, acaros, trips, tallos	Regular
Batatilla	25.4	Cochinillas, defoliación fumagina	Regular
Crotalaria	27.5	Crecimiento lento, defoliación trips	Mala
Escoba	24.4	Acaros, trips, mala germinación	Regular
Lechesilla	26.0	Mildeo, defoliación	Mala
Algodón	25.9	Fumagina, crecimiento lento	Regular
Pepino	25.5	Acaros, cochinillas, defoliación	Mala
Tomate	27.8	Mildeo, cochinillas, tallos débiles	Mala

1 Calificación que puede ser específica para las condiciones del lugar de estudio (casa de malla en CIAT, Palmira, Colombia).



fs = fosa sensorial, seg = segmento.

cl = cláster, ae = edeago, psq = placa supragenital, ov = orificio vasiforme.



V.V. = válvula ventral, V.D. = válvula dorsal, miv = membrana intervalvular.

Fig. 4. Genitalias de macho (a) y hembra (B) de *Bemisia tabaci*.

Estudios ecológicos

El seguimiento de poblaciones de adultos de mosca blanca, principalmente *B. tabaci*, indica que, en las condiciones de Palmira, Colombia, las mayores poblaciones ocurren entre junio y setiembre (Fig. 3). Los datos sugieren que las poblaciones aumentan en la época seca y se ven disminuidas sustancialmente en épocas de alta precipitación.

Los recuentos periódicos de estadios inmaduros permitieron determinar que: *B. tabaci* coloniza el cultivo a edades muy tempranas; la mayoría de sus poblaciones se encuentran en hojas cotiledonales y prác-

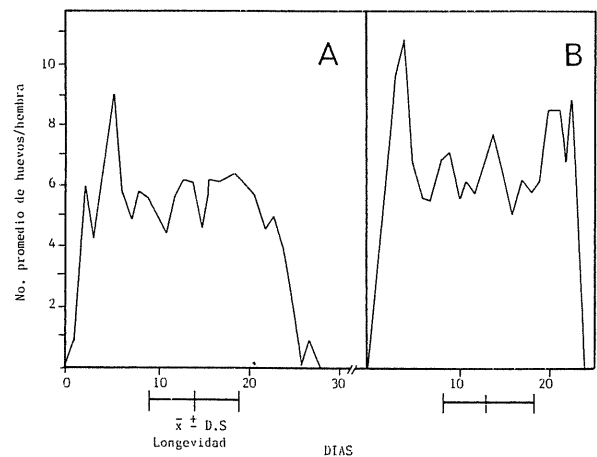


Fig. 5. Oviposición diaria y longevidad de hembras fertilizadas (A) y partenogénéticas (B) de *Bemisia tabaci*.

Cuadro 3. Efecto de cuatro épocas de siembra y tres edades de la planta de frijol en las poblaciones de *Bemisia tabaci* (B.t.) y *Trialeurodes vaporariorum* (T.v.). Palmira, Colombia.

Epoca de siembra	Ninfas B ¹ por hoja a los 20 días	Pupas por hoja ¹ a los 34 días		Ninfas T.v. por trifolios a los 34 días	Ninfas T.v. por trifolios a los 49 días
		B.t.	T.v.		
Junio 24	1.6 b ²	1.9 b	0.6 a	1.0 a	0.3 a
Julio 8	4.4 a	8.3 a	0.6 a	0.0 b	0.07 b
Julio 22	3.2 a	2.1 b	0.8 a	0.3 b	0.07 b
Agosto 5	1.5 b	0.9 c	0.07 b	0.0 2b	0.0 b

1 Hojas cotiledonales.

2 Las cifras seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5% (Prueba de rangos múltiples de Duncan).

ticamente desaparece del cultivo después de los 34 días de edad de la planta, época en la cual es reemplazada por *T. vaporariorum*, especie que prefiere colonizar hojas trifoliadas bajas. Los estudios sobre la influencia de la época de siembra permitieron corroborar estas observaciones. Julio, el mes más seco del año (Fig. 6), favorece significativamente la incidencia de *B. tabaci* (Cuadro 3), a los 20 y 34 días después de siembra.

Los recuentos de estadios inmaduros de mosca blanca demandan considerable tiempo y esfuerzo, dado que deben ser hechos bajo el estereoscopio. Para trabajos que involucren gran cantidad de muestras, como serían evaluaciones sistemáticas de germoplasma por una posible preferencia varietal de la mosca blanca, es indispensable conocer la distribución del insecto y el tamaño óptimo de la muestra a tomar. Se encontró que, de acuerdo con el índice de Taylor, los inmaduros de *B. tabaci* presentan tendencia al agrupamiento en áreas específicas de la planta, en este caso, las hojas cotiledonales. Al calcular posibles tamaños de la muestra a tomar, en tres metros lineales de frijol, se encontró que, a diferentes niveles de confiabilidad y márgenes de error, una muestra de 10 hojas cotiledonales tomadas al azar por parcela de tres metros lineales sería adecuada. Muestras de tamaño superior serían impracticables por razones de tiempo y esfuerzo.

LITERATURA CITADA

1. ANZOLA, D.; LASTRA, R. 1985. Whiteflies population and its impact on the incidence of tomato yellow mosaic virus in Venezuela. *Phytopathologische Zeitschrift* 112:363-366.
2. AVIDOV, Z. 1956. Bionomics of the tobacco whitefly in Israel. *Records Agricultural Research Station Rehovot (Israel)* 7:25-41.

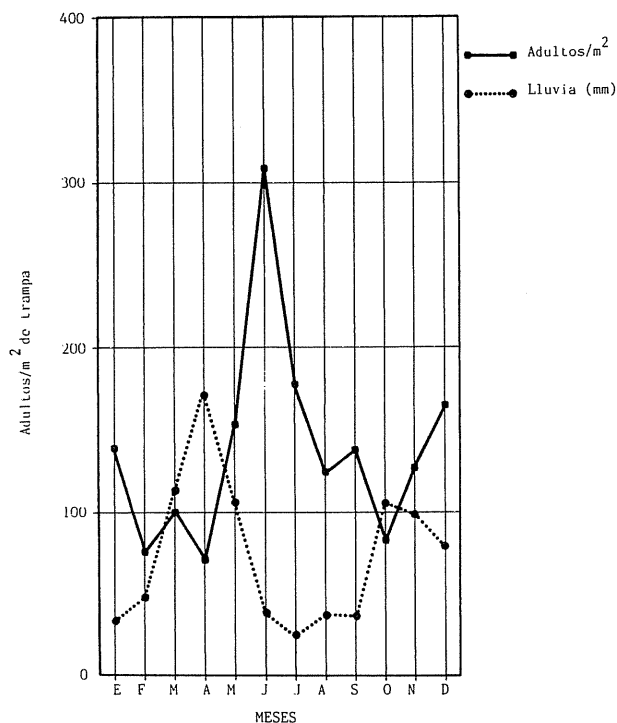


Fig. 6. Fluctuación de poblaciones de adultos de mosca blanca en Palmira, Colombia (1979-1983).

- 3 AZAB, A.K.; MEGAHED, M.M.; EL-MIRASWI, H.D. 1971. On the biology of *Bemisia tabaci* (Genn) (Homoptera-Homoptera:Aleyrodidae). Bulletin Société Entomologique d'Egypte 55:305-315.
- 4 BIRD, J.; MARAMOROSCH, K. 1978. Viruses and virus diseases associated with whiteflies. Advances Virus Research 22:55-110.
- 5 BLANCO, N.; BENCOMO, I. 1978. Afluencia de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), vector del virus del mosaico dorado, en plantaciones de frijol. Ciencias de la Agricultura (Cuba) 2:39-46.
- 6 GALVEZ, G.E.; CARDENAS, M.R. 1980. Whitefly-transmitted viruses. In Bean production problems: disease, insect, soil and climatic constraints of *Phaseolus vulgaris*. Ed by H.F. Schwartz, G.E. Galvez. Cali, Colombia, CIAT p. 261-289.
- 7 GAMEZ, R. 1971. Los virus del frijol en Centro América. I. Transmisión por moscas blancas (*Bemisia tabaci* Genn.) y plantas hospederas del virus del mosaico dorado. Turrialba 21:22-27.
- 8 GRANILLO, C.R.; DIAZ, A.; ANAYA, M.A.; BERMUDEZ, L.A. 1975. Enfermedades transmitidas por *Bemisia tabaci* en El Salvador. Siades 4:6-7.
- 9 GREATHEAD, A.H. 1986. Host plants. In *Bemisia tabaci*. A literature survey on the cotton whitefly with annotated bibliography. Ed. by M.J. Cock. London, Institute of Biological Control. Chamaleon Press p. 17-21.
- 10 HILL, B.G. 1969. A morphological comparison between two species of whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) and *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae) which occur on tobacco in the Transvaal. Phytomythologica 1:127-146.
- 11 HOROWITZ, A.R.; PODOLER, H.; GERLING, D. 1984. A life table analysis of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) in cotton fields in Israel. Acta Oecologica, Oecología Applicata 5:221-223.
- 12 LOPEZ, A. 1986. Taxonomy and biology. In *Bemisia tabaci*. A literature survey on the cotton whitefly with annotated bibliography. Ed by M.J. Cock. London, International Institute of Biological Control, Chamaleon Press. p. 3-11.
- 13 MOUND, L.A. 1963. Host correlated variation in *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae). Proceedings of the Royal Entomological Society of London. Series A. General Entomology (Inglaterra) 38:171-180.
- 14 OHNESORGE, B.; SHARAI, N.; ALLWI, I. 1980. Population studies on the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* Genn. (Homoptera: Aleyrodidae) during the winter season. I. The spatial distribution on some host plants. Zeitschrift für Angewandte Entomologie 90:226-232.
- 15 RUSELL, L.M. 1975. Whiteflies on beans in the Western Hemisphere. In Workshop on Bean Protection (1975, Cali, Col.) Cali, Col., CIAT 21 p.
- 16 SHARAF, N.; BAITA, Y. 1985. Effect of some factors on the relationship between the whitefly *Bemisia tabaci* Genn. (Homopt., Aleyrodidae) and the parasitoid *Eretmocerus mundus* Mercet (Himenopt., Aphelinidae). Zeitschrift für Angewandte Entomologie 99:267-276.

Comparison of Two Breeding Methods in Corn I. Effect of Breeding Method on Combining Ability of Third-Cycle Lines¹

J. A. Morera*

ABSTRACT

In a search for more accurate methods of genotype evaluation, two different selection methods were evaluated. The objective of this study was to determine the effects of the S_2 progeny and testcross methods on general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) of derived populations and lines. To compare the two methods, one hundred F1 hybrids among twenty selected third-cycle lines (five from each population and method) were tested at two locations. There was significant variation within methods in GCA effects among parents for all traits. As a result, a few lines from the S_2 progeny method had combining ability as good as the best lines from the inbred tested method. Breeding method did not appear to influence SCA effects of yield trait. The inbred tested method had a significant 3% yield advantage for all crosses and a 7% gain when only the 50 within-method crosses were considered. These results indicate that the testcross method appears to be more effective for combining ability (grain yield) than the S_2 selection method.

INTRODUCTION

Many different maize breeding methods have been used successfully, but only a few reports have been published in which direct comparisons were made of relative effectiveness with alternative methods (5). Two such methods which have been of particular interest to this study are the selfed progeny method using S_2 lines and the testcross progeny method using an inbred tester.

Until the 1970s it was usually accepted that use of an inbred line would improve combining ability with the specific tester but would have little value for the improvement of general combining ability (10). How-

COMPENDIO

Con el objeto de encontrar métodos eficientes para la evaluación de genotipos se evaluaron dos métodos diferentes de selección. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de los métodos, progenie autofecundada y cruce de prueba, sobre la habilidad combinatoria general y la habilidad combinatoria específica de poblaciones y líneas mejoradas. Para comparar los dos métodos, fueron probados en dos localidades 100 híbridos F1 procedentes de veinte líneas seleccionadas en el tercer ciclo (cinco de cada población y método). Hubo una variación significativa dentro de métodos sobre la habilidad combinatoria general entre los diferentes progenitores para todos los caracteres estudiados. Como resultado, unas pocas líneas del método progenie autofecundada mostraron habilidad combinatoria tan buena como las mejores líneas del método cruce de prueba. La respuesta de los dos métodos sobre la habilidad combinatoria específica no parece tener influencia en el rendimiento. El método cruce de prueba mostró un incremento en el rendimiento del 3% en todos los cruces y un 7% de ganancia cuando solamente 50 cruces dentro de cada método fueron considerados. Esos resultados indican que el método cruce de prueba parece ser más efectivo para detectar habilidad combinatoria (rendimiento de grano) que el método de selección S_2 .

ever, the significance of the findings (4, 7, 9) showed that such testers are effective for improving general as well as specific combining ability (SCA).

On the basis of results by Darrah *et al.* (3) and Horner *et al.* (4), showing that genetic variance among testcross progenies using inbred testers was about twice as large as when broad-base testers were used, Russell and Eberhart (8) proposed a modified reciprocal recurrent selection scheme using inbred testers of the populations themselves as a means of utilizing additive genetic variance. However, Comstock (2) indicated that in theory the populations are expected to be slightly superior to inbred lines as testers for changing allele frequency, even though the latter result in larger genetic variance among progenies.

In a later experiment, Jensen *et al.* (6) reported that testcrosses are superior to S_2 tests when selecting for combining ability. They suggested that most of exploitable genetic variation in their elite materials was probably nonadditive.

¹ Received for publication 22 July 1988.

The present work is adapted from the author's Ph.D. Thesis, supported by the German Academic Exchange Service. I wish to express my thanks to Dr. E.S. Horner, University of Florida, for his encouragement and assistance, and to the Tropical Agricultural Research and Training Center (CATIE/GTZ) for granting the leave of absence required for the program.

* Plant Breeder, Tropical Crops Improvement Program, CATIE, Turrialba, Apdo. 25

After three cycles, however, Horner (5) again, as in the first cycle, found no significant difference between S_2 and testcross methods for combining ability improvement. Nevertheless, S_2 selection resulted in a markedly better yield of inbred lines than the testcross method. He suggested that genetic variation for yield in corn is largely additive. However, some non-additive variation in the overdominance range at some loci is possible.

MATERIALS AND METHODS

Twenty selected third-cycle lines (five from each population and method), were grown at the University of Florida in Gainesville during 1985 in adequate quantities to make intercrosses in a factorial mating design. Lines with an "S" in the name were from the S_2 progeny method and those with a "T" were from the testcross method. Each of the 10 parental strains (3AS and 3AT) in Population A was crossed to each of the 10 parents (3BS and 3BT) in Population B. This resulted in 100 crosses, excluding reciprocals. Making the crosses involved collecting pollen from

eight to 12 plants of each parent from Population A and bulking the pollen before applying it to eight to 12 plants of each of the 10 parents in Population B. Pollen from plants of parents in Population B was handled likewise. After harvest and drying, the ears from each cross were shelled and the seed was bulked to produce one seed lot for each cross.

The 100 crosses were tested in one-row plots at two locations with different soil types near Gainesville, Florida, in 1986, using a randomized complete block design (RCBD) with nine replications at each location. Row spacing was 91 cm and the plants were spaced 30.5 cm apart in the rows. Two seeds were planted per hill and the plants were thinned to one per hill at the seedling stage. After thinning, there was a maximum of 20 plants per plot at both locations. A purple stalk hybrid was used for border rows. Fertilization was according to recommended rates for the area. Weeds were controlled with a preplant incorporated application of atrazine and Sutan plus, as well as some cultivation. Irrigation and insecticides were applied when required for proper growth.

Table 1. Combined analyses of variance for grain yield, ear height, number of two-eared plants, percentage erect plants, and husk score at two locations.

Source of variation	Trait					
	df	Grain yield _c Mg/ha	Ear height & cm	Two-eared plant no.	Erect plant _≡ %	Husk ⁺ score
Locations (L)	1	244.55**	6598.2**	4439.4**	447966.7**	12.8**
Reps/L	16	34.70**	212.1**	51.4**	2091.9**	9.2**
Crosses (C)	99	4.83**	26.0**	183.6**	3214.9**	29.9**
A parent crosses	9	25.89**	71.1**	994.7**	5887.6**	179.7**
Methods (M)	1	30.04**	156.1**	7.0	714.3	405.4**
Lines/M	8	25.47**	60.5**	1118.2**	6534.3**	151.5**
B parent crosses	9	8.14**	164.4**	684.6**	25088.0**	79.4**
Methods (M)	1	9.75*	331.3**	352.6**	22302.6**	54.4**
Lines/M	8	7.90**	143.5**	726.1**	25436.2**	82.5**
A x B	81	2.12**	5.7	37.8**	487.6**	7.8**
C x L	99	1.44**	6.9*	18.5**	2328.2**	2.3**
A x L	9	2.17**	9.4	65.4**	4294.5**	5.4**
B x L	9	4.06**	17.2**	81.6**	19781.2**	6.1**
(A x B) x L	81	0.71	5.4	6.3	170.5	1.5
Error	1584	0.76	5.1	6.0	213.5	1.3

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

+ Scores were on a 1 (good) to 9 (poor) scale.

c Shelled grain at 15% H₂O in Mg ha⁻¹.

& Measured in cm to the node of top ear attachment.

≡ Percentage of plants with stalks not broken below the ear at harvest.

Data were recorded for grain yield per plot, average ear height, percentage two-eared plants, mean husk score, percentage erect plants at harvest, and ear (grain) quality. A one-row plot combine was used for harvest, with care taken to pick up lodged plants. Yield was measured in megagrams of grain per hectare adjusted to 15% moisture before analysis.

To estimate General Combining Ability (GCA) and Specific Combining Ability (SCA) effects, the crosses' sums of squares were partitioned into sources of variation due to crosses of the 10 A parents, the 10 B parents, and A x B interaction. The crosses' (C) and locations' (L) sums of squares were similarly partitioned into A x L, B x L, and (A x B) x L sources (Table 1).

RESULTS

Variation among the 100 crosses was significant ($P < 0.01$) for all traits studied (Table 1). Interaction between crosses and locations was also significant at the 0.01 level for all traits except ear height, which showed significance only at the 0.05 level. Variation for general combining ability (GCA) among parents was significant ($P < 0.01$) in both populations for all traits. Except for ear height in Population A, GCA x location interactions were also significant ($P < 0.01$) for all traits.

In parental Group A the inbred tester method was superior ($P = 0.01$), on the basis of all crosses, to the S_2 progeny method for grain yield, ear height, and husk score. Mean differences for these traits were, respectively, 0.26 Mg/ha (4%), 3.6 cm (3%), and 1.0 (19%). In Parental Group B, the inbred tester method was superior at the 0.05 level for grain yield (0.14 Mg/ha or 2%) and at the 0.01 level for ear height (4%), two-eared plants (15%), erect plants (9%), and husk score (7%) (Tables 1 and 2). On the basis of means within methods of the 25 crosses obtained by crossing, the 3AS with the 3BS lines, compared with the 25 3AT by 3BT crosses, the inbred tester method was superior by an even larger margin for all traits (Table 2, last column).

Specific combining ability (SCA) effects (A x B interaction) were significant at the 0.01 level for all traits except ear height (Table 1). These results show that some crosses performed significantly better or worse than expected, based on the GCA values of their parents. No significant difference was detected for interaction of SCA effects with locations.

There was significant ($P < 0.01$) variation within methods in GCA among parents in both parental

groups for all traits. As a result, a few lines from the S_e progeny method had combining ability (CGA) as good as the best lines from the inbred tester method (Table 3). For example, line 3AS2 had high GCA values for grain yield.

The average performance of a line in a series of crosses is a measure of its GCA, whereas the performance of a specific cross in relation to expected performance based on parental GCA measures the SGA of the two lines being crossed. The results of grain yield (Table 3) show that 3AS2, 3AT15, 2AT98-2-1, and 3AT10 in parental group A were good general combiners for grain yield. The rest of the parents except 3AT3 showed negative GCA effects, which suggests that they were below average for this group of parents. The range in GCA effects for the A Group was from -0.46 to +0.64 \pm 0.26 Mg/ha. In the B Parental Group, 2BT40 and 3BT2 were good general combiners, and 3BS1, 3BT1, and 3BT8 were very close to the average. The range in GCA effects for the B Group was from -0.37 to +0.28 \pm 0.26 Mg/ha. These data also suggest that the inbred tester method was more effective than the S_2 progeny method for evaluating GCA because more "T" than "S" lines were high in GCA.

On the basis of standard deviations of SCA effects for the 25 crosses obtained by crossing the 3AS with the 3BS lines versus the 25 3AT by 3BT crosses, no significant difference was found between the S_2 progeny method and the testcross method. Thus, breeding method did not appear to influence SCA effects on yield trait.

DISCUSSION

The results reported in this experiment have shown that the testcross method gave significantly better progress for combining ability in yield than the S_2 progeny method. Nevertheless, a few lines from the S_e progeny method had GCA as good as the best lines from the inbred tester method.

Similar results reported by Horner *et al.* (4) showed that use of the inbred line F6 as the tester resulted in about twice as much improvement in GCA during five cycles of selection as use of the parental population as the tester or the S_2 progeny method. Baniya (1), using a different base population, reported after two cycles of selection that both methods were effective in improving combining ability; the inbred tester method was significantly superior to the S_2 progeny method in Population A, based on crosses with both the inbred and population testers. Jensen *et al.* (6) found with elite materials that eval-

Table 2. Comparison of two selection methods for performance of crosses between selected inbred lines in two populations.

Method of selection	Population A			Population B			Mean for all crosses	Mean within ⁺ methods
	Gainesville	Green Acres	Average	Gainesville	Green Acres	Average		
	Grain yield, Mg/ha			Grain yield, Mg/ha				
S ₂ progeny	5.81	6.55	6.18	5.87	6.60	6.24	6.21	6.15
Inbred tester	6.07	6.81	6.44 **	6.01	6.76	6.38 *	6.41	6.56
	Ear height, cm			Ear height, cm				
S ₂ progeny	108.7	129.3	119.0	109.2	129.5	119.4	119.2	121.7
Inbred tester	104.7	126.1	115.4 **	104.3	125.9	115.1 **	115.2	113.7
	Two-eared plants			Two-eared plants				
S ₂ progeny	4.2	7.2	5.7	3.8	6.5	5.2	5.4	5.4
Inbred tester	3.9	7.2	5.6 ns	4.2	7.8	6.0 **	5.8	6.1
	Erect plants, %			Erect plants, %				
S ₂ progeny	95.2	62.4	78.8	95.4	56.5	76.0	77.4	75.7
Inbred tester	95.1	65.1	80.1 ns	95.0	71.0	83.0 **	82.0	84.1
	Husk score			Husk score				
S _c progeny	6.4	6.4	6.4	6.1	6.2	6.2	6.3	6.5
Inbred tester	5.3	5.6	5.4 **	5.6	5.9	5.8 **	5.6	5.2

*, ** Means within columns in a group are significantly different at the 0.05 and 0.01 levels, respectively.

+ Means of the 25 crosses AS x BS versus means of the AT x BT lines

ns nonsignificant.

uation of S₂ lines by the testcross method increases hybrid yields by 6%, compared with only 1% S₂ per evaluation. They concluded that the exploitable genetic variation in their elite germplasm was largely non-additive. Horner (5) obtained no significant difference between methods for combining ability improvement, however, in a separate study of the same material used here. His study also showed that significant progress had been made with both methods. It was possible in the experiment reported on here to make a more precise comparison of the third-cycle populations than was done in the study reported on by Horner (5). The factorial mating design produced

a larger number of crosses for testing; populations from earlier cycles were not included; and more replications were used. The inbred tester method resulted in a 1% grain yield advantage (non-significant) over the S₂ progeny method after three cycles in the earlier experiment; in this experiment, the inbred tester method had a significant 3% yield advantage for all crosses and a 7% advantage when only the 50 within-method crosses (A x B) are considered.

If the objective of breeding is to improve combining ability (grain yield), the inbred tester method appears to be more effective than the S₂ progeny.

Table 3. GCA and SCA effects of the 100 crosses relative to the mean grain yield. The upper number is the mean for the cross and the lower is the SCA effect.

Parents	SCA effects (Mg/ha)										Standard deviation of SCA effects	GCA effects (Mg/ha)
	3BS1	3BS2	3BS5	3BS6	3BS7	2BT40	3BT1	3BT2	3BT5	3BT8		
3AS2	7.05 +0.040	6.42 -0.149	6.93 +0.069	7.21 +0.143	7.40 +0.498	7.44 +0.428	6.70 -0.295	7.13 -0.104	6.19 -0.475	7.08 +0.021	0.28	+0.64
3AS3	6.10 +0.168	5.64 +0.149	5.64 -0.143	5.92 -0.069	6.18 +0.356	5.95 -0.164	6.07 +0.153	6.26 +0.104	5.48 -0.107	5.53 -0.451	0.23	-0.43
3AS6	6.36 +0.222	5.46 -0.237	6.29 +0.301	6.39 +0.195	5.76 -0.270	5.75 -0.570	5.94 -0.183	6.74 +0.378	5.99 +0.197	6.15 -0.037	0.31	-0.23
3AS12	5.78 -0.122	5.46 +0.001	5.80 +0.047	6.58 +0.621	5.76 -0.034	5.22 -0.864	6.59 +0.703	6.10 -0.026	5.32 -0.237	5.86 -0.091	0.44	-0.46
3AS15	6.33 +0.126	5.66 -0.103	5.96 -0.095	5.92 -0.341	5.88 -0.216	6.16 -0.226	6.82 +0.631	6.28 -0.148	5.90 +0.041	6.58 +0.327	0.29	-0.16
3AT3	6.96 +0.552	5.98 -0.013	5.74 -0.519	6.37 -0.095	6.34 +0.040	6.66 +0.070	6.29 -0.103	6.74 +0.108	6.00 -0.063	6.45 -0.007	0.26	+0.04
3AT6	6.08 +0.037	5.51 -0.092	5.87 -0.024	6.16 +0.060	5.54 -0.395	6.72 +0.495	6.14 +0.112	6.10 -0.167	5.38 -0.318	6.38 +0.288	0.27	-0.32
3AT15	6.28 -0.396	6.40 +0.165	6.64 +0.113	6.96 +0.227	6.68 +0.112	6.96 +0.102	6.42 -0.241	7.00 +0.101	6.44 +0.109	6.46 -0.265	0.21	+0.31
2AT98-2-1	5.96 -0.779	6.55 +0.252	6.78 +0.190	6.26 -0.536	6.35 -0.281	7.53 +0.609	6.50 -0.224	7.06 +0.097	6.43 +0.036	7.42 +0.632	0.46	+0.37
3AT10	6.76 +0.151	6.17 +0.002	6.52 0.060	6.46 -0.206	6.69 +0.189	7.09 +0.299	6.04 -0.554	6.49 -0.343	7.08 +0.816	6.24 -0.418	0.40	+0.24
Standard deviation of SCA effects	0.37	0.15	0.22	0.33	0.29	0.46	0.40	0.20	0.35	0.34		
GCA effects	+0.06	-0.37	-0.09	+0.11	-0.05	+0.24	+0.04	+0.28	-0.29	+0.10		

S.E. GCA = 0.26 Mg/ha

S.E. SCA = 0.78 mg/ha

LITERATURE CITED

- BANIYA, B.K. 1982. Evaluation of two methods of maize (*Zea mays* L.) improvement after two cycles of selection. Master's thesis Gainesville, University of Florida.
- COMSTOCK, R.E. 1979. Inbred lines vs. the population as testers in reciprocal recurrent selection. *Crop Science* 19:881-996.
- DARRAH, I.L.; EBERTHART, S.A.; PENNY, L.H. 1972. A maize breeding methods study in Kenya. *Crop Science* 12:605-608.
- HORNER, E.S.; LUNDY, H.W.; LUIRICK, M.C.; CHAPMAN, W.H. 1973. Comparison of three methods of recurrent selection in maize. *Crop Science* 13:485-489.

5. HORNER, E.S. 1985. Effects of selection for S_e progeny versus testcross performance in corn. In Ann. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf. (40, 1985, Chicago). Proceedings. Washington, D.C., American Seed Trade Association p. 142-150.
6. JENSEN, S.D.; KUHN, W.E.; MCCONNELL, R.L. 1983. Combining ability studies in elite U.S. maize germplasm. In Ann. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf. (40, 1985, Chicago). Proceedings. Washington, D.C., American Seed Trade Association p. 87-96.
7. RUSSELL, W.A.; EBERHART, S.A.; VEGA, U.S. 1973. Recurrent selection for specific combining ability for yield in two maize populations. *Crop Science* 13:257-261.
8. RUSSELL, W.A.; EBERHART, S.A. 1975. Hybrid performance of selected maize lines from reciprocal recurrent and testcross selection programs. *Crop Science* 15:1-4.
9. WALEJKO, R.N.; RUSSELL, W.A. 1977. Evaluation of recurrent selection for specific combining ability in two open-pollinated maize cultivars. *Crop Science* 17:647-651.
10. ZAMBEZI, B.I.; HORNER, E.S.; MARTIN, F.G. 1986. Inbred lines as testers for general combining ability in maize. *Crop Science* 26:908-910.

Comparison of Two Breeding Methods in Corn II. Determination of Inbreeding Depression¹

*J.A. Morera**

ABSTRACT

Examination of inbreeding and its effects contributing to genetic variation among the selfed progenies involved should help point up the changes that would occur in the selfing lines, and should be very helpful to predict progress with each of the two methods (S_2^2 progeny and testcross). To compare the two methods, bulked populations of the Syn-1, S_1 , and S_2 generations from intercrosses among selected cycle-three lines from each population and method were tested at two locations for two years. The S_2 progeny method resulted in significantly less inbreeding depression than the testcross method for grain yield of cycle-three populations, producing more vigorous lines in the S_1 and S_2 generations, whereas in the Syn-1 generation there was no significant difference between the two methods. The results suggest the possibility that both methods emphasize different types of gene action.

COMPENDIO

El examen de endogamia y los efectos que contribuyen a la variación genética entre las progenies autofecundadas involucradas, puede ayudar a delucidar los cambios que ocurren en las líneas autofecundadas; además, de predecir progreso con cada uno de los métodos (progenie autofecundada y cruce de prueba). Para comparar los dos métodos, poblaciones masales de tres generaciones (Syn-1, S_1 y S_2), provenientes de cruzamientos entre líneas avanzadas del tercer ciclo de cada población y método, fueron evaluadas en dos localidades durante dos años. El método progenie autofecundada resultó significativamente con menor pérdida de endogamia que el método cruce de prueba para rendimiento de grano, produciendo líneas más vigorosas con los sintéticos S_1 y S_2 ; mientras que el sintético 1 no mostró diferencia significativa entre métodos. Los resultados sugieren la posibilidad de que ambos métodos de selección enfatizan diferentes tipos de acción génica.

¹ Received for publication 22 July 1988

The present work is adapted from the author's Ph.D. Thesis, supported by the German Academic Exchange Service. I wish to express my thanks to Dr. E.S. Horner, University of Florida, for his encouragement and assistance, and to the Tropical Agricultural Research and Training Center (CATIE/GTZ) for granting the leave of absence required for the program.

* Plant breeder, calles 7-9, Avenida O, Alajuela, Costa Rica, C.A.

INTRODUCTION

Inbreeding and its effect on genetic variation among the selected progenies is very helpful for understanding the changes that would occur in the selfing series. Maximum inbreeding is obtained when like gametes, A with A or a with a, unite and under such conditions the inbreeding coefficient (F) will be one because in the gene a particular character

is fixed. A random mating population, on the other hand, has a F value of zero.

Selfed progeny selection utilizes fundamentally additive and partial to complete dominance gene action. The procedure includes evaluation of S_1 or S_2 lines *per se* and selection of the highest yielding ones for intercrossing to initiate a new cycle. Testcross method selection utilizes additive gene action when the population is used as a tester (4, 6, 7, 8). It has been reported that genetic variance is, as expected, greater among selfed progenies than among testcross progenies under similar environmental conditions (1, 4).

Horner (2) pointed out that where S_2 lines were intercrossed, a generation of inbreeding increased testcross variance from 0 to 0.172. He concluded that a generation of sib-pollination prior to initiation of a new cycle would be an effective step in breeding programs. Horner *et al.* (3) compared narrow and broad base testers as well as S_2 progeny method after three cycles of selection. They concluded that the S_2 progeny method was as effective as the parental tester method for population improvement and suggested that the former places more emphasis on contributions of homozygous loci than heterozygous loci. The parental tester method produced the highest yielding random-mated (Syn-3) population, and the S_2 progeny method produced the highest yielding selfed population. Horner *et al.* (4), from two additional cycles, obtained a significant linear increase in general combining ability over cycles for all methods, but selection based on yield of S_2 progenies was less effective than the inbred tester method for improving combining ability. However, the S_2 method was just

as effective as use of the parental population as the tester. Inbreeding depression was higher in populations developed by the two testcross methods than in the S_2 progeny method. Thus, the S_2 progeny method is more effective in decreasing the frequency of recessive deleterious genes which should result in more vigorous homozygous lines. Similar results from inbreeding were obtained by Horner (5).

MATERIALS AND METHODS

Four first generation synthetics (Syn-1) were obtained by bulking equal numbers of seed from all crosses within populations and methods.

To determine the effects of selection method on yield of inbred generations, each of the four third-cycle populations was sampled by advancing 100 random S_1 lines to S_2 's by selfing. Equal numbers of seed from each population and method were bulked to form four S_1 and four S_2 bulks. These composites, along with Syn-1 bulks, were tested at two locations near Gainesville, Florida, in 1985 and 1986. Eight replications were grown each year at each location. One-row plots with 20 plants per row were planted at the rate of 36 000 plants per hectare. A split-plot design with borders between generations was used to compare the Syn-1 (SO) generation with random S_1 and S_2 bulks of the third-cycle populations. The Syn-1, S_1 , and S_2 were main plots and the four composites were subplots. The main plots were assigned to each block at random and the subplots were randomized within main plots.

Data on grain yield per plot was taken prior to harvesting. The plots were harvested by hand and

Table 1. Mean squares from the analyses of variance for grain yields of Syn-1, S_1 , and S_2 bulks from the third-cycle populations developed by the S_2 progeny and testcross methods.

Source of variation	df	Generations		
		Syn-1	S_1	S_2
Environments (E)	3	5.99**	1.82**	2.97**
Reps/E	28	0.84	0.73	0.69
Composites (C)	3	2.00**	1.55**	4.34**
Methods (M)	1	0.02	4.34**	11.38**
Populations (P)	1	3.57**	0.30	1.42*
M X P	1	2.49**	0.01	0.29
E x C	9	1.24**	0.23	0.23
E X M	3	3.28**	0.34	0.12
E X P	3	1.89**	0.25	0.43
E X (M X P)	3	0.88	0.32	0.14
Error	84	0.28	0.34	0.26
Total	127			

*, ** significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

total number of ears and field weight to the nearest 0.1 lb were recorded. Ten good representative ears from three replications at each location were saved, dried to about 12% moisture, and shelled for dry grain determination.

Prior to statistical analysis, the yield was adjusted to full stand by multiplying the yield at harvest by the ratio of number of plants at full stand to the number of plants harvested. The factors used for each missing plant were calculated to decrease yield disadvantage that a plot with a poor stand might have compared with those plots with full stands. Finally, the field weight of each plot was converted to kilograms and adjusted for moisture and shelling percentage by multiplying the field weight by average percentage of dry grain recovery for each entry.

The average coefficient of inbreeding was calculated for each generation (Syn-1, S_1 , and S_2).

The data were analyzed as a randomized complete block design at each of the three levels of inbreeding to compare methods and populations. When significant differences were found among traits, least significant difference (LSD) was employed to separate means.

To estimate method and population effects, the sums of squares for composites were partitioned into sources of variation attributed to methods, populations, and the interaction between methods (M) and populations (P). The composites (C) and environ-

ments (E) sums of squares were similarly partitioned into E x M, E x P, and (M x P) x E sources.

RESULTS AND DISCUSSION

The S_2 progeny method was significantly better than the testcross method ($P < 0.01$) for grain yield at the S_1 and S_2 levels of inbreeding, whereas in the Syn-1 generation there was no significant difference between the two methods (Tables 1 and 2). Population B was higher yielding than Population A in the Syn-1, but the reverse occurred at the S_2 level. This indicates that less inbreeding depression occurred in Population A than in Population B (Table 2). The different response of each population resulted in a significant ($P < 0.01$) method by population interaction for the Syn-1.

Grain yields of the four selected third-cycle populations at three levels of inbreeding (Syn-1, S_1 , and S_2) show that the S_2 progeny method resulted in significantly less inbreeding depression than the testcross method (Table 2). Similar results have been reported by Horner *et al.* (3) for three cycles and by Horner *et al.* (4) for five cycles. A multiple linear regression analysis (Fig. 1) shows a close fit to linearity ($R^2 = 0.99$) for the average of both populations. Predicted grain yields of homozygous lines from the third-cycle populations were 2.4 and 1.6 mg/ha for the S_2 progeny and testcross methods, respectively (Fig. 1). Thus, for grain yield of inbred generations, the S_2 progeny method was markedly superior to the testcross method in the experiment.

Table 2. Grain yields of Syn-1, S_1 , and S_2 bulks from the third-cycle populations developed by the S_2 progeny and testcross methods. Average for two locations (1985-1986).

Method and population	Generations			Predicted ⁺ S_{∞}
	Syn-1	S_1	S_2	
	Mg/ha			
S_2 progeny method				
A (C3)	6.43	4.56	3.52	2.59
B (C3)	6.48	4.44	3.22	2.20
Mean	6.45	4.50	3.37	2.40
Testcross method				
A (C3)	6.17	4.17	2.83	1.84
B (C3)	6.78	4.09	2.72	1.37
Mean	6.47	4.13	2.77	1.60
L.S.D.	0.26	0.29	0.25	
Means (0.05)				

+ Yield of 100% homozygous lines predicted by linear regression.

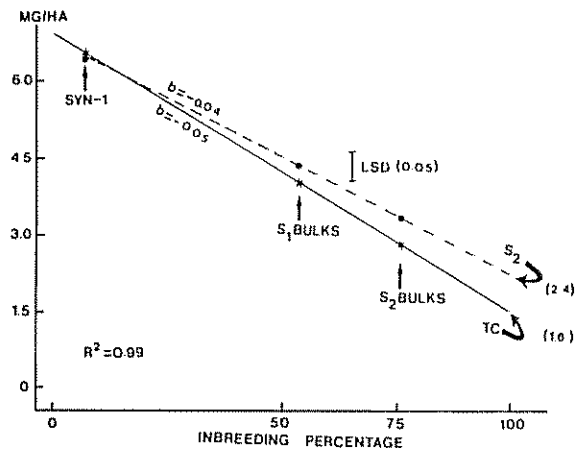


Fig. 1. Inbreeding depression in cycle 3 populations developed by S_2 progeny (S_2) and testcross (TC) methods. Mean of two populations and two years for each method. Values at right are predicted yield of homozygous lines for the two methods.

LITERATURE CITED

- DARRAH, I. L.; EBERHART, S. A.; PENNY, L. H. 1978. Six years of maize selection in 'Kitale synthetic II', 'Ecuador 573', and 'Kitale composite A' using methods of the comprehensive breeding system. *Euphytica* 27:191-204.
- HORNER, E. S. 1968. Effect of a generation of inbreeding on genetic variation in corn (*Zea mays* L.) as related to recurrent selection procedures. *Crop Science* 8:32-35.
- HORNER, E. S.; CHAPMAN, W. H.; LUTRICK, M. C.; LUNDY, H. W. 1969. Comparison of selection based on yield of topcross progenies and of S_2 progenies in maize (*Zea mays* L.). *Crop Science* 9:539-543.
- HORNER, E. S.; LUNDY, H. W.; LUTRICK, M. C.; CHAPMAN, W. H. 1973. Comparison of three methods of recurrent selection in maize. *Crop Science* 13:485-489.
- HORNER, E. S. 1985. Effects of selection for S_2 progeny versus testcross performance in corn. In *Ann. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf* (40., 1985, Chicago). Proceedings. Washington, D.C., American Seed Trade Association p. 87-96.
- PENNY, L. H.; RUSSELL, W. A.; SPRAGUE, G. F. 1962. Types of gene action in yield heterosis in maize. *Crop Science* 2:341-344.
- RUSSELL, W. A.; EBERHART, S. A.; VEGA, U. A. 1973. Recurrent selection for specific combining ability for yield in two maize populations. *Crop Science* 13:257-261.
- SPRAGUE, G. F.; RUSSELL, W. A.; PENNY, L. H. 1959. Recurrent selection for specific combining ability and type of gene action involved in yield heterosis in corn. *Agronomy Journal* 51:392-394.

This was expected because the S_2 progeny method places more emphasis on contributions of homozygous loci than heterozygous loci, while the reverse is true for the testcross method. The two breeding methods apparently emphasize different types of gene action, as would be expected from genetic theory (4, 7, 8). The S_2 progeny method places more emphasis on the contribution of alleles in the homozygous state, which resulted in appreciably higher-yielding inbred lines in the third cycle than were obtained with the inbred tester method. The inbred tester method, on the other hand, emphasizes the contribution of heterozygous loci, resulting in a higher inbreeding depression than was obtained with the S_2 progeny method. These results suggest the possibility of overdominant gene action at some loci.

Componentes de Variación Asociados a la Evolución del Área Foliar de Caña Planta, Variedad NA 56-79¹

*E. Romero**, *B E Manzur***

ABSTRACT

The effect of different variation components as related to leaf area development in cane, NA 56-79 variety, was studied in an experiment carried out in a commercial field planted in October 1983 at El Manantial, the experimental site of the Facultad de Agronomía y Zootecnia of the Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán Argentina. A randomized block design with three replications was used. Eight consecutive samplings were made to determine stalk number and leaf area per plot, as well as number and surface of each green leaf on the stalk. Leaf location was identified. Different statistical analyses were carried out. Evaluation on different dates showed a highly significant effect of leaf area development in this crop, indicating occurrence of different growth stages in the leaf mass. This behavior was homogeneous and not significant different between replications. Periodic analysis showed differences between stalks, assimilative areas per plot and between green leaves as depending on stalk location. Relative variability of the crop leaf surface was accounted for by the difference of each green leaf area per stalk, on almost all dates, and in a lesser degree by a different assimilative surface carried by the stalks within replications. A greater contribution of this last component was observed in stages where number and green leaf area were lower.

INTRODUCCION

El área foliar que un cultivo expone a la radiación solar constituye un índice frecuentemente utilizado en estudios fisiológicos por su relación con el crecimiento, con la actividad fotosintética y con el proceso transpiratorio

La superficie asimilatoria, como lo expresa Evans (2), es uno de los factores que influyen y/o limitan la

¹ Recibido para publicación el 28 de diciembre 1987
Se agradece al Ing Jorge Mariotti y al Ing Edmundo Cerrizuela sus sugerencias en la elaboración y redacción del presente trabajo

* Jefe de Trabajos Prácticos, Cátedra de Fisiología Vegetal Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.

** Jefe de Trabajos Prácticos, Cátedra de Biometría y Técnica Experimental Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina

COMPENDIO

En un experimento establecido en una plantación comercial plantada en octubre 1983, en la finca El Manantial, campo experimental de la Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. Se analizó la incidencia de diferentes componentes de variación asociados a la evolución del área foliar en caña planta, Variedad NA 56-79. Se utilizó un diseño en bloques al azar con tres réplicas, realizando ocho muestreos sucesivos y determinando el número de tallos y el área foliar por parcela, como también, el número y la superficie individual de las hojas verdes por tallo, identificando la posición foliar. Diferentes análisis estadísticos fueron efectuados: (a) Un análisis en bloques al azar considerando las distintas fechas y repeticiones. (b) La aplicación de un modelo anidado de muestras dentro de parcelas dentro de cada fecha y la de los tallos dentro de las parcelas. (c) Un análisis completamente aleatorizado para cada época de muestreo, para evaluar la influencia de la posición foliar. Los resultados manifestaron un efecto muy significativo de las fechas en la evolución del área foliar de este cultivo, indicativo de la ocurrencia de distintos estados de crecimiento de la masa foliar, comportamiento que resultó homogéneo y no significativo entre las repeticiones. El análisis por fecha destacó diferencias entre el área asimilatoria de los tallos por parcela y entre las hojas verdes, según su posición en los tallos. La variabilidad relativa de la superficie foliar del cultivo fue explicada por la diferencia del área individual de las hojas verdes por tallo en casi todas las fechas y en menor proporción por la distinta superficie asimilatoria soportada por los tallos, dentro de las réplicas, observándose la mayor participación de este último componente en las etapas en que el número y área de las hojas verdes fue menor.

capacidad productiva de los cultivos, variando su magnitud en las distintas especies, en sus variedades y/o cultivares e incluso en un mismo individuo, con el curso de su ontogenia y por la incidencia de las condiciones ambientales

Sin embargo, un aspecto poco valorado lo constituye el área foliar por unidad de superficie de terreno ocupado por un cultivo la cual es la resultante de la participación de distintos componentes intrínsecos del mismo (el número de tallos, el número y la posición de las hojas en los mismos, el área foliar individual, etc) como también, la influencia de la edad del cultivo sobre dichos factores. Por lo tanto, resulta de interés identificar y evaluar la incidencia de los mis-

mos en la evolución del área foliar global de un cultivo

El análisis de varianza, en sus distintas alternativas, constituye una técnica estadística útil para valorar el nivel de importancia de distintas fuentes de variación, en este caso, asociadas a la superficie asimilatoria.

Stickler *et al.* (6) investigaron en sorgo granífero utilizando este procedimiento estadístico adecuado a un experimento con distinto número de submuestras, la incidencia de ciertas fuentes de variación asociadas con la determinación de la superficie foliar

En la bibliografía revisada sobre caña de azúcar, no se encontraron antecedentes específicos, si bien Dillewijn (1) y Bull y Glasziou, en Evans (2) analizaron la evolución de la población de tallos y el crecimiento de la masa foliar, destacando algunos factores que la afectan

El presente trabajo tuvo por objetivo evaluar la incidencia de distintos componentes de variación asociados a la evolución del área foliar de caña planta, variedad NA 56-79.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se efectuó en una plantación comercial de la variedad citada, con una distancia entre surcos de 1.60 m, plantada manualmente, con cultivo mecánico-químico y sin fertilización

La misma se plantó en octubre 1983, en la finca El Manantial, campo de pendiente de la Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.

Se empleó un diseño en bloques al azar con tres repeticiones, efectuándose ocho evaluaciones sucesivas desde fines de diciembre 1983 y hasta principio de julio 1984. Cada parcela midió 1 40 m² (un metro lineal de surco por 0 70 m hacia cada lado), variando en cada fecha de muestreo la ubicación de las mismas dentro de la plantación al realizarse en cada recolección la cosecha de todo el material vegetal aéreo.

En el material recogido en cada evaluación y proveniente de cada parcela se determinó, en el laboratorio, el número de tallos, resultando, por lo tanto, tamaños muestrales desiguales entre fechas consecutivas. Luego se computó el número y la superficie de las hojas verdes presentes por tallo, identificando su posición en el mismo, según la clasificación de Kuijper, en Dillewijn (1).

El área foliar individual se midió utilizando la ecuación de Montgomery, corroborada por Romero (3), para esta variedad de caña de azúcar:

$$\text{Area foliar} = \text{Largo de la lámina} \times \text{Ancho máximo} \times 0.75$$

La superficie foliar global por parcela se obtuvo por la sumatoria del valor individual de las hojas verdes presentes. Esta ecuación permitió realizar los siguientes análisis estadísticos:

- 1) Un análisis en bloques al azar considerando las distintas fechas de evaluación y las réplicas, a fin de detectar posibles diferencias entre las mismas. Se determinó también la contribución porcentual de cada fuente de variación con respecto a la variabilidad total.
- 2) La aplicación de un modelo anidado de muestras dentro de muestras de dos niveles, con tamaños muestrales desiguales, que permitiera estimar conjuntamente la existencia de posibles diferencias significativas entre el área foliar de las parcelas por fecha y entre la de los tallos por parcela. El mismo se efectuó por separado para cada fecha.

Para el análisis de varianza se calcularon los valores de "F" a fin de evaluar diferencias entre los tallos por parcela, considerando el nivel área de hojas verdes por tallo como error experimental. Para medir las discrepancias significativas entre parcelas por fecha se aplicó el "test" de aproximación de Satterwaite, descrito por Sokal y Rohlf (5) y que denominamos "F". El mismo se obtiene calculando un nuevo cuadrado medio para el denominador de F' (cuadrado medio del área foliar de tallos por parcela), a fin de compararlo con el cuadrado medio de las parcelas dentro de fechas.

Si se estiman los valores esperados para los tres componentes de la varianza, tenemos:

$$V1: \text{Parcelas por fecha} \quad V1 = \sigma^2 + n'_0 \sigma^2 \text{ pef} + (n - b) \sigma^2 f$$

$$V2: \text{Tallos por parcela} \quad V2 = \sigma^2 + n_0 \sigma^2 \text{ pef}$$

$$V3: \text{Error experimental} \quad V3 = \sigma^2$$

f: Fecha

pef: Parcelas por fecha

Se observa que $F = V2/V3$, para tallos dentro de parcelas; en tanto, no se puede calcular F como $V1/V2$ para parcelas dentro de fechas puesto que los coe-

ficientes n'_O y n_O son distintos. Pero, si se considera que V'_2 es igual a $+ n'_O$ pef, entonces se obtiene $F' = V1/V'_2$

Posteriormente, para encontrar un valor crítico de F con el cual comparar F' se deben determinar los grados de libertad correspondientes a V'_2 , según la siguiente ecuación:

$$gl V'_2 = \frac{V_2'^2}{\left[\frac{(1 - n'_O/n_O) V_3}{gl V_3} \right]^2 + \frac{(n'_O/n_O - V_2)^2}{gl V_2}}$$

Cabe aclarar que cuando los coeficientes n_O y n'_O son bastante parecidos o aproximados, F' se puede obtener directamente como V_2/V_3

Para este trabajo en particular se calcularon los F' correspondientes a cada fecha de evaluación y exceptuando el sexto muestreo, se determinó la significación sin necesidad de calcular los grados de libertad, ya que los valores críticos de F tabular para dos grados de libertad en el numerador resultaron siempre superiores a 3

Con la intención de expresar la variación de las distintas fuentes de otra manera que permitiera visualizar fácilmente el grado de participación de cada una de ellas en la variabilidad total, se computaron los porcentajes correspondientes a los tres componentes empleados en el análisis y por separado para cada recolección: σ_0^2 para hojas verdes por tallo; σ_1^2 para tallos dentro de parcelas y σ_2^2 para parcelas dentro de fechas

- 3) Un análisis completamente aleatorizado para cada fecha a fin de evaluar posibles diferencias entre las distintas posiciones de las hojas verdes en los tallos. Para este caso se consideró el área foliar de los tallos como repeticiones

RESULTADOS

La evolución del área foliar, del número de hojas verdes y de tallos promedio por parcela, se observan en la Fig. 1. Las tres variables manifestaron sus máximos registros a fines de marzo, para disminuir posteriormente

El análisis de varianza considerando las distintas fechas y las repeticiones efectuadas, como así mismo, la participación porcentual de las distintas fuentes de variación, se muestran en el Cuadro 1

Se obtuvieron diferencias altamente significativas entre las fechas, constituyendo las mismas el mayor

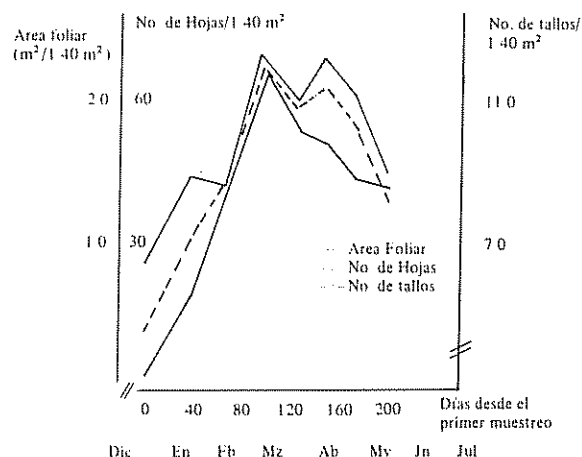


Fig. 1. Evolución del área foliar y del número de hojas verdes y tallos promedio por parcela.

Cuadro 1. Análisis de la varianza en bloques al azar y participación porcentual de cada fuente de variación.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza	Fc	Participación porcentual
Total	34 404	23			
Fechas	28 248	7	4 035	12.39 ⁺⁺	76.27
Réplicas	1 596	2	0 798	2.45	3.66
Error					
Exper	4 560	14	0 325		20.07

componente de la variabilidad total; no se detectaron discrepancias de significación entre las réplicas.

En el Cuadro 2 se presenta el análisis de muestras dentro de muestras correspondiente a las distintas evaluaciones realizadas. No se observaron diferencias significativas (excepto en la sexta recolección) entre las parcelas dentro de fechas; en cambio, el área foliar de los tallos dentro de parcelas discrepó significativamente en todos los muestreos.

La participación relativa de los tres componentes de variación se presenta en el Cuadro 3.

Los porcentajes más elevados correspondieron al área de las hojas verdes por tallo, exceptuando el primer y octavo muestreos en que la mayor participación correspondió al nivel superficie foliar de tallos

por parcela. En cambio, las parcelas dentro de fechas tuvieron una mínima participación.

El análisis de la varianza efectuado para cada fecha, a fin de valorar la incidencia de la posición foliar, se observa en el Cuadro 4, evidenciando el mismo diferencias significativas en el 2°, 3°, 4°, 5° y 6° muestreo

DISCUSION

El primer aspecto destacable fue el importante efecto de las fechas de evaluación en la evolución del área foliar, componentes que explicó el 76% de la variación total. Esta situación implicó la ocurrencia de distintos estados globales de crecimiento de la masa foliar durante el período de estudio

Este comportamiento es coincidente con la fluctuación de la superficie foliar promedio por parcela en la que se observó una primera etapa de máxima intensidad de crecimiento, hasta fines de marzo, para estabilizarse hasta fines de mayo y desde allí, decrecer marcadamente. Una tendencia semejante evidenció el número de hojas verdes por parcela.

Sin embargo, el comportamiento del área foliar global en el transcurso del ciclo fue homogéneo entre las réplicas, resultando no significativo e incluso su participación en la variación total fue mínima (3.66%). Esto indica que la ocurrencia de los diferentes estados de crecimiento de la masa foliar sucedió de manera semejante en toda la plantación

Cabe destacar que un 20% de la variabilidad total no fue explicada por los componentes considerados.

Determinado el efecto general de las fechas, también fue de interés discriminar la incidencia de algunas características intrínsecas del cultivo asociadas al área foliar expuesta por éste, en cada época de muestreo. Se estudiaron ocho fechas diferentes con tres parcelas en cada una, variando el número total de tallos de 20 a 36 y en cantidades distintas por réplica; el número total de hojas verdes fluctuó de 32 a 255 y en cantidades variables por tallo

Las parcelas medidas manifestaron nuevamente un comportamiento general homogéneo, al no observarse diferencias de significación en prácticamente todas las evaluaciones y con una contribución mínima a la variabilidad total. La excepción fue el sexto muestreo, pudiendo colaborar en su explicación el hecho de que las repeticiones estuvieron ubicadas en distintos lugares de la plantación comercial por efectuarse muestreos destructivos, por lo que alguna o algunas de las réplicas en dicha fecha, al ser elegida al azar, podría haberse asentado en un suelo con condiciones diferenciales al resto; esto permitió manifestar las discrepancias de significación. Pero, sin embargo, su efecto puntual fue despreciable en los resultados generales, como se mencionó anteriormente.

En cambio, la contribución efectuada por el área foliar expuesta por los tallos dentro de las parcelas resultó muy significativa en todas las fechas, con una importante participación relativa en la variación total

Cuadro 2. Análisis de la varianza de muestras dentro de muestras para las distintas fechas de evaluación.

Fuentes de variación	Fechas de muestreo							
	I		II		III		IV	
	gl		gl	gl		gl		gl
Parcelas por fecha	2	F' = 0.58	2	F' = 2.16	2	F' = 2.16	2	F' = 1.64
Tallos por parcela	19	F = 4.72**	26	F = 1.27*	25	F = 2.82*	35	F = 4.15**
Hojas por tallo	31		102		156		254	
	V		VI		VII		VIII	
Parcelas por fecha	2	F' = 2.14	2	F' = 8.91*	2	F' = 0.50	2	F' = 0.50
Tallos por parcela	30	F = 1.37*	29	F = 6.58**	26	F = 7.94**	25	F = 11.58**
Hojas por tallo	218		231		189		142	

Cuadro 3. Participación porcentual de los distintos componentes en la variabilidad total, para las diferentes fechas de muestreo.

Componentes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Parcelas por fecha	—	3.13	4.13	1.92	1.83	26.75	—	—
Tallos por parcela	60.84	5.43	20.84	28.56	4.62	29.67	48.13	63.61
Hojas por tallo	39.61	91.44	75.03	69.52	93.55	43.58	51.87	36.39

Lo observado se relaciona con la evolución del número promedio de tallos por repetición, el cual aumentó hasta fines de marzo, para luego disminuir hasta principio de julio, comportamiento coincidente en una primera etapa con el macollaje del cultivo y en el segundo período, con la mortalidad de un cierto número de ellos. La tendencia obtenida coincide en general con lo encontrado por Dillewijn (1) y por Bull y Glasziou, en Evans (2).

Esta situación involucra, para las distintas fechas y dentro de cada parcela, la presencia de un número diferente de tallos, con diversas épocas de aparición y por lo tanto, con estados diferenciales de crecimiento. Asociado con este aspecto, por otro lado, se determinó una superficie de hojas verdes también diferente, ya que el número y el área individual de las mismas que soporta cada tallo, al formarse y expandirse en distintas épocas, resultó variable.

Si bien el área de las hojas presentes por tallo se consideró como error experimental para los fines de

la significación del análisis estadístico, su contribución puede ser valorada a través de su participación relativa en la variabilidad total.

Constituyó el componente que mejor explicó la variación de la superficie global en cada fecha, aunque la misma fluctuó en el curso del período de estudio. Pero, también resultó importante observar que la incidencia relativa de dicho componente estuvo relacionada con la participación de la superficie foliar soportada por los tallos presentes en las parcelas puesto que, en general, en la medida que el número y el área individual de las hojas verdes por tallo fue menor (fácilmente visualizable en el primer y octavo muestreos) la influencia porcentual de la diferente superficie asimilatoria de los tallos adquirió mayor importancia.

Una variable muy relacionada a la diferencia encontrada entre el área de las hojas verdes presentes por tallo, es su ubicación en los mismos, la cual se denominó "posición foliar".

Cuadro 4. Análisis de la varianza totalmente aleatorizado de la "posición foliar" para las distintas fechas de evaluación.

Fuente de variación	I		II		III		IV	
	gl	F	gl	F	gl	F	gl	F
Total	52		121		180		280	
Posición foliar	2	0.106	4	17.90**	6	13.30**	7	10.44**
Error experimental	50		117		174		273	
	V		VI		VII		VIII	
	gl	F	gl	F	gl	F	gl	F
Total	241		258		209		167	
Posición foliar	7	6.52*	8	4.57*	7	0.44	6	0.134
Error experimental	234		250		202		161	

Este componente resultó muy significativo en cinco de las ocho evaluaciones realizadas, implicando que la contribución del área foliar individual se efectuó en distinta magnitud, según la posición que ocuparon las hojas verdes.

Esto es coincidente con el hecho de que las distintas posiciones involucran edades distintas y por lo tanto, épocas de formación y expansión diferentes. Pero, las hojas en igual posición en tallos de distintos estados de crecimiento evidenciaron superficies foliares variables, lo cual tuvo también influencia en el comportamiento de este componente.

Stickler *et al.* (6) obtuvieron en sorgo granífero la mayor participación porcentual en la variación total de la posición foliar, posteriormente y con una incidencia mucho menor los tallos por réplica y las repeticiones.

Estos resultados, en orden de importancia, fueron semejantes a los obtenidos en el presente trabajo aunque con valores diferentes, si bien conviene destacar que dicho estudio se efectuó en una sola época (antes) y que en dicho experimento se consideró un número fijo de plantas por réplica.

CONCLUSIONES

Los resultados evidenciaron un efecto altamente significativo de las fechas de evaluación en la evolución del área foliar de caña planta, variedad NA 56-79, explicando el 76% de la variabilidad total, indicativo de la ocurrencia de distintos estados de crecimiento de la masa foliar.

Este comportamiento fue homogéneo entre las repeticiones efectuadas durante el período de estudio, resultando su incidencia no significativa y explicando solamente el 3.66% de la variación total.

El análisis estadístico por fechas destacó una significativa diferencia entre el área asimilatoria de los tallos por parcela y entre las hojas verdes según su posición foliar.

La variabilidad relativa del área foliar del cultivo, en cada época de evaluación, pudo ser explicada en casi todas las fechas por la incidencia del área individual de las hojas verdes por tallo y en menor proporción por la diferencia de superficie foliar entre los tallos por parcela. La participación de ambos componentes fluctuó en las distintas etapas de crecimiento observándose la mayor contribución del área foliar de los tallos en los períodos en que el número y la superficie de las hojas verdes fue menor.

LITERATURA CITADA

1. DILLEWJIN, C. VAN 1973. Botánica de la caña de azúcar. Instituto Cubano del Libro, Pueblo y Educación p. 110-165.
2. EVANS, L.T. 1983. Fisiología de los cultivos Hemisferio Sur p. 59-82.
3. ROMERO, E.R. 1984. Análisis comparativo de métodos de estimación del área foliar en caña de azúcar, variedad NA 56-79. Revista Agronómica del Noroeste Argentino 21(1-4):5-17.
4. SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. 1971. Métodos estadísticos. C.E.C.S.A. p. 360-363.
5. SOKAL, R.R.; ROHLF, E.J. 1979. Biometría: principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. H. Blume Ediciones p. 303-318.
6. STICKLER, F.C.; WEARDEN, S.; PAULI, A.W. 1961. Leaf area determination in grain sorghum. Agronomy Journal 53:187-188.

Effect of Soil Type and Crop Cycle on Root Development and Distribution Pattern of a Commercial Sugarcane Cultivar under Normal Irrigation and Field Conditions at Bacita Estate, Nigeria¹

Y.A. Abayomi*

ABSTRACT

The effects of soil type and crop cycle on the root development and distribution of a commercial sugarcane cultivar in the irrigated fields were studied at the sugarcane estate of the Nigerian Sugar Company, Bacita, Nigeria (latitude 9°N) during the 1984/85 cropping seasons. Roots were observed to grow down to a depth of 120 cm; however, 99.79, 97.08 and 90.73 percent of these roots were found within the 0-60 cm depth of the plant, first and second ratoon fields, respectively. Root development and vertical growth were influenced by soil physical conditions. Light soil encouraged denser and deeper rooting while the heavy soils promoted less dense and more superficial rooting. The crop cycle significantly affected the root density and the percentage root distributions in all the soil types. The plant canes had better total root development than the ratoon canes. However, the ratoon canes had more of their roots distributed in the lower soil layers.

INTRODUCTION

Root growth in the soil is influenced by cultural practices, irrigation and fertilizer application as well as plant species or cultivar. Root studies usually involve soil excavation around the plant or the removal of the soil in measured layers before separating roots from the soil by means of a wire screen (4, 18). Both of these methods are very labour intensive, hence not much attention has been paid to this type of study. However, studies on root development and distribution of various crops has been receiving increasing attention in the last few decades (4, 6, 7, 13, 18, 19). Root development and distribution has been found to be influenced by a series of internal and external factors, which Russell (18) classified into three broad groups which are often interrelated; these are physical, chemical and biological factors. Studies on the effects of these factors on root growth have revealed many interesting features, which have practical bearing on irrigation and fertilizer applica-

COMPENDIO

Se estudiaron los efectos del tipo de suelo del ciclo de cultivo, sobre el desarrollo y distribución de las raíces en un cultivar comercial de caña de azúcar, establecido en plantaciones irrigadas de este cultivo. El estudio se hizo en la plantación de caña de azúcar de la Nigerian Sugar Company, en Bacita, Nigeria (latitud 9° N), en las cosechas 1984-85. Se observaron las raíces en su crecimiento hasta una profundidad de 120 cm; se constató que el 99.79/97.08 y 90.73 por ciento de esas raíces crecía a una profundidad de 0-60 cm, en el primero y segundo cultivo de soca, respectivamente. El crecimiento de la raíz y el crecimiento vertical de las plantas fueron influenciados por las condiciones físicas del suelo. Los suelos livianos indujeron un enraizamiento menos denso y más superficial. El ciclo de cultivo afectó la densidad de la raíz y el porcentaje de las raíces, en todos los tipos de suelos. Las plantas procedentes de la semilla de caña dieron un mejor desarrollo total de la raíz que las plantas de soca (rebrotos). Sin embargo, las plantas del soca presentaron proporciones mayores de sus raíces distribuidas en las capas más bajas del suelo.

tion. Soil water content is one of the most important factors affecting the rate of root growth and rooting distribution (16). Low moisture encourages deep rooting while adequate moisture promotes surface rooting of sugarcane (4). Root growth and penetration has been reported to decrease with an increase in soil density (19, 20); however, Howard and Herbert (8) reported that soil strength is the critical independent factor controlling root penetration of cotton.

Studies by various workers on the root distribution pattern of sugar cane have revealed similar patterns of distribution within the soil profile. Dillewijn (4) reported that, in irrigated cane, more than 50% of the roots occurred in the topmost 8 inches (20 cm) and 85% in the upper 24 inches (60 cm) of the soil. Paz-Vergara *et al.* (14) indicated that sugarcane roots grow to a 180 cm depth in the soil with approximately 60% and 85% of them within the first 30 cm and 60 cm respectively. In deep, loose soils, the bulk of the (90-95%) were found in the upper 60 cm of the soil (10). Quantitative data have been reported to show that the percentage of roots present in the upper 8 inches (20 cm) gradually decreases while there is an increase in the percentage present in the lower layers as the plant ages (4).

¹ Received for publication November 1987

The author is grateful to Dr. R.O. Fadayomi for his useful advice during the course of this study. The assistance of Mr. G.M. Amoruwa of the Nigerian Sugar Company, Bacita in identifying fields of study is highly appreciated.

* Sugar Research Institute, University of Ilorin, Nigeria

Differences in water use efficiency of the fields of Bacita estate had been reported, with most of them being considerably low (13). This is particularly so in the heavy soils with furrow irrigation. The efficiency of water utilization is determined by the moisture characteristics of the soil, the depth to which the plant roots extend and the density of the roots in different soil layers (9). The Bacita estate has different soil types and hence different properties which will influence the root development and distribution pattern and consequently the efficiency of water utilization.

It was therefore the objective of the present study to investigate quantitatively the root development and distribution patterns of a commercial sugarcane cultivar (Co 1001) grown on three soil types and with three crop cycles.

MATERIALS AND METHODS

The study was carried out in nine selected fields representing three soil types of Belle, Egbungi, and Shigo (Table 1) and three crop cycles, first and second ratoon crops during the 1984/85 cropping season. All the selected fields were planted with cultivar Co 1001, which constituted about 35% of the total area under commercial sugarcane cultivation.

The normal estate agronomic and irrigation management practices were observed in all the fields studied. In each plot, planting was done in rows 1.67 m apart. Each plot received basal fertilizer applications of 150 kg N, 100 kg K₂O and 50 kg P₂O₅ per hectare in form of sulphate of ammonia (21% N), muriate of potash (60% K₂O) and single superphosphate (18% P₂O₅) respectively. Weeds were chemically controlled in each plot using Velpar 90 and Diuron as tank mixtures at rates of 2.0 and 0.7 kg per hectare respectively. Six fields with heavy soils were irrigated by the gravity system, while the three with light

porous soils were served by an overhead irrigation system using the sprinkler. This is the normal estate practice, as the light porous soils are erodible with a high percolation rate and thus could not support furrow irrigation. The gravity-irrigated fields received 3 inches of water per 14-day cycle through the furrow, while the sprinkler-irrigated fields received 2 inches of water per 9-day cycle.

Soil cores were obtained by driving a hollow tube (15 cm diameter) into the soil to a depth of 120 cm. Sampling was done about 10 cm from the cane rows. The soil cores were divided into sections of 30 cm in depth, for root extraction. Roots in the core sections were washed free of soil, air-dried and weighed. Another set of soil samples (0-60 cm depth) were taken from the studied fields at the same time the fields were being sampled for root development and distribution. These samples, taken from the middle of the furrows, were air-dried, ground and run through a 2 mm sieve. The p^H of the soil samples was determined in 0.01 M CaCl₂ (11, 15) while the moisture saturation percentage was determined using the saturated paste method (3). The bulk density of the soil from the different fields was determined using the core sample method. Both the textural classification and the infiltration rates of the soil series had been determined earlier (13). All determinations were replicated four times. Variance and correlation analyses were carried out on all data collected.

RESULTS

A summary of the characteristics of the soil types used is presented in Table 1, while the summary of the fields sampled for the study showing their soil type, crop cycle and age of the plant at sampling is presented in Table 2. Fields of the Shigo soil types were freely drained, while those of Belle and Egbungi were fairly and poorly drained respectively. All three soil types are acidic.

Table 1. Summary of the soil characteristics of fields used for the study.

Soil Types	Structural Classification*	Basic Infiltration Rate (cm/hr)*	p ^H	Bulk Density	K%
Belle	Brown clay loam overlain by brown silt loam	7.36	5.5	1.39	28.38
Egbungi	Heavy black clay	0.83	4.8	1.24	25.54
Shigo	Coarse-grained structureless sand overlain by about 15 cm grey silt loam	10.00	4.6	1.47	7.61

* After Makanjuola 1980.

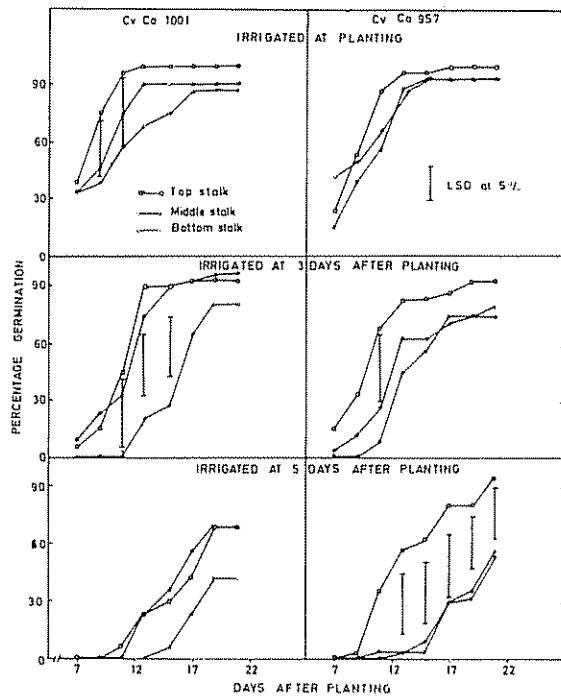


Fig. 1. Effect of part of stalk on germination percentage at different irrigation dates of all coverage depth

The effects of soil type and crop cycle on root development (root density g/m^2) are shown in Table 3. The highest root densities were obtained in the fields of the freely drained Shigo soil type at all soil depths. These were significantly better than the corresponding root densities in fields of Belle and Egbungi soil types except at the 0-30 cm soil depth where there was no significant difference in the root densities of Belle and Shigo soil types.

Except at the 0-30 cm depth, the root densities obtained in the fields of Belle and Egbungi soil types were not significantly different. Generally, the Egbungi soil type supported the least dense root systems.

Plant crops have significantly higher root density than both the first and second ratoon crops, which showed no significant difference in the root developments at the uppermost soil depth (0-30 cm). However, at the lower depths (30-120 cm), the second ratoon crop recorded the highest root densities, which were significantly better than those of the first ratoon crops. Overall, the plant cane recorded the best total root density over all layers, and was significantly better than those of the ratoon crops.

The bulk density and the basic infiltration rate of the soils were positively correlated with total root density while moisture saturation percentage and soil pH were negatively correlated with total root density. However, only the basic infiltration rate ($r = 0.95$) and moisture saturation percentage ($r = 0.68$) were significant.

Table 4 shows the percentage root distributions per each soil layer as affected by soil type and crop cycle. The Shigo soil type has a significantly lower percentage of root distributed in the topmost layer (0-30 cm), while the Belle and Egbungi soil types did not show any significant difference in their percentage root distribution at the same layer. However, the Shigo soil type has a greater percentage of its roots distributed within the lower soil layers (30-120 cm) and these were significantly different from those of the Belle and Egbungi soil types at 30-60 cm depth.

The Egbungi soil type has more roots distributed at the 60-90 cm layer than the Belle soil type, while there was no significant differences among the soil types in their percentage root distributions at the lowest depth (90-120 cm). Overall, fields of the Belle and Egbungi soil types had most of their roots distributed within the first 60 cm soil depth, while the fields of Shigo soil type had more of their roots distributed in the lower soil layers.

Table 2. Summary of the fields showing crop cycle, age and irrigation and soil types.

Field	Soil type	Crop Cycle	Irrigation type	Age at Sampling (DAYS)
W7B	Belle	Plant	Gravity (furrow)	298
EE27B	Belle	1 ^o	Gravity (furrow)	289
B36S	Belle	2 ^o	Gravity (furrow)	258
E144	Egbungi	Plant	Gravity (furrow)	290
E26B	Egbungi	1 ^o	Gravity (furrow)	294
W15E	Egbungi	2 ^o	Gravity (furrow)	264
S41	Shigo	Plant	Sprinkler (overhead)	279
S10B	Shigo	1 ^o	Sprinkler (overhead)	254
S34	Shigo	2 ^o	Sprinkler (overhead)	251

While the plant crop has a significantly higher percentage of roots distributed in the uppermost soil layer (0-30 cm), it has lower percentages distributed in the lower layers (30-120 cm). There was no significant differences in the percentage root distributions of the first and second ratoon crops at 30-60 cm. However, the second ratoon has significantly more roots distributed at the lower layers (60-120 cm). Generally, while the percentage of roots distributed in the topmost layer (0-30 cm) of soils decreased with increasing crop cycles, the reverse was the case in the lower (30-120 cm), where the percentage root distributions increased with crop cycles. Moreover, in all soil types and crop cycles, the root distribution below the 60 cm soil depth was more variable than in the top 60 cm. There were no significant interaction effects between the soil types and crop cycles for root development and distributions except at the 60-90 cm soil layer where the root density showed significant interactions.

DISCUSSION

The result of this study has confirmed the findings elsewhere that sugarcane root development and distribution is affected primarily by the soil physical and drainage conditions. Overall, more than 90 percent of total roots were found within the first 60 cm soil layer, and the root distribution below this depth was

more variable than in the top 60 cm. This pattern of distributions is similar to those described by Lee *et al.* (12) and Paz-Vergara *et al.* (14).

The lighter and freely draining soils of Shigo encouraged denser root development, with a relatively high proportion in the lower soil layers. However, the heavier soils, either heavy clay or silt loam, supported lower root densities, with a greater proportion of these located in the 0-60 cm soil layer. This agrees with the observations of Alexander (1), who reported that about 75% of root occurred in the upper few inches of well drained soil as against 97% in the same zone in a poorly drained soil. Similarly, the effect of drainage on root distribution of winter wheat had shown that in clay soil with poor drainage most roots remained above 20 cm while in well-drained soil they freely explored the top 40 cm of soil (6).

The heavy soils of Belle and Egbungi are usually irrigated by the furrow system, while the lighter soil of Shigo is served by overhead system. It has, however, been observed that the water use efficiency of the overhead irrigated fields was better than those of the surface irrigated fields (13). But studies in Mauritius comparing the overhead and furrow irrigations showed that there was no difference in cane growth as growth measurements indicated normal elongation with both types of irrigation (2). The poor and superficial rooting associated with the heavy soils of Egbungi (Tables 3 and 4) could then be due to its poor structure, and this could possibly explain the observed poor water use efficiency. The efficiency of water utilization is determined by the depth to which roots extend, and the density of root in different soil layers (9); hence the Egbungi soil with few roots and shallow distribution could not effectively utilize the applied water and nutrients.

The poor root development (density) in the Egbungi soil type may be due to the fact the root would have to exert some metabolic energy in order to penetrate the predominantly tiny pores characteristic of the soil. The rate of root growth had been found to be much reduced whenever the roots had to exert substantial pressure in enlarging pores smaller than themselves (18). The surface rooting also characteristic of plants on this soil (Egbungi) could also be due to the water-logging of the fields. Sugarcane root penetration had been observed to reduce to a few straggler roots, some with flattened and distorted sections under water-logged conditions (9); this superficial rooting system serves to supply oxygen for the normal aerobic respiration of submerged tissue.

The crop cycle significantly affected the overall root density and distribution in this study (Tables 3

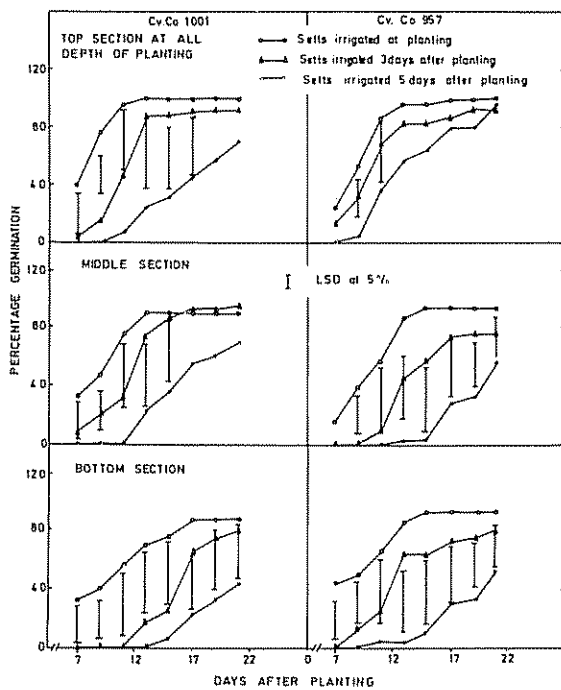


Fig. 2. Effect of date of first irrigation after planting on the germination of sugarcane setts from three sections of matured stalk.

and 4). However, an earlier study elsewhere (14) showed that the percentage of root per layer was not affected by crop cycle. The percentage of root in the top 0-30 cm layer was observed to decrease with increasing crop cycle, while the lower soil layers (30-120 cm) recorded increments (Table 4). This is in consonance with the report that the vertical distribution of root changes with the age of the plant, with the percentage of root present in the upper layer gradually decreasing while the percentage in the lower layer increases (12). The distribution of more root at the lower layer at the first and second ratoon crop is

probably due to the activities of the previous crop's roots, which might have loosened the soil structure, thereby affording the new roots easy penetration. Plant canes, however, had better root density than the ratoon canes (Table 3). This is in agreement with the reported findings that the root systems of ratoon crops were less well-developed than those of plant crops (5, 7, 9). Hence, the better cane yield was often produced by plant canes, as growth is a function of the amount of nutrients and moisture made available by the root system.

Table 3. Effects of soil type and crop cycle on root development (root density g/m^2) of sugarcane cultivar Co 1001.

Crop Cycle	Soil Type				S.E.
	Belle	Egbungi	Shigo	Crop Cycle Mean	
0-30 cm Soil Depth					
Plant (P)	2 207 87	473 84	3 059 50	1 913 74	260 987
1st ratoon (1°)	738 91	663 82	1 225 76	876 16	
2nd ratoon (2°)	1 306 32	1 030.50	1 473 89	1 270.24	
Soil type mean	1 417.70	722.72	1 919.72	-	
S.E.		230.311			
30-60 cm Soil Depth					
P	77 21	74 23	389 35	180 26	32 907
1°	81 33	46 17	191 25	106 25	
2°	133 20	139 20	303 65	192 02	
Mean	97 25	86 53	294 75	-	
S.E.		38 890			
60-90 cm Soil Depth					
P	13.04	38.91	32 69	28 21	12 510
1°	37.70	19 54	19 54	25 59	
2°	29 62	27 50	153 45	70 24	
Mean	26 79	28 65	68 56	-	
S.E.		12 024			
90-120 cm Soil Depth					
P	6 72	16 01	22 46	15 06	11 310
1°	12 52	4 64	4 64	7 27	
2°	12 03	10 00	87 33	36 45	
Mean	10 42	10 22	38 14	-	
S.E.		10 299			
Soil Depth (cm)					
Standard errors for interactions	0-30	30-60	60-90	90-120	
Crop cycle means for the same soil type	452.043	56 997	21 668	19 590	
Soil type mean for the same or different crop cycle	435.054	60 648	21 391	19 024	

Table 4. Effects of soil type and crop cycle on percent root distribution of sugarcane cultivar Co 1001.

Crop Cycle	Soil Type				S.E.
	Belle	Egbungi	Shigo	Crop Cycle Mean	
0-30 cm Soil Depth					
Plant (P)	94.82	90.77	87.20	85.81	2.337
1st ratoon (1°)	86.42	86.48	83.47	85.46	
2nd ratoon (2°)	85.07	78.55	71.42	78.35	
Soil type mean	85.77	85.27	80.70	-	
S.E.		1.691			
30-60 cm Soil Depth					
P	4.07	6.15	10.37	6.86	1.652
1°	9.90	9.90	15.10	11.63	
2°	9.30	12.17	15.65	12.37	
Mean	7.76	9.41	13.71	-	
S.E.		1.435			
60-90 cm Soil Depth					
P	0.70	2.52	1.62	1.61	9.614
1°	2.58	2.52	1.06	2.05	
2°	4.32	6.47	8.32	6.37	
Mean	2.53	3.84	3.67	-	
S.E.		0.498			
90-120 cm Soil Depth					
P	0.41	0.56	0.81	0.59	0.483
1°	1.10	1.10	0.37	0.86	
2°	1.31	2.81	4.58	2.90	
Mean	0.94	1.49	1.92	-	
S.E.		0.370			
Soil Depth (cm)					
Standard errors for interactions	0-30	30-60	60-90	90-120	
Crop cycle mean for the same soil type	4.047	2.849	1.064	0.837	
Soil type mean for the same or different crop cycle	3.712	2.733	1.002	0.777	

The results of the above study have shown that in the fields of the Nigerian Sugar Company, Bacita, sugarcane roots did not extend beyond 120 cm soil depth. This is, however, in contrast with the report of Paz-Vergara *et al.* (14), who reported that sugarcane roots extended to a depth of 180 cm in the fields of the Chicama Valley. The height of the water table is an important factor in root vertical growth. In the present study, it was observed that while the Shigo soil with a low water table had deeper root penetration, the Egbungi soil with a very high water table

had shallow rooting. It is then suspected that the water tables in the cane fields of the Chicama Valley could be very low, hence a deeper root penetration than observed in this study.

The study further showed that even though the physical characteristics of the soils affected root distribution, most roots in all soils are distributed within the first 60 cm soil layer. It is therefore imperative that the irrigation and fertilizer input should be made available within this zone for optimum utilization by

cane plants. The water use efficiency of Belle and Egbungi soils could be improved by deep ploughing of the fields to loosen the soil structure, thus allowing root proliferation and deeper penetration.

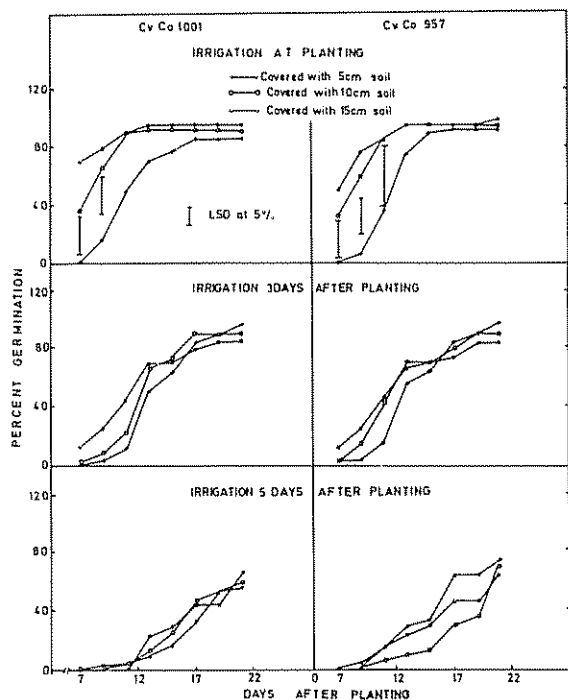


Fig 3. Effect of coverage depth on germination of sugarcane setts at different period of first irrigation after planting.

LITERATURE CITED

- 1 ALEXANDER, W.P. 1926 Hawaiian Planters' Record 30:438.
- 2 ANON. 1959. Mauritius Sugar Industry Research Inst Annual Report 1-103.
- 3 ANON. 1978. Methods of soil analysis. Sugar Industry Research Institute. Kingston, Jamaica 70 p.
- 4 DILIEWIJN, C. VAN 1952 Botany of sugarcane. Waltham Mass., U.S.A., The Chronical Coy Book Dept.
- 5 EVANS, H. 1935 Investigation of the root system of sugarcane varieties. Sugarcane Research Station of Mauritius Bull. no. 6.
- 6 GOSS, M.J. 1986. How roots grow: A study in the field SPAN 29(2):50-52.
- 7 HARDY, F.; SMITH, G.W. 1954. The compaction of soil in ratoon cane fields Biui Sugar Technology 116-120.
- 8 HOWARD, M.I.; HERBERT, R.G. 1963. Penetration of cotton seedling taproots as influenced by bulk density, moisture content and strength of soil Soil Science 96:153-156.
- 9 HUMBERTI, R.P. 1953. Basic problems of sugarcane nutrition II. Applying basic facts in sugarcane fertilization. In Congress ISSCI (8). Proceeding. p. 71-79.
- 10 HUSZ, G.S. 1972. Sugarcane cultivation and fertilization. Series of monographs on tropical and subtropical crops. Bochum, West Germany. Ruhr - Stockstoff A.G.
- 11 JACKSON, M.L. 1958. Soil chemical analysis Englewood Cliffs New Jersey, Prentice - Hall.
- 12 LEE, H.A.; WELLER, D.M. 1927. The progress of sugarcane root in the soil at different ages. Assoc. Hawaiian Sugar Tech: 69-72.
- 13 MAKANJUOLA, F.J. 1980. Towards efficient irrigation management at Bacita Sugar Estate. Ed by M.O. Fawole. In Symposium on the Sugarcane Industry in Nigeria Proceedings. p. 65-90.
- 14 PAZ-VERGARA, J.E.; VASQUEZ, A.; IGLESICS, Y.W.; SEVILLA, J.C. 1980. Root development of the sugarcane cultivars H32 - 8560 and H57 - 5174, under normal conditions of cultivation and irrigation in the Chicama Valley. In Congress ISSCI (17, Manila, Philippines). Proceedings. p. 534-540.
- 15 PEECH, M. 1965. Hydrogen-ion activity p. 914-926 (ASA Monograph no. 9).
- 16 REICOSKY, D.C.; MILLINGTON, R.J.; KLUJE, A.; RETERS, D.B. 1972. Patterns of water uptake and root distribution of soyabeans (*Glycine max*) in presence of a water table. Agronomy Journal 64:292-297.
- 17 RUSSEL, M.B. 1949. Methods of measuring soil structure and aeration. Soil Science 68:25-35.
- 18 RUSSEL, R.S. 1977. Plan root systems: their functions and interaction with the soil. New York, Mc Graw-Hill.
- 19 TROUSE JUNIOR, A.C.; HUMBERTI, R.P. 1961. Some effects of soil compaction on the root development of sugarcane. Soil Science 91:208-217.
- 20 ZIMMERMAN, R.P.; KARDOS, L.I. 1961. Effect of bulk density on root growth. Soil Science 91:280-288.

Índice de Clorofila em Soja¹

C. Costa*, J. A. Costa**

ABSTRACT

A field trial was conducted at Guaíba, Rio Grande do Sul State, Brazil, to evaluate the chlorophyll index of five soybean cultivars: Década, Ivorá, BR-4, BR-1 and Cobb and their relationship with leaf area, leaf area index and grain yield. The chlorophyll index is the amount of chlorophyll per unit of land surface and was evaluated at two growth stages: R₁ (full bloom) and R₂ (beginning of seed formation), reaching the highest values at R₂. Cobb and Década showed the highest chlorophyll index value (expressed in mg dm⁻² of land surface). There were differences among cultivars in relation to the parameters studied, with exception of leaf area index. The hypothesis that the chlorophyll index could be correlated with other parameters determined was not corroborated.

INTRODUÇÃO

A quantidade de clorofila por unidade de área de solo é denominada "Índice de Clorofila", simbolizada por ICL. Este índice pode proporcionar informações similares às do índice de área foliar (IAF), com a vantagem de dar informações qualitativas acerca das tonalidades da cor verde das plantas (15).

O índice de clorofila é, freqüentemente, expresso em mg dm⁻² ou mg m⁻² e tem sido correlacionado com alguns dos parâmetros de crescimento. Brougham (7) trabalhou com inúmeras espécies como milho, trevos branco e vermelho, tendo observado correlação significativa entre a taxa de crescimento dessas culturas e o índice de clorofila. Aruga e Monsi (2) referem que a produção máxima de fitomassa é pos-

RESUMO

Foi conduzido em Guaíba (RS) um ensaio de campo para avaliar o índice de clorofila das cultivares de soja Década, Ivorá, BR-4, BR-1 e Cobb e sua relação com o IAF, área foliar e rendimento de grãos. O índice de clorofila representa a quantidade de clorofila por unidade de área de solo e foi calculado para dois estádios, R₂ (florescimento), R₁ (início do enchimento de grãos) tendo sido maior neste último. Cobb e Década apresentaram os maiores valores de índice de clorofila, expressos em mg dm⁻² de área de solo. As cultivares diferiram com relação aos parâmetros estudados à exceção do I.A.F. Não foi confirmada a hipótese de que o índice de clorofila poderia correlacionar-se com os outros parâmetros determinados.

sível somente quando a clorofila está presente em quantidades suficientemente altas e funcionando ativamente

Ao estudar várias espécies herbáceas, Bray (5) determinou a produção de matéria seca e o índice de clorofila e constatou uma correlação positiva entre ambos. Pilát (20), trabalhando com pastagens, encontrou uma relação linear entre a quantidade de fitomassa produzida em dois períodos sucessivos de crescimento e a clorofila presente por unidade de área de solo. Isto mostra que o índice de clorofila tem dimensões no tempo, o que sugere poder chamar-se a integral do ICL no tempo, mas propriamente de "duração de clorofila" (DC), que seria análoga à duração de área foliar (28). Contudo, o conceito de índice de clorofila é empregado mais freqüentemente. Loomis e Williams (14), citando dados de outros trabalhos, relatam que a duração da área foliar mostrou-se intimamente associada com o rendimento de matéria seca em trigo, cevada, batata e beterraba açucareira.

No entanto, como o conteúdo de clorofila nas plantas superiores não constitui fator limitante à fotossíntese em condições normais para a planta, a existência da relação entre o índice de clorofila e a taxa de crescimento das culturas pode ser devido, mais propriamente, a uma relação entre conteúdo de pigmentos e enzimas limitantes (11). Tal associação entre clorofila e proteínas foi observada em inúmeros trabalhos (12, 25).

¹ Recebido para publicação em 20 abril 1988

Parte da tese apresentada pelo primeiro autor para obtenção de grau de mestre em Fitotecnia, Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

* Av. João Pessoa, 41/304, CEP 90040 Porto Alegre, RS, Brasil.

** Professor Adjunto, Ph.D., Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Cx P 776, CEP 90001, Porto Alegre, RS Bolsista do CNPq.

A fertilização com nitrogênio, por aumentar o número e o tamanho das folhas e a taxa de crescimento da cultura, influi no valor do IAF (26). De igual modo, Madison e Andersen (15) observaram que o ICL foi maior quando se aumentou o nível de fertilização com nitrogênio. Aliás, todas as condições ou fatores que afetam o desenvolvimento vegetal têm, em geral, uma notável influência no padrão de variação de clorofila na planta e, desse modo, podem afetar o valor do índice de clorofila.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o índice de clorofila de cinco cultivares de soja, numa tentativa de relacioná-lo com a área foliar e com o IAF, tendo-se em vista a possibilidade de utilização do índice de clorofila nos estudos de análise de crescimento em soja

MATERIAL E METODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Guaíba. (RS), no ano agrícola de 1984/85

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo cfal, subtropical úmido, com temperatura média do mês mais frio entre 3 e 18°C e a do mês mais quente superior a 22°C (18). A precipitação média anual é de 1 398 mm, sendo que, em dezembro e janeiro, é freqüente a ocorrência de deficiência hídrica (3).

O solo da área pertence à classe Podzólico Vermelho Escuro, distrófico (Paleudult), da unidade de mapeamento São Jerônimo, que revelou, após a análise, a seguinte composição média: pH = 5,7; matéria orgânica = 2,9%; P e K (Mehlich) = 19,2 e 66,0 mg kg ha⁻¹, respectivamente; Ca e Mg trocáveis = 4,2 e 2,1 me dl⁻¹, respectivamente (17).

Neste trabalho foram estudadas cinco cultivares de soja: Década, Ivora, BR-4, BR-1 e Cobb-, sob dois níveis de manejo da fertilidade de solo, com e sem adubação de manutenção

Foram utilizados blocos completos casualizados com quatro repetições e os tratamentos arranjados em parcelas subdivididas. A adubação, com e sem manutenção para a soja, foi estabelecida na parcela principal e as cultivares nas subparcelas. Os folíolos para análise de clorofilas foram coletados em cinco estádios de desenvolvimento que originaram as subparcelas.

Como adubação de manutenção foram aplicados 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato sim-

ples, e 30 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio.

A semeadura foi realizada com uma semeadeira manual "Planet Jr" de uma linha, com regulagem para colocar 35 a 40 sementes por metro de linha. As sementes foram previamente inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, em meio turfoso, e tratadas com Captam-moly na dose recomendada de 1g por kg de sementes. Logo após a semeadura, foram efetivadas regas por aspersão para garantir a germinação e emergência uniformes, e, a partir do início do florescimento, as parcelas foram irrigadas sempre que era necessário, para a manutenção de condições adequadas de umidade no solo. O controle das plantas invasoras foi realizado com aplicação de 2430 g ha⁻¹ do herbicida Metolachlor, em pré-emergência. Para o controle de insetos-pragas, foram feitas três aplicações de inseticidas. Na primeira, aplicou-se Endosulfan; na segunda Monocrotofos e na última uma mistura desses dois produtos nas doses recomendadas.

Determinação de área foliar – Foram colhidas amostras de des plantas consecutivas de uma das linhas da bordadura interna, em R2 (florescimento) e da outra bordadura em R5 (início do enchimento de grãos). De cada planta retiraram-se, aleatoriamente, cinco folíolos, cinquenta no total para cada amostra, dos quais foram obtidos discos (10), com um furador de área conhecida. Após, foram destacados os folíolos restantes, colocando-os, separadamente, em sacos de papel e secos em estufa a 60°C por 72 horas. Em seguida, o material foi pesado e a área foliar calculada através da expressão: $AF = (PSE \times ND \times AD) / PDS$, onde: AF-área foliar total; PSF-peso seco dos folíolos; ND-número de discos; AD – área do disco (1.3071 cm²) e PDS-peso de discos secos.

O índice de área foliar foi calculado dividindo-se a área foliar total pela unidade de área de solo.

Determinação de clorofila – como o conteúdo de clorofila na folha varia nas 24 horas do dia (Bazhanova, 1955), segundo Parshina *et al* (19), as amostras para análise de clorofilas foram colhidas sistematicamente entre as 10:00 e as 13:00 horas, em dias claros e sem chuva. Foram colhidos cinco folíolos, um de cada planta, retirados ao acaso, dentro das duas fileiras da área útil da subparcela. Coletou-se o folíolo central da segunda folha completamente desenvolvida, a partir do ápice do caule, sem o pecíolo. Antes de se destacarem os folíolos da planta, avaliou-se a medida da área foliar dos mesmos, desenhando-se os contornos dos folíolos em papel. Estes desenhos foram recortados e suas áreas determinadas em um integrador de área foliar, considerando-se a soma das mesmas como "área total dos folíolos amostrados (AFA)".

Os folíolos, após colhidos, foram colocados em sacos de polietileno preto e imediatamente colocados em um isopor com gelo seco

Utilizou-se acetona a 80% como solvente para a extração. Esta foi mantida em um isopor com gelo comum, de modo a diminuir os riscos de volatilização. Para a trituração das amostras utilizaram-se 60 ml de acetona e mais 30 ml para a limpeza do filtro e do triturador manual "Brown Minipimer 2". A filtração foi realizada colocando-se o material triturado em um funil de "Büchner", ajustado a um kitasato. Este, envolto em polietileno preto e em isopor com gelo comum, ligado a uma bomba de vácuo através de uma mangueira, recebia o filtrado. O resíduo no funil e no frasco foi triturado uma segunda vez com 40 ml de acetona. Mais 20 ml de acetona foram utilizados para a limpeza do material. O extrato obtido foi colocado em balão volumétrico e seu volume completado para 150 ml, volume de acetona inicialmente gasto

A leitura do extrato, previamente diluído com acetona, foi feita em um espectrofotômetro "Variant Tecnotron 634", em cubetas de 1 cm (6, 24). O cálculo da quantidade de clorofila foi efetuado utilizando-se as equações apresentadas a seguir (6):

$$\text{Clorofila a} = \left\{ \frac{[(12.7 A_{663} - 2.7 A_{645}) \cdot fd] \cdot fc}{A_{fA}} \right\} \text{ mg dm}^{-2}$$

$$\text{Clorofila b} = \left\{ \frac{[(22.9 A_{645} - 4.7 A_{663}) \cdot fd] \cdot fc}{A_{fA}} \right\} \text{ mg dm}^{-2}$$

$$\text{Clorofila total} = \text{clorofilas (a + b)} = \text{mg dm}^{-2}$$

$$\text{Índice de Clorofila} = (A_{f \text{ total}} \times C_{\text{tot}}) / AU = \text{mg dm}^{-2} \text{ de área de solo.}$$

Onde: A – absorvância no comprimento de onda 645 e 663 nm;

AFA – área total de folíolos amostrados (cm²); Af total – área foliar total da parcela (cm²); Ctot = clorofila total (mg dm⁻²); fc – fator de correção de quantidades de clorofilas em mg l⁻¹ para a quantidade em mg nos 150 ml de extrato utilizado; neste trabalho o fc é igual a 0.15

No período de maturação de colheita, plantas inteiras da área útil da subparcela foram colhidas e trilhadas, e o rendimento de grãos expresso em kg ha⁻¹ à unidade padrão de 13%

RESULTADOS

Como não houve significância estatística com relação ao fator adubação de manutenção os resultados apresentados referem-se aos da média dos dois ensaios, nos estádios R2 (florescimento) e R5 (início do enchimento de grãos).

Os conteúdos de clorofila total, expressos em (mg dm⁻²), variaram significativamente entre cultivares nos dois estádios. Houve interação entre cultivares e estádios de desenvolvimento. Década e Ivorá apresentaram diferenças nos conteúdos de clorofila total entre os dois estádios, sendo que os maiores valores ocorreram no estádio R5 (Tabela 1). Em R2, a BR-4 apresentou o maior valor de clorofila total, que foi 28% superior ao da média das cultivares, sendo que as diferenças entre elas foram de 40%. No estádio R5, as diferenças entre cultivares foram menores (32%) quando comparadas com as do estádio R2 (Tabela 1).

A área foliar média em R2 não diferiu daquela em R5 (Tabela 1). Foram observadas diferenças entre cultivares. Chama a atenção a grande produção de área foliar da cultivar Cobb, em R5, figurando também entre as de maior valor em R2. As maiores variações entre cultivares, com relação a área foliar, foram observadas em R5 (58%), quando comparadas com aquelas constatadas em R2 (43%).

Pode-se observar que o IAF foi semelhante entre cultivares nos dois estádios, apesar de os valores desse índice terem sofrido variações de até 29% (Tabela 1).

O índice de clorofila (ICL) foi calculado em função das quantidades de clorofila total e representa, neste trabalho, a quantidade de clorofila por unidade de área da parcela útil (Tabela 1). No estádio R2, não houve diferenças entre cultivares. Em R5, tais diferenças foram de até 51% sendo o maior valor do ICL aquele observado para Cobb (1.65 mg dm⁻² de área de solo) que não diferiu daquele observado para Década (Tabela 1).

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os valores do ICL encontrados neste trabalho podem ser considerados baixos, comparados aos da literatura e devem estar relacionados à maior produção de área foliar total que não foi proporcional à de clorofila (Tabela 1). Isto pode ser constatado através dos baixos valores da relação entre a área foliar e o conteúdo de clorofila total. A grande produção de área foliar deve estar, em princípio, associada à baixa população de plantas (ha⁻¹) observada, cujo desenvolvimento foi favorecido pelas regas efetivadas em grande parte do ciclo de desenvolvimento da planta.

Relatos de outros trabalhos mostram que, de um modo geral, há ampla variabilidade entre as variedades e espécies com relação ao ICL. Em "Populus", o ICL foi de 3 mg dm⁻² no início de desenvolvimento e de 5.9 mg dm⁻² em final de ciclo Bray, (5). Em estudos

com gramíneas, foram encontrados valores de ICL entre 4 e 21 mg dm⁻² (15)

Chama-se a atenção para o fato de que, no método de cálculo do ICL, considera-se que todas as folhas das plantas apresentam conteúdos semelhantes de clorofilas. Contudo, sabe-se que as diferentes partes de uma folha, assim como, os estratos da planta, apresentam conteúdos diferentes de clorofila (16, 23). Neste último caso, as diferenças no conteúdo de clorofila relacionam-se com o auto-sombreamento da planta, fato este que se reveste de grande importância na soja, na qual praticamente toda a radiação incidente é interceptada na camada externa do dossel (29). As folhas sombreadas tem, em geral, maiores conteúdos de clorofila b do que de clorofila a, quando comparadas com as não-sombradas (4, 5)

A magnitude dos erros devido a tal generalização deve variar com o tipo de planta. Isto é, em comunidades de plantas de folhas eretas, o problema do auto-sombreamento tende a ser menor. Nesse caso, ao assumir-se que todas as folhas das plantas tem conteúdo semelhante de clorofila a margem de erro é reduzida. Portanto, parece ser importante considerar esses aspectos, quando se calcula o ICL de plantas com diferentes tipos de disposição e arranjos de folhas. Deve-se considerar, também, que há variações no conteúdo de clorofila entre variedades de uma mesma espécie (9, 21). Tais variações podem, em princípio, explicar aquelas relacionadas ao ICL.

Um outro fato a ser considerado é que as leguminosas tem em geral, possibilidade de fixar nitrogênio quando em simbiose com o rizóbio específico. Nesse

caso, pode-se especular que plantas com simbiose melhor estabelecida e com maior eficiência de fixação de nitrogênio teriam, provavelmente, maior valor de ICL. Em milho, por exemplo, Andreeva *et al.* (1) observaram que doses de nitrogênio duas a três vezes maiores do que aquela considerada normal para a cultura, aumentaram o conteúdo de clorofila nas folhas, contudo, não ocasionaram aumento na taxa fotossintética. Madison e Andersen (15) constataram que a fertilização teve efeito positivo no valor do ICL. Essa influência dos níveis de nutrientes no solo sobre esse índice foi devido, segundo os autores, mais propriamente a um aumento no número de folhas do que na elevação dos níveis de clorofila nas folhas. Neste trabalho não foi feita a contagem do número de folhas das plantas, o que teria sido útil como observação adicional. De qualquer modo, a análise de solo realizada antes da semeadura e após a colheita indicou níveis semelhantes de nutrientes para os dois ensaios, o que resultou em não significância para o fator adubação de manutenção.

Baseando-se no valor do ICL, observa-se que a cultivar BR-4, com maior rendimento de grãos (Tabela 1), não apresentou maior valor desse índice. Este fato confirma a expectativa inicial, uma vez que não se esperava que o ICL, isoladamente, pudesse explicar o rendimento dessa cultivar. Isto porque o rendimento de grãos é determinado por um conjunto de fatores que atuam durante todo o crescimento e desenvolvimento das plantas. Clements (8) revisou alguns desses fatores enfatizando a importância da inter-relação dos mesmos. O ICL têm sido correlacionado com a produção total de matéria seca Madison e Andersen, (15) e não com o rendimento de grãos de uma forma direta, uma vez que esta relação é extremamente complexa e envolve virtualmente cada gene da planta (27).

Tabela 1. Área foliar, IAF, clorofila total, índice de clorofila e rendimento de grãos de cinco cultivares de soja em experimento conduzido na EEA/UFRGS, RS, no ano agrícola de 1984/85.

Cultivar	Área foliar		IAF		Clorofila total		Índice de clorofila		Rendimento de grãos
	R2	R5	R2	R5	R2	R5	R2	R5	
	cm ²		mg dm ⁻²		mg dm ⁻² de área de solo		kg ha ⁻¹		
Década	207.88 BC	212.20 B	6.62	6.74	b 1.57	a 3.15 A	0.64	1.34 AB	2.689
Ivorá	270.96 A	176.61 B	6.20	6.90	b 1.41	a 2.77 AB	0.77	0.96 BC	3.229
BR-4	200.94 C	185.60 B	7.24	6.56	a 2.35	a 2.62 B	0.87	0.97 BC	3.394
BR-1	153.97 C	147.01 B	8.14	7.77	a 1.67	a 2.81 AB	0.52	0.80 C	2.964
Cobb	267.20 AB	353.96 A	8.74	8.22	a 1.51	a 2.15 B	0.84	1.65 A	3.066
Média	220.19	215.08	7.34	7.24	1.70	2.70	0.73	1.14	

Médias antecedidas de mesma letra minúscula na linha e precedida de mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de DUNCAN ao nível de 5%.

Os valores médios de IAF foram sensivelmente maiores do que aqueles relatados em outros trabalhos (13, 22) em soja (Tabela 1). Os altos valores de IAF resultam daqueles observados com relação à área foliar da qual aquele depende.

Não foi verificada a hipótese de que o ICL poderia estar correlacionado com alguns dos parâmetros estudados, na medida em que os coeficientes de correlação obtidos não foram significativos. Em alguns casos, o ICL tem-se correlacionado mais com os parâmetros do crescimento do que o IAF (15). Isto pode

representar uma vantagem no uso desse índice comparativamente ao do IAF. Além disso, ao determinar-se o ICL, tem-se a informação do conteúdo de clorofila que é utilizado na sua quantificação e pode ser de grande importância em trabalhos de seleção de genótipos para alta taxa fotossintética. A associação desses dois índices, IAF e ICL, poderá resultar em maior vantagem na medida em que as informações por eles fornecidas são, até certo ponto, complementares. De qualquer forma, o uso generalizado do ICL, em análise de crescimento em soja, requer mais estudos buscando associar esse índice com fatores que determinam o rendimento.

LITERATURA CITADA

- ANDREEVA, T.F.; Avdeeva, T.A.; VLASOVA, M.P.; THYOK, N.T.; NICHIPOROVICH, A.A. 1971. Effect of nitrogen nutrition on the structure and function of the photosynthetic apparatus in plants. *Soviet Plant Physiology (New York)* 18(4): 591-597.
- ARUGA, Y.; MONSI, M. 1963. Chlorophyll amount as an indicator of matter productivity in bio-communities. *Plant and Cell Physiology* 4:29-39.
- BELTRAME, J.F. DE S.; TAYLOR, J.C.; CAUDURO, F.A. 1979. Probabilidade de ocorrência de déficits e excessos hídricos em solos do Rio Grande do Sul Porto Alegre, Bras., Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS 79 p.
- BJORKMAN, O.; HOLMGREN, P. 1963. Adaptability of the photosynthetic apparatus to light intensity in ecotypes from exposed and shaded habitats. *Physiologia Plantarum* 16:889-914.
- BRAY, J.R. 1960. The chlorophyll content of some native and managed plant communities in Central Minnesota. *Canadian Journal of Botany* 38:313-333.
- BRUINSMA, J. 1963. The quantitative analysis of chlorophylls a and b in plant extracts. *Photochemical and photobiological (chlorophyll metabolism symposium)* Elmsford 2:241-249.
- BROUGHAM, R.W. 1960. The relationship between the critical leaf area, total chlorophyll content, and maximum growth rate of some pasture and crop plants. *Annals of Botany* 24(96):463-474.
- CLEMENTS, H.F. 1964. Interaction of factors affecting yield. *Annual Review of Plant Physiology* 15:409-442.
- COSTA, C. 1986. Conteúdo de clorofilas nas folhas em diferentes estádios de desenvolvimento e rendimento de grãos em cultivares de soja. *Dissert. Mag. Sc.* Porto Alegre, Bra., UFRGS, Faculdade de Agronomia. 152 p.
- COSTA, J.A.; COSTA, O.M.M. Avaliação de caracteres fisiológicos associados ao rendimento da soja. In *Seminário Nacional da Pesquisa da Soja* (2., 1981, Brasília, Bra.). Brasília, Bra., EMBRAPA. p. 50-61.
- GABRIELSEN, E.K. s.f. Effects of different chlorophyll concentrations on photosynthesis in foliage leaves. *Physiologia Plantarum* 1:5-37.
- KIRK, J.I.O.; ALLEN, R.L. 1965. Dependence of chloroplast pigment synthesis on protein synthesis: effect of actidione. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 21(6):523-530.
- KOLLER, H.R.; NYQUIST, W.E.; CHORUSH, I.S. 1970. Growth analysis of the soybean community. *Crop Science* 10(4):407-412.
- LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. 1963. Maximum crop productivity; an estimate. *Madison, Wisc. v. 3*, p. 67-72.
- MADISON, J.H.; ANDERSEN, A.H. 1963. A chlorophyll index to measure turfgrass response. *Agronomy Journal* 55:461-464.
- MARGALEF, R. 1977. *Producción Primaria*. In *Ecología* Barcelona, Omega. Cap. 5, Pt. 4 p. 435-472.
- MIELNICZUK, J.; LUDWIG, A.; BOHNEN, H. 1969. Recomendação de adubo e calcário para os solos do Rio Grande do Sul Porto Alegre, Bra., UFRGS, Faculdade de Agronomia. 38 p. (Boletín Técnico no. 2).
- MORENO, J.A. 1961. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Secretaria de Agricultura. 41 p.
- PARSHINA, Z.S.; NAZARENKO, S.D.; BEDENKO, V.P. 1969. Diurnal variation in plastid pigment content in wheat leaves. *Soviet Plant Physiology* 16(3):346-351.
- PILAI, A. 1967. Chlorophyll content and dry matter production in five meadow communities. *Photosynthetica Praha* 1:253-257.

- 21 RAMANUJAM, T.; IOS, J.S. 1984 Influence of light intensity on chlorophyll distribution and anatomical characters of cassava leaves Turrialba 34(4): 467-471
- 22 SANTOS FILHO, B.G.; MADRUGA, L.A.N.; PETERS, J.A.; FARIAS, C.A. 1979. Análise de crescimento de duas linhagens de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em Pelotas, R.S. In Seminário Nacional da Pesquisa da Soja (I., 1978, Londrina, Bra.) Anais. Londrina, Bra., EMBRAPA/CNPSo V. 2, p. 347-361
- 23 ŠESTÁK, Z.; BARTOŠ, J. 1962. Photosynthesis and chlorophyll content in different areas of fodder cabbage leaves *Biologia Plantarum* 4(1):47-53
- 24 ŠESTÁK, Z.; ČAISKY J.; JARVIS, P.G. 1971 Determination of chlorophyll a and b In *Plant Photosynthetic Production Manual of Methods* Ed by N.V. Junk
- 25 SIDERIS, C.P.; YOUNG, H.V. 1944 Effects of potassium on chlorophyll, acidity, ascorbic acid, and carbohydrates of *Ananas comosus* (L.) Merr. *Plant Physiology* Rockville 20(4):640-670.
- 26 STONE, L.F.; STEINMETZ, S. 1979. Índice de área foliar e adubação nitrogenada em arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 14(1):25-28
- 27 WALLACE, D.H.; OZBUN, J.L.; MUNGER, H.M. 1972. Physiological genetics of crop yield *Advances in Agronomy* 24:97-146.
- 28 WATSON, D.J. 1952. The physiological basis of variation in yield *Advances in Agronomy* 4:101-145.
- 29 WHIGHAM, D.K. 1983 Soybean In *Symposium on Potential Productivity of field crops under different environments* Manila, International Rice Research Institute p. 205-225

Effect of Ewe Weight gain During Pregnancy, Type of Birth, Sex and Ram Breed on Lamb Performance¹

C. Tizikara*, O. Chiboka*

ABSTRACT

In a crossbreeding study involving the mating of West African Dwarf (WAD), Yankasa, 1/2 Permer 1/2 WAD, and 1/2 Uda 1/2 WAD rams with WAD ewes, the crossbred rams were found to compete favourably with the purebreds in transmitting good qualities like heavier birth weights, higher twinning rates and faster growth rates. The 1/4 Uda 3/4 WAD and 1/2 Yankasa 1/2 WAD lambs were heaviest at birth. The straightbred WAD had the lowest birthweights while the 1/4 Permer 3/4 WAD lambs were intermediate, being not significantly ($P > 0.05$) different from any of the other groups. The Permer crosses grew at significantly lower rates to be lighter than the Yankasa and Uda crosses at 50 and 90 days, while the WAD were not significantly different from any of the other breed groups. At 180 days, the Uda crosses were significantly ($P < 0.05$) heavier than both the straightbred WAD and Permer crosses but not the Yankasa crosses. Single lambs were heavier at birth and also gained at faster rates to maintain the weight advantage at subsequent ages. Males were not significantly heavier than females at birth but grew faster to be heavier at 50, 90 and 180 days. Significant ($P < 0.01$) interaction effects were observed between ram breed, type of birth and sex of lamb.

¹ Received for publication 20 July 1987

* Department of Animal Science, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria

COMPENDIO

En un estudio de cruzamientos realizados con carneros de dos razas: West African Dwarf (WAD) y Yankasa, y dos cruces: 1/2 Permer 1/2 WAD, y 1/2 UDA-1/2 WAD, con ovejas WAD, se encontró que los carneros resultantes de esos cruces compitieron favorablemente con los progenitores puros en cuanto a transmisión de algunas características ventajosas, como pesos mayores de las crías al nacer, tasas de nacimiento de gemelos más altas y tasas de crecimiento más altas. Las ovejas 1/4 UDA-3/4 WAS y 1/2 Yankasa-1/2 WAD tuvieron pesos más altos al nacer más bajos en tanto que las 1/4 Permer 3/4 WAD fueron intermedias en este carácter no siendo significativamente diferentes ($P < 0.05$) de ninguno de los otros grupos. Los cruces Permer crecieron con tasas significativas más bajas siendo más livianas que los cruces Yankasa y UDA, a los 50 y 90 días, en tanto que los cruces WAD no fueron significativamente diferentes a los otros grupos de razas. A los 180 días, los cruces UDA fueron significativamente ($P < 0.05$) más pesados que los WAD puros y que los cruces Permer, pero no más que los cruces Yankasa. Las ovejas nacidas como vía única en el parto fueron más pesadas al nacer y también tuvieron tasas de ganancia de peso más altas manteniendo más ventaja en peso en edades posteriores. Al nacimiento, los carneros no fueron significativamente más pesados que las ovejas pero crecieron más rápidamente y fueron más pesados a los 50, 90 y 180 días, se observaron efectos significativos ($P < 0.01$) de interacción entre la raza del carnero padre, el tipo de parto (cría única o múltiple) y sexo de la cría con la tasa de crecimiento de las crías.

INTRODUCTION

It has been recommended (26) that the weight of a pregnant animal should increase enough to offset the weight of the fetus, fetal fluids and placenta with a moderate additional increase in body weight of animals in average condition. Ensminger (10) had earlier indicated that temperate ewes should gain in weight during the entire period of pregnancy making a total gain of 6.8-9.1 kg for the period. Ewes should enter the nursing period with some reserve flesh, because the lactation requirements are more rigorous than those of the gestation period. Younis *et al.* (27) indicated that there are optimum levels in gain during pregnancy which will lead to high pre-weaning lamb performance. Chiboka (8) pointed out that the optimum levels of weight gain during pregnancy for WAD sheep have not been worked out

Breed differences in liveweights and growth rates and the ability of superior breeds to transmit some of their desirable traits are too well-known to be over-emphasised. The use of crossbred males in improvement programmes is only starting to gain ground in swine and beef production (14). This study was conducted to assess the amount of weight in excess of the results of conception (gain during pregnancy) gained by WAD ewes and how this is related to the performance of their lambs in the first 50 days of life. The study also sought to evaluate crossbred (F_1) rams as improved animals against one of their parent breeds (WAD) and pure Yankasa.

MATERIALS AND METHODS

Data Collection

Ten West African Dwarf ewes were hand-mated to one each of selected WAD, Yankasa, 1/2 Permer 1/2 WAD and 1/2 Uda 1/2 WAD rams. Bred animals were kept in separate pens and examined for re-breeding, if they returned on heat, from day 17 to day 20 after the last breeding. The procedures followed for checking heat and ascertaining proper breeding were as described by Chiboka (8) and Tizikara and Chiboka (20). The weights of the ewes at breeding, prior to lambing (2-5 days) and at 50 days *post partum* were taken and, together with the weights of their lambs at birth and 50 days, were used to establish the relationship between ewe liveweight, gain during pregnancy and lamb daily gain. Fifteen more ewes were pasture-bred to each of Yankasa and WAD rams by allowing them to run together for 40 days. The ewe together with its lamb(s) would be introduced to a ram at 50 days, in an accelerated lambing programme.

All lambs were weaned by physical separation from their dams at 90 days so as to eliminate any maternal

influences and allow a more realistic comparison of sire breed effects on lamb growth. Nursing ewes and their lambs were kept in small groups of 5-10 ewes, fed forages *ad libitum* and given concentrate supplements twice a day. Water was available *ad libitum*. Weaned lambs were, in addition to forages, fed on a concentrate ration containing approximately 16% crude protein (corn, 70%; groundnut cake, 18%; palm kernel meal, 10%; bone meal, 1%; agricare; 0.5%; salt, 0.5%) up to 180 days of age.

All animals were housed in barns designed to suit tropical humid conditions. These have an asbestos roofing, a service corridor running along its length and animal pens fitted with water and concentrate feed troughs and forage racks. All pens open to the paddocks so that animals are free to get into the barn or go to the pastures as they so wish. The long sides of the barn are built of wooden planks spaced about 10-20 cm apart up to 1 m from the concrete floor, the rest of the space being open. This allows free air circulation. A trough always water-filled runs along the whole perimeter of the barn to check ants and other crawling insects. The animals were inspected twice a week for ticks and their feet dipped in acaricide while the whole animal was dipped once a month and deworming done once every fortnight.

Data analysis

Ram breed, type of birth (twin or single) and sex of lamb (male or female) and their interaction effects on lamb weights and rates of gain were analysed in a 4 x 2 x 2 factorial design. Significant differences between means were determined using Duncan's New Multiple Range Test. All statistical analyses and comparisons were done following the procedures described by Steel and Torrie (17).

RESULTS AND DISCUSSION

Live weights

Table 1 shows the mean squares from the analysis of variance of effects of sire breed, type of birth and sex on lamb weights. The mean weights are presented in Table 2. Sire breed, sex and type of birth effects were significant ($P < 0.01$) at all ages except those of sex at birth. Interaction effects were mainly significant ($P < 0.01$) at 50 days.

Table 3 shows that twin lambs born in either monozygotic or heterozygotic sets showed no significant ($P > 0.05$) differences in weights at birth, 90 and 180 days between the sexes. The monozygotic twins, however, tended to have higher birth weights than heterozygotic twins. Males born in heterozygotic sets

Table 1. Mean squares from the ANOVA of effects of sire breed, type of birth and sex on lamb weights.

Source of variation	Birth		50 days		90 days		180 days	
	d.f	MS	d.f	MS	d.f	MS	d.f	MS
Sire breed	3	1.35**	3	16.73**	3	15.61*	3	54.45**
Type of birth	1	6.42**	1	84.79**	1	86.29**	1	116.04**
Sex of lamb	1	0.27NS	1	169.45**	1	22.09*	1	61.34**
Breed x Type	3	0.65*	3	4.88NS	3	3.80NS	3	5.61NS
Breed x Sex	3	0.35NS	3	31.72**	3	12.09NS	3	11.41NS
Type x Sex	1	0.27NS	1	125.32**	1	1.65NS	1	6.16NS
Breed x Type x Sex	3	0.16NS	3	34.42**	3	12.71NS	3	6.19NS
Lambs (Error)	55	0.16	52	2.44	21	4.28	19	6.53

d f – degrees of freedom; MS – Mean squares

* Significant at $P < 0.05$ ** Significant at $P < 0.01$

NS Non-significant

Table 2. Means of lamb weights as affected by sire breed, type of birth and sex of lamb.

Sire breed	Birth type	Sex	Age of lamb, d							
			Birth	50		90		180		
Overall	Single	M	(19) ¹	2.70 ± 0.47 ^e	(19)	10.11 ± 2.63 ^c	(11)	10.60 ± 2.08 ^{cd}	(10)	18.15 ± 3.30 ^c
		F	(18)	2.67 ± 0.36 ^c	(17)	8.18 ± 1.97 ^b	(14)	9.54 ± 2.46 ^{cd}	(14)	15.84 ± 3.22 ^b
	Twin	M	(12)	2.08 ± 0.39 ^b	(11)	7.59 ± 2.05 ^b	(5)	8.14 ± 2.19 ^{ac}	(4)	14.80 ± 2.64 ^{ab}
		F	(22)	2.05 ± 0.40 ^b	(21)	6.59 ± 2.05 ^{ab}	(7)	6.74 ± 0.95 ^{ab}	(7)	11.79 ± 2.22 ^a
WAD	Single	M	(6)	2.43 ± 0.42 ^d	(6)	7.15 ± 3.08 ^b	(2)	8.00 ± 0.00 ^{ac}	(2)	13.30 ± 0.99 ^{ab}
		F	(4)	2.33 ± 0.33 ^{cd}	(4)	7.05 ± 2.12 ^b	(2)	9.20 ± 1.70 ^{bd}	(2)	12.90 ± 0.14 ^{ab}
	Twin	M	(5)	1.88 ± 0.48 ^a	(4)	7.15 ± 1.01 ^b	(2)	9.80 ± 1.70 ^{cd}	(1)	16.60 ± 0.00 ^{bc}
		F	(13)	1.99 ± 0.42 ^a	(12)	6.62 ± 1.71 ^b	(2)	7.85 ± 0.35 ^{ac}	(2)	11.00 ± 2.26 ^a
Yankasa	Single	M	(9)	2.79 ± 0.42 ^{ef}	(9)	9.73 ± 1.89 ^c	(5)	11.28 ± 1.22 ^{cd}	(4)	18.88 ± 1.75 ^c
		F	(10)	2.69 ± 0.30 ^c	(9)	7.52 ± 1.85 ^b	(9)	8.71 ± 2.14 ^{bc}	(8)	14.84 ± 2.40 ^b
	Twin	M	(6)	2.17 ± 0.27 ^{bc}	(6)	8.27 ± 2.45 ^b	(2)	10.10 ± 2.83 ^{cd}	(2)	14.60 ± 3.96 ^{ab}
		F	(6)	2.17 ± 0.47 ^{bc}	(6)	7.55 ± 2.03 ^b	(2)	9.70 ± 0.00 ^{cd}	(2)	13.95 ± 3.32 ^{ab}
½ Permer	Single	M	(1)	3.50 ± 0.00 ^g	(1)	8.70 ± 0.00 ^{bc}	(1)	13.50 ± 0.00 ^d	(1)	22.00 ± 0.00 ^c
		F	(0)	–	(0)	–	(0)	–	(0)	–
½ WAD	Twin	M	(1)	2.50 ± 0.00 ^{de}	(1)	5.30 ± 0.00 ^a	(1)	7.90 ± 0.00 ^{ac}	(1)	13.40 ± 0.00 ^{ab}
		F	(3)	2.07 ± 0.15 ^b	(3)	4.37 ± 0.20 ^a	(3)	5.70 ± 0.70 ^a	(3)	10.87 ± 0.42 ^a
½ Uda	Single	M	(3)	2.67 ± 0.50 ^e	(3)	11.70 ± 3.46 ^c	(3)	14.00 ± 2.50 ^d	(3)	19.13 ± 2.25 ^c
		F	(4)	2.98 ± 0.26 ^f	(4)	7.68 ± 0.52 ^b	(4)	11.78 ± 2.12 ^d	(4)	19.33 ± 2.60 ^c
½ WAD	Twin		(No twin births were obtained)							

WAD = West African Dwarf = M = Male; F = female.

a, b, c, d, e, f, g: Means within the same column bearing the same superscript are not significantly different at the 5% level

1 In parentheses, the number of observations.

also tended to have higher weights at 90 and 180 days than either heterozygotic or homozygotic females.

Breed differences in liveweights and other characteristics of Nigerian sheep have been described at length by Adu and Ngere (2). More importantly to be noted from this study is that these breed differences can be favourably transmitted by crossbred sires as efficiently as purebred sires. This conclusion is based on a comparison of the results in this study and those on crosses between WAD ewes and pure Uda and Permer rams reported in the literature (9, 18).

Sex effect on birth weights is contradictory. Whereas this did not significantly ($P > 0.05$) affect birth weight in this study (Table 1), as was also reported by various researchers, as reviewed by Ademosun *et al* (1), significantly heavier birth weights for males than for females have more often been reported. Males were heavier than females in the 1/4 Permer 3/4 WAD twin lambs (Table 2); Ferguson (11) found female Yankasa lambs to be heavier (4.0 kg) than males (3.5 kg) and Martinez (15) has reported similar results with other breeds of sheep. The 1/4 Uda 3/4 WAD female lambs were heavier than males in this study (Table 2).

Type of birth, consistently, has been shown to affect birth weights, singles always being heavier than multiples. Martinez (15) reported that type of birth significantly affected weaning weights of WAD sheep but that reports on crossbreds were contradictory. He also found type of birth effects to have largely disappeared by the age of six months, although there was a tendency for triplets and twins to be lighter than singles. On the other hand, there are some reports (15) where type of birth had a significant effect on six-month weight, while sex of lamb did not have.

With regard to interpretation of the interaction effects observed (Tables 1 and 4), it is important to

note that second-order interaction effects override first-order interaction effects, which also override main effects. Breed x type of birth effects on birth weights may be taken to mean that, although lambs of heavier sire breeds were heavier than those of lighter breeds, the weights of their twin and male lambs could have been limited by the ultimate body size of the ewes. By 50 days, these interaction effects imply inadequate supply of milk from the ewes. These interaction effects gradually disappeared as lambs became older and started depending more on feed than on milk.

Mrode (16), in a comprehensive review of the literature, asserted that birthweight and growth rate are definite breed characteristics with ranges of variation that are dependent on the size, weight, age, nutrition, parity, and physiological constitution of the dam. They are also dependent on prevailing environmental, climatic and seasonal conditions, genetic constitution of the sire and fetus and the sex of the newborn. A positive correlation exists between birth weight and subsequent weights; reports on genetic and phenotypic correlations (7, 16, 18) indicate that birth weights could be used to predict subsequent body weights. The presence of significant interaction effects between some of the factors that affect weights at birth, 50 and 90 days (pre-weaning period) and not at 180 days (Table 1) suggests a strong maternal effect. This may be linked to maternal uterine capacity (19, 21, 22) and the ability of the dam to provide adequate nutrition *in utero* and during the suckling period. Nevertheless, selection for body weight at early stages is bound to result in rapid improvement of the trait at subsequent ages because of the high correlations reported and the large variation observed, not only in lambs (Table 2) but also in older ewes (22). Much of this variation, however, is attributed to environmental influences, such as feeding, on the degree of fatness (6).

Table 3. Effect of litter composition at birth on lamb weights at birth, 90 and 180 days of age (kg).

Composition	Age of lamb, d					
		Birth		90		180
All males	(4) ¹	2.15 ± 0.13 ^a	(0)	—	(0)	—
All females	(14)	2.16 ± 0.36 ^a	(3)	6.50 ± 1.55 ^b	(3)	0.53 ± 0.99 ^c
Males	(8)	2.04 ± 0.48 ^a	(5)	8.54 ± 2.01 ^b	(4)	14.80 ± 2.64 ^c
Mixed Sex						
Females	(8)	1.85 ± 0.41 ^a	(4)	5.93 ± 1.14 ^b	(14)	12.73 ± 2.55 ^c

a, b, c Means with the same superscript within the same column are not significantly different at the 5% level.

1 In parentheses, the number of observations

Table 4. Mean squares from the ANOVA of effects of sire breed, type of birth and sex on lamb rates of gain.

Source	0-50 days		0-90 days		90-180 days		0-180 days	
	df	MS	df	MS	df	MS	df	MS
Sire breed	3	5 818*	3	1 393NS	3	1 911**	3	1 876*
Type of birth	1	19 281**	1	7 104**	1	459NS	1	2 633*
Sex of Lamb	1	153 559**	1	5 365*	1	1 028*	1	1 714*
Breed x Type	3	19NS	3	3 413*	3	366NS	3	129NS
Breed x Sex	3	43 061**	3	3 198*	3	100NS	3	240NS
Type x Sex	1	139 112**	1	9 486**	1	185NS	1	194NS
Breed x Type x Sex	3	44 898**	3	9 319**	3	42NS	3	87NS
Lambs (Error)	52	1 601	21	1 601	21	861	19	439

df degrees of freedom; MS - Mean squares.

* Significant at $P < 0.05$

** Significant at $P < 0.01$

NS Non-significant

It was observed that although type of birth still had significant ($P < 0.01$) effects at 180 days (Table 1), actual differences in weights of twins and singles, in the pooled data (Table 2), were not significant. The rate of twinning has a great impact on ewe productivity, especially in areas where sheep are managed in small flocks and where feed supply is adequate all or most of the year (i.e., where survival of twins is sufficiently high so that twins mean more progeny that will reach market and breeding age). Fitzhugh and Bradford (12) have suggested the possibility of a major gene affecting variability in litter size. They suggest that an increase in variability in litter size could contribute to larger average litter sizes. Experimental results indicate that this could also be done through selection (24, 25).

The data on crossbred sheep also provide evidence of the ability of some breeds to transmit their high potential for prolificacy. Ewes which had twins had more total lamb mass at weaning (90 days) and 180 days than those with singles (Table 2). This meant higher productivity indices for the twinning ewes than those with singles. In other work (1, 10, 20), the Permer breed and its crosses have also displayed such a potential.

Rates of gain

Breed differences in rates of gain of indigenous Nigerian breeds, when compared together or with exotics and/or crosses, have been reported by several workers. The lack of significant ($P > 0.05$) sire breed effects on rates of gain during the suckling stage between 0 and 90 days (Table 4), agrees with the report of Martinez (15) on Barbados Blackbelly, West

African, Criollo and Blackhead Persian sheep breeds. He also observed significant breed effects on average daily gain between 90 and 180 days similar to the results of the present study.

The effects of sex on the growth of ruminant livestock has been shown to be associated with differences in pituitary gland size and activity (5). Trenkle (23) also reported that somatotrophic hormone (STH) or growth hormone levels in serum were higher with lower fractional turnover rates in males than in females. This partly explains the higher growth rates observed with males than with females (Table 5). Baird *et al.* (4) have suggested that genetic selection for body size in domestic animals could be associated with such factors as pituitary gland size and activity and STH levels.

Martinez (15) reported that type of birth had significant effects on average daily gain during the preweaning phase (0-90 days), but not during the next 90 days. In the present study, lambs born in multiple sets gained at slower rates than singles during the suckling period. Although type of birth had no effect on gain during the 90-day period after weaning, twins tended to gain more weight than singles. However, during the overall 180-day period, singles gained more than twins (Table 5). On the other hand, Gonzalez Staghano (13) observed that twins gained weight at slower rates than singles between 0-30, 30-90 and 90-120 days.

Differences in growth rates between singles and twins are mainly due to the level of nutrition they are subjected to. During the preweaning period, this specifically refers to the ewes' milk-producing ability

Table 5. Means of lambs' rates of gain as affected by sire breeds, type of birth and sex of lamb, g/day.

Sire breed	Birth type	Sex	Age of lamb, d							
				0-50		0-90		90-180		0-180
Overall	Single	M	(19) ¹	143.6 ± 31.8 ^{de}	(11)	86.9 ± 19.2 ^b	(10)	84.3 ± 18.2 ^{de}	(10)	85.8 ± 17.0 ^{bc}
		F	(17)	115.5 ± 35.4 ^{cd}	(14)	76.0 ± 25.8 ^b	(14)	70.0 ± 17.7 ^{bc}	(14)	73.0 ± 16.7 ^{bc}
	Twin	M	(11)	93.4 ± 33.9 ^{ac}	(5)	65.1 ± 25.3 ^{ab}	(4)	69.7 ± 11.8 ^{bc}	(4)	69.2 ± 16.2 ^{ac}
		F	(21)	82.0 ± 32.1 ^{ab}	(7)	41.3 ± 10.8 ^a	(7)	67.1 ± 26.4 ^{bc}	(7)	54.2 ± 13.2 ^a
WAD	Single	M	(6)	150.5 ± 63.5 ^{de}	(2)	61.7 ± 00.8 ^{ab}	(2)	58.9 ± 11.0 ^{ab}	(2)	60.3 ± 5.9 ^{ab}
		F	(4)	156.3 ± 38.2 ^e	(2)	77.2 ± 30.9 ^b	(2)	41.1 ± 17.3 ^a	(2)	59.2 ± 1.2 ^{ab}
	Twin	M	(4)	102.3 ± 19.2 ^{ac}	(2)	72.8 ± 30.6 ^{ab}	(1)	62.2 ± 0.0 ^{ac}	(1)	78.3 ± 0.0 ^{bc}
		F	(12)	92.3 ± 32.1 ^{ac}	(2)	48.3 ± 19.6 ^a	(2)	51.7 ± 5.5 ^{ab}	(2)	50.0 ± 12.6 ^a
Yankasa	Single	M	(9)	138.9 ± 35.2 ^{de}	(5)	93.8 ± 14.8 ^b	(4)	83.6 ± 15.2 ^{cc}	(4)	90.0 ± 10.5 ^{bc}
		F	(9)	96.1 ± 34.8 ^{ac}	(8)	64.9 ± 23.7 ^{ab}	(8)	70.4 ± 8.8 ^{bd}	(8)	67.6 ± 12.8 ^{ac}
	Twin	M	(6)	122.0 ± 50.8 ^{cc}	(2)	60.0 ± 5.7 ^{ab}	(2)	77.8 ± 12.6 ^{bc}	(2)	68.9 ± 25.1 ^{ac}
		F	(6)	107.7 ± 36.0 ^{bc}	(2)	35.6 ± 6.3 ^a	(2)	97.2 ± 36.9 ^c	(2)	66.4 ± 21.6 ^{ac}
½ Permer ½ WAD	Single	M	(1)	104.0 ± 0.0 ^{ac}	(1)	111.1 ± 0.0 ^b	(1)	94.4 ± 0.0 ^{de}	(1)	102.8 ± 0.0 ^c
		F	(0)	—	(0)	—	(0)	—	(0)	—
½ Uda ½ WAD	Twin	M	(1)	56.0 ± 0.0 ^a	(1)	60.0 ± 0.0 ^{ab}	(1)	61.1 ± 0.0 ^{ac}	(1)	60.6 ± 0.0 ^{ab}
		F	(3)	46.0 ± 4.0 ^a	(3)	40.4 ± 7.0 ^a	(3)	57.7 ± 10.5 ^{ab}	(3)	48.9 ± 1.7 ^a
½ Uda ½ WAD	Single	M	(3)	181.0 ± 65.1 ^e	(3)	84.1 ± 22.5 ^b	(3)	98.9 ± 8.4 ^c	(3)	91.5 ± 15.4 ^c
		F	(3)	94.0 ± 5.9 ^{ac}	(4)	97.8 ± 23.7 ^b	(4)	83.6 ± 16.6 ^{cc}	(4)	90.7 ± 14.3
										(No twin births were obtained)

a, b, c, d, e: All means within the same column bearing the same superscripts are not significantly different at the 5% level

1 In parentheses, the number of observations.

as affected by number of lambs suckled and the vigour of the individual lambs as earlier observed (21, 22). During the post-weaning period, management and quality and quantity of feed are more important. Based on the results reported herein, maternal influences during the pre-weaning period are suggested in view of significance ($P < 0.05$) of all interaction effects during the first 90 days of the lambs' growth (Table 4). These effects were not significant between 90 and 180 days of age.

Several workers (8, 10, 26, 27) have pointed out the importance of weight gain during pregnancy on the performance of a dam and its offspring. Weight gain during pregnancy has been reported to lead to higher milk yields (3). Younis *et al.* (26) have indicated that there are optimum levels in pregnancy weight gains which will lead to high pre-weaning lamb performance; they found ewes carrying twins to be more efficient (65%) in lamb production than those carrying singles (59%) in the utilization of body gain during pregnancy. This was determined from correla-

tion studies between body gain and growth performance of newly born lambs up to 30 days; after this time, they expected no further influences of the type of pregnancy (twin or single) on the utilization of body weight.

In the present experiment, lamb daily gain (LDG) showed a negative and non-significant relationship with gain during pregnancy ($r = -0.155$, $P > 0.05$) and with both ewe liveweight and gain during pregnancy ($R = 0.314$, $P > 0.05$). Earlier results (19) however, gave the impression that ewes which either lost weight or gained more than 10 kg were not able to support growth rates as fast as those that gained up to 10 kg. This implies that those which lost weight possibly had insufficient reserves at lambing to support adequate milk production, just like those that gained more than 10 kg which must have utilized the available nutrients for body gain during gestation. Body gains of 5 kg, on the average, seemed reasonable for WAD ewes, if they were to support the fastest rates of gains of their lambs.

LITERATURE CITED

1. ADEMOSUN, A.A.; BENYI, K.; CHIBOKA, O.; MUNY-ABUNTU, C.M. 1983. Review of hair sheep studies in southwestern Nigeria. In *Hair sheep of Western Africa and the Americas*. Ed. by H.A. Fitzhugh; G.E. Bradford. Boulder, Colorado, Westview Press p. 219-226.
2. ADU, I.F.; NGERE, L.O. 1979. The indigenous sheep of Nigeria. *World Review of Animal Production* 15:51-62.
3. ADU, I.F.; OLALOKU, E.A.; OYENUGA, V.A. 1974. The effects of energy intake during late pregnancy on lamb birth weights and lactation of Nigerian Dwarf sheep. *J. Anim. Prod.* 1:151-161.
4. BAIRD, D.M.; NALBANDOV, A.V.; NORTON, H.W. 1952. Some physiological causes of genetically different rates of growth in swine. *Journal of Animal Science* 11:292.
5. BRADFIELD, P.G. 1968. Sex differences in the growth of sheep. In *Growth and development of mammals*. Ed. by G.A. Lodge; G.E. Lammary. London, Butterworths.
6. BRADFORD, G.E.; FITZHUGH, H.A. 1983. Hair sheep: A general description. In *Hair sheep of Western Africa and the Americas*. Ed. by H.A. Fitzhugh; G.E. Bradford. Boulder, Colorado, Westview Press. p. 3-22.
7. BUVANENDRAN, V.; ADU, I.F.; OYEJOLA, B.A. 1981. Breed and environmental effects on lamb production in Nigeria. *Journal of Agricultural Science (Camb.)* 96:9-15.
8. CHIBOKA, O. 1986. Accelerated lambing through zero weaning in West African Dwarf sheep in the humid tropics of Nigeria. *Turrialba* 36:375-379.
9. DEITMERS, A. 1983. Performance of hair sheep in Nigeria. In *Hair sheep of Western Africa and the Americas*. Ed. by H.A. Fitzhugh; G.E. Bradford. Boulder, Colorado, Westview Press. p. 201-218.
10. ENSIMINGER, M.E. 1963. *Animal Science* 5 ed. Danville, Illinois, Interstate Printers and Publishers. *Animal Agriculture Series* p. 682-692.
11. FERGUSON, W. 1964. The development of sheep and goat production in the Northern region of Nigeria. First FAO African Regional Meeting on Animal Production and Health. Addis Ababa, Ethiopia.
12. FITZHUGH, H.A.; BRADFORD, G.E. 1983. Productivity of hair sheep and opportunity for improvement. In *Hair sheep of Western Africa and the Americas*. Ed. by H.A. Fitzhugh; G.E. Bradford. Boulder, Colorado, Westview Press. p. 23-52.
13. GONZALEZ-STAGNARO, C. 1983. Commercial hair sheep production in a semiarid region of Venezuela. In *Hair sheep of Western Africa and the Americas*. Ed. by H.A. Fitzhugh; G.E. Bradford. Boulder, Colorado, Westview Press. p. 85-104.
14. LASLEY, J.F. 1978. *Genetics of livestock improvement*. 3 ed. New Jersey, Prentice-Hall. p. 273.
15. MARTINEZ, A. 1983. Reproduction and growth of hair sheep in an experimental flock in Venezuela. In *Hair sheep of Western Africa and the Americas*. Ed. by H.A. Fitzhugh; G.E. Bradford. Boulder, Colorado, Westview Press. p. 105-117.
16. MRODE, R.A. 1984. A study of body weight and reproductive performance in white Fulani cattle. *Mag. Phil. Thesis Ile-Ife, Nigeria, University of Ife* p. 7-13.
17. STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. 1980. *Principles and procedures of statistics*. 2 ed. New York, McGraw-Hill. p. 88-111.
18. TAIWO, B.B.A.; NGERE, L.O.; ADELEYE, I.O.A. 1982. Comparative growth performance of Nigerian Dwarf sheep and its crosses with Permer, Uda and Yankasa. *World Review of Animal Production* 18:57-63.
19. IIZIKARA, C. 1985. Effect of dam conformation and sire breed on ewe reproductive and lamb performance. *M. Phil. Thesis. Ile-Ife, Nigeria, University of Ife* p. 77-100.
20. IIZIKARA, C.; CHIBOKA, O. 1985. Effect of ram breed and size on reproductive performance of West African Dwarf (WAD) ewes. *Turrialba* Submitted.
21. IIZIKARA, C.; CHIBOKA, O. 1987. Relationship between size, conformation and reproductive traits in West African Dwarf ewes. *Turrialba* 38(1):6-12.
22. IIZIKARA, C.; AKINOKUN, O.; CHIBOKA, O. 1984. The genetic improvement of WAD sheep: Potentials and limitations. In *Ann. Conf. Nigerian Society for Study of Reproduction Held at NAPRI (4, Zaria, Nigeria)*. Abstrac. Zaria, Nigeria, Ahmadu Bello University.
23. TRENKLE, A. 1971. Growth hormone secretion rates in cattle. *Journal of Animal Science* 32:115-118.
24. TURNER, H.N. 1969. Genetic improvement of reproduction rate in sheep. *Animal Breeding Abstracts* 37:545-563.
25. TURNER, H.N. 1972. Genetic interactions between wool, meat and milk production in sheep. *Animal Breeding Abstract* 40:621-631.
26. *VETERINARY ENDOCRINOLOGY AND REPRODUCTION* 1975. Ed. by L.E. McDonald. Philadelphia, Lea and Febiger.
27. YOUNIS, A.A.; EL-GABOORY, I.A.H.; AL-KAMALI, A.A. 1979. Livebody gain in pregnant Awassi ewes in relation to lamb performance. *World Review of Animal Production* 15:65-67.

Deterioro en la Producción de Avena Susceptible a *Schizaphis graminum* (Rond.) Sometida a un Período de Infestación y su Posterior Recuperación¹

A.M. Castro*, C.P. Rumi*, H.O. Arriaga*

ABSTRACT

The aims of this study were: a) to analyze the extent of greenbug (*Schizaphis graminum* Rond.) injury upon susceptible oat seedlings; b) determine the degree of recovery by oat vegetative production after aphid removal; c) assess greenbug effect on final grain yield. Susceptible oat seedlings were infested with 20 "pale green" adults/plant at second expanded leaf stage within a climatized chamber. Uninfested seedlings were kept as controls. Greenbug chlorosis advance was measured daily. When they covered about 50% of total leaf area, number of aphids per plant was registered; they were then removed. Plants were put outdoors to recover. The total growth of infested plants was affected by greenbug attack. After their removal, main and lateral shoot apices reassumed leaf primordia differentiation. Biomass production and dry matter accumulation of the plants under recovery were compensated only partially in relation to control data. Developmental initiation was not altered by the attack. Although floret primordia number was similar for both controls and recovered plants, an important delay in panicle growth could be observed, together with a high percentage of vain spikelets. This caused a significant decrease in grain number per panicle. Greenbug attack affected vegetative production: nevertheless, the plants overcame apical inhibition when infestation was stopped. Consequently, the recovered plants were able to reach the differentiation rhythm of the controls. Nevertheless, recovered plants were deeply damaged during the developmental stage due to permanent alterations. Plant nutritional and/or hormonal imbalance might cause these permanent alterations.

INTRODUCCION

El estudio de las interrelaciones huésped insecto han permitido conocer algunos procesos metabólicos involucrados con la resistencia de las plantas a las diferentes plagas. La tolerancia, uno de los mecanismos de la resistencia (18), presenta características complejas. Si bien es heredable, su manifestación está muy influenciada por el ambiente y no tiene una expresión fisiológica y bioquímica uniforme y de fácil detección. La individualización de las bases fisiológicas de la tolerancia es un objetivo prioritario

COMPENDIO

Los objetivos del presente trabajo fueron: a) determinar la clase de daño que ocasiona el pulgón verde *Schizaphis graminum* (Rond.) en el crecimiento de plántulas de avena susceptible; b) estudiar el grado de recuperación que se manifiesta en la producción vegetativa de las mismas al eliminar los áfidos; c) analizar el efecto de la infestación en la producción final de grano. Plántulas de avena susceptible se sembraron en bandejas de cultivo; al estado de segunda hoja expandida se infestó la mitad de las plantas con 20 adultos "verde claro" por planta. Las plántulas sin ataque se mantuvieron en calidad de testigos. La experiencia se condujo en una cámara climatizada durante el período de la infestación. Diariamente se siguió la evolución de la clorosis ocasionada por los insectos. En el momento en que el 50% del área foliar presentaba clorosis, se contó el número de áfidos por planta y se les eliminó. Las plantas desparasitadas y los testigos fueron trasladadas al medio ambiente natural, iniciando así la recuperación. El ataque ocasionó un menor desarrollo total de las plantas infestadas. Al desinfectarlas, los ápices del macollo principal y de los ejes laterales primarios reiniciaron su actividad vegetativa. En este período, la producción de biomasa aérea y la acumulación de materia seca mostraron una recuperación parcial en relación a los testigos. En las plantas recuperadas el inicio de la etapa reproductiva no fue afectado y el número de primordios florales fue similar al de los controles. El crecimiento de la inflorescencia sufrió un significativo retraso y el número de granos por panoja fue menor en las plantas recuperadas debido al elevado porcentaje de espiguillas vanas. Si bien el ataque determinó deterioro en la producción vegetativa, la inhibición en los ápices se revirtió al concluir la infestación, alcanzando el ritmo de diferenciación de primordios foliares observado en los testigos. En cambio, durante la fase reproductiva, las plantas desparasitadas mostraron un mayor deterioro lo cual indicaría que el ataque provoca alteraciones de carácter permanente en el estado nutricional y/o en el balance hormonal de las plantas.

en todo programa de mejoramiento genético de los cultivares portadores de este mecanismo

El estudio de la recuperación de plantas previamente infestadas posibilitaría la identificación de los mecanismos que actúan en los cultivares tolerantes para contrarrestar los efectos ocasionados en las variedades susceptibles. En el estudio de la recuperación de plantas infestadas previamente con pulgón verde (*Schizaphis graminum*, Rond.) se han determinado efectos alternativos diversos. Algunos autores han señalado que intensidades mínimas de ataque ocasionan pérdidas proporcionalmente mayores que niveles su-

¹ Recibido para publicación el 21 de mayo de 1987.

* Instituto de Fisiología Vegetal y Cátedra de Cerealicultura de la Facultad de Agronomía de la U.N.L.P., C.C. 31, (1900) La Plata, República Argentina.

periores de infestación (2, 5, 17) Por otro lado, se ha indicado que existiría un grado de deterioro crítico por encima del cual las plantas no sobrevivirían a la infestación (3, 9, 12)

La tolerancia al áfido tendría una estrecha relación con el patrón de crecimiento de los cultivares. En ciertas especies de cereales la presencia del pulgón determina alteraciones en el crecimiento (5, 7, 8, 14, 19, 20). Paralelamente, se ha señalado que el nivel de tolerancia de las plantas estaría asociado con la composición hormonal de las mismas (13).

El presente estudio constituye parte de una serie que se ha realizado con el propósito de establecer el tipo de manifestación que adquiere la interacción áfido-planta en distintas especies de cereales.

Los objetivos del presente trabajo fueron: a) determinar la clase de daño que provoca el pulgón verde en el crecimiento de plántulas de avena susceptible; b) establecer el grado de recuperación que se manifiesta en la producción vegetativa de las mismas al eliminar los áfidos; c) analizar el efecto de la infestación sobre la producción final.

MATERIALES Y METODOS

Se empleó el cultivar de avena susceptible 'Suregrain INTA'. Se hicieron germinar semillas seleccionadas por peso similar en arena con condiciones controladas de temperatura y humedad. En el estado de coleoptilo se seleccionó el material de la experiencia, de acuerdo con la metodología propuesta por Castro y Rumi (5). Las plántulas se transplantaron a bandejas de cultivo; al expandirse la segunda hoja se realizó una última selección de las mismas (5). Se recolectó una primer muestra de 10 plantas de cada una de las bandejas y se procedió a infestar la mitad de las mismas con 20 adultos "verde claro" (1) en cada planta, permaneciendo el resto sin ataque en calidad de testigos (día "0").

Las condiciones controladas bajo las cuales se realizó la experiencia fueron: temperatura 19° - 21°C; humedad relativa 50 - 70% ; luminosidad 590 mEm⁻²s⁻¹ (empleándose lámparas incandescentes de 40 w y tubos fluorescentes de luz blanca fría de 60 w), con un fotoperiodo de aproximadamente 9 h.

Desde el momento de iniciar la infestación se tomaron muestras a diario y se determinó el porcentaje de área foliar clorótica (con un medidor Licor). Al alcanzar un nivel del 50% de clorosis se procedió a contar los áfidos por planta y se los eliminó por aspiración con una pequeña bomba de vacío conectada

a un flujo de agua. Se recolectó una muestra de 10 plantas de cada bandeja y las mismas se trasladaron a condiciones naturales iniciando su recuperación conjuntamente con los testigos.

A partir de la desinsectación y cada 10 días, se tomaron muestras hasta el estado de madurez pastosa de grano de las plantas testigo. Las plantas se disecaron bajo microscopio estereoscópico determinando el número de primordios foliares diferenciados en el ápice y de aquéllos que superaban el domo apical. Con el objeto de establecer la producción vegetativa del ápice principal y secundarios se determinó, además, el número de hojas expandidas y no expandidas. En el ápice reproductivo se determinó el número de primordios florales. Otros parámetros estudiados fueron: el área foliar total (AFT), área foliar fotosintetizante (AFF) y área foliar clorótica (AFC) y los pesos fresco (PF) y seco (PS) de la parte aérea de la planta. Con el objeto de analizar la distribución de los pesos, se determinó por separado el peso del área foliar fotosintetizante (PFF y PSF), clorótica (PFC y PSC), así como los pesos del resto de la parte aérea de la planta (bases = PFB y PSB).

La productividad final se estudió mediante el análisis de los componentes del rendimiento: número de panojas por planta, número de espiguillas por panoja, número de granos por panoja, pesos fresco y seco de las panojas.

El diseño estadístico empleado fue el de parcela dividida en el tiempo (21), con la correlación del "test" de Mauckly para el cálculo de F. Las diferencias mínimas significativas se determinaron por la prueba de Duncan.

El número de áfidos presente en cada planta fue sometido a un análisis de varianza, estableciéndose que no existieron diferencias significativas entre las plantas infestadas en el momento de desinsectarlas.

RESULTADOS

Producción vegetativa del ápice principal y ejes laterales

El ataque ocasionó una inhibición significativa en la diferenciación de nuevos primordios foliares en el ápice principal, determinándose una diferencia del 40% en este parámetro, en relación a los testigos (Fig. 1, 10° día).

Al eliminar los áfidos se observó una reactivación del ápice en las plantas desparasitadas, las cuales presentaron un ritmo de producción apical superior al de los testigos. Al iniciarse la etapa reproductiva, el ápice

principal de las plantas recuperadas alcanzó a producir el 93% de las estructuras foliares presentes en los testigos

La producción vegetativa en los ejes laterales fue inhibida por el ataque; los macollos iniciaron su actividad vegetativa al eliminar los insectos y alcanzaron niveles de diferenciación de primordios foliares similares a los testigos. El número de macollos productivos fue un 10% menor en las plantas recuperadas del ataque; sin embargo, aquellos que desarrollaron sobrevivieron la etapa de encañamiento del eje principal y alcanzaron el estado reproductivo

La inhibición provocada por los áfidos en los ápices principal y secundarios determinó una menor producción vegetativa final, con un consecuente deterioro en el desarrollo posterior de las plantas.

Crecimiento de las hojas y producción de biomasa aérea

Al iniciar el ataque, las plantas presentaron un total de ocho hojas diferenciadas, las cuales se encontraban en distintos estadios de desarrollo (Fig 1) El crecimiento de las mismas fue afectado diferencialmente por la infestación. Las dos primeras hojas, totalmente expandidas al eliminar los áfidos, no mostraron diferencias significativas con los testigos (Fig. 2). El crecimiento de las láminas (L) y vainas (V) de las seis hojas subsiguientes fue inhibido, observándose longitudes menores que en las plantas controles al finalizar la infestación (Fig. 2, 10° día)

Durante la recuperación, el ritmo de crecimiento de las láminas foliares manifestó un progresivo incremento; sin embargo, las longitudes finales fueron significativamente menores ($P = 0.01$) que en los testigos (Fig 2, L). Las vainas foliares mostraron mayores diferencias que las respectivas láminas y su diferenciación ocurrió con posterioridad en las plantas que habían sufrido infestación (Fig 2, V) Este último hecho determinó retrasos en la expansión de las nuevas hojas y afectó la expresión de la biomasa aérea

Las plantas infestadas desarrollaron una menor biomasa aérea que los testigos (Fig 3) como consecuencia de la inhibición ocasionada en los ápices (Fig 1) y en el crecimiento de las hojas (Fig 2) En el momento de eliminar los áfidos (10° día), las plantas atacadas presentaron un 40% menos de área foliar total que los testigos; al concluir la recuperación estas diferencias fueron del 20% (Fig 3, 70° día).

Como consecuencia de la infestación, las plantas manifestaron un deterioro permanente en la producción vegetativa que afectó la etapa de crecimiento reproductivo. El inicio de este estadio ocurrió simultáneamente en los testigos y en las plantas recuperadas; no obstante, el desarrollo de las plantas desparasitadas adultas fue más lento. Esto determinó un retraso de la senescencia en las hojas más viejas y comparativamente, los testigos mostraron una mayor extensión del área foliar clorótica que las plantas recuperadas de la infestación (Fig 3, 70° día). En estas últimas, la extensión del área clorótica se mantuvo constante desde el momento de la desinsectación.

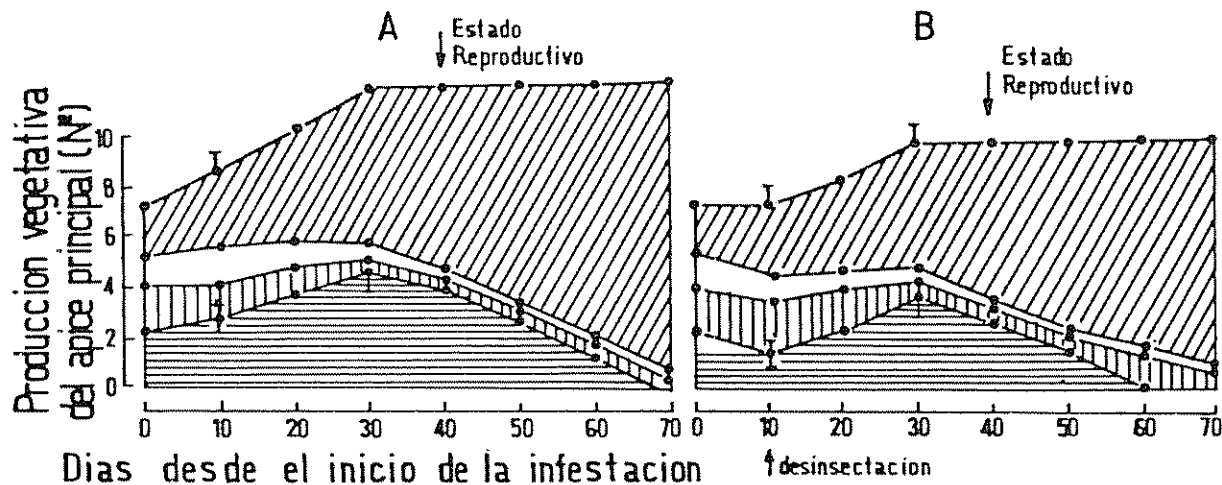


Fig. 1 Frecuencia acumulativa de la producción vegetativa del ápice principal determinada en plantas de avena susceptible al pulgón verde. Plantas testigo (sin ataque) = A; plantas recuperadas de la infestación con un nivel del 50% de clorosis = B.
 Número de primordios foliares diferenciados en el ápice.
 Número de primordios foliares que superaron el domo apical (lígula no diferenciada).
 Número de hojas no expandidas (lígula diferenciada, no expuesta)
 Número de hojas expandidas.

Las barras verticales indican las diferencias mínimas significativas ($P = 0.01$) entre las plantas testigo y aquellas recuperadas de la infestación, en el estadio morfológico y día de observación correspondiente

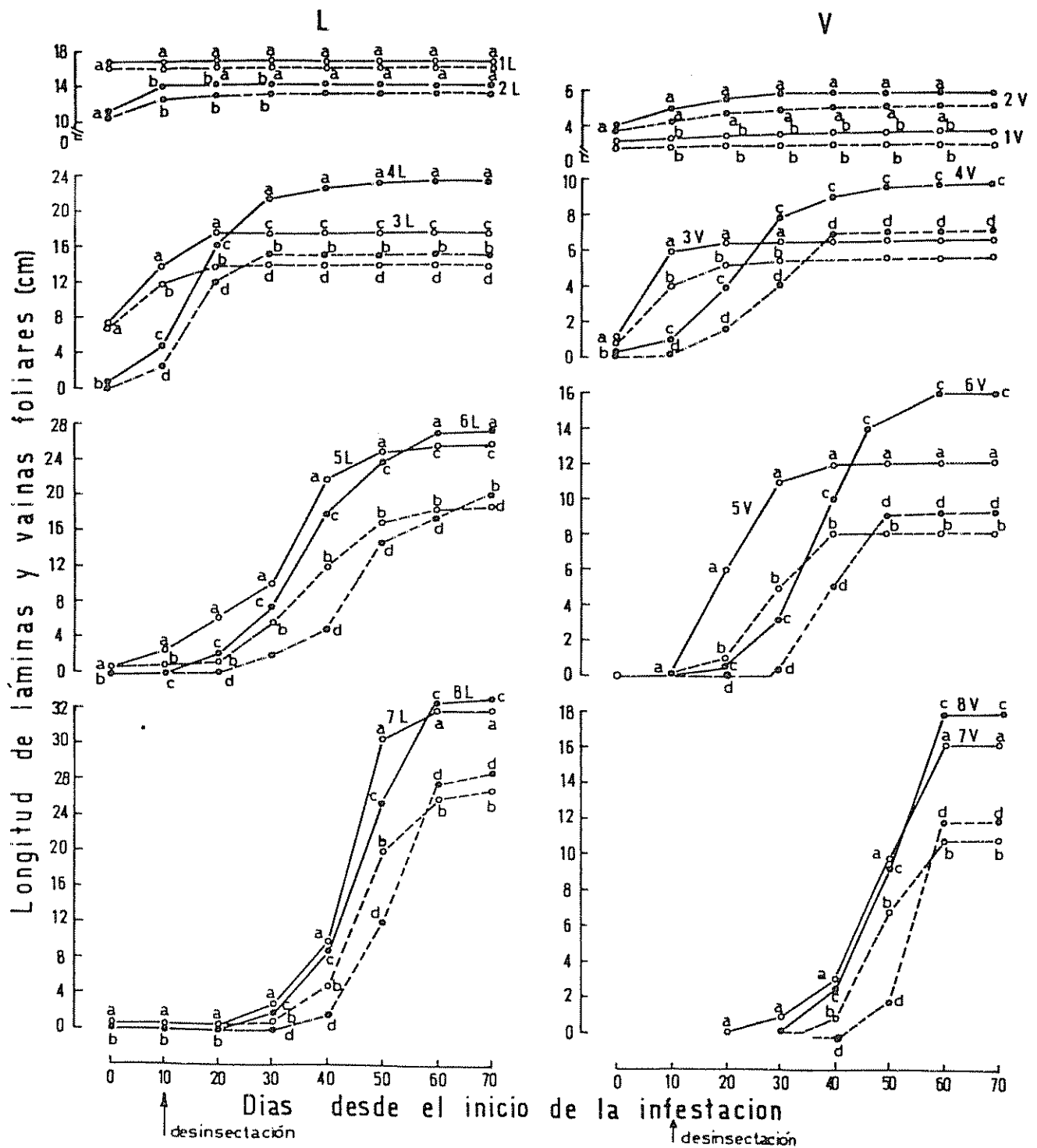


Fig 2 Crecimiento de láminas (L) y vainas (V) foliares determinado en plantas de avena susceptible al pulgón verde; plantas testigo (—) y plantas recuperadas de la infestación (----) Letras diferentes en la misma lámina o vaina, en cada día de observación, indican diferencias significativas (P = 0.01) entre los testigos y las plantas recuperadas.

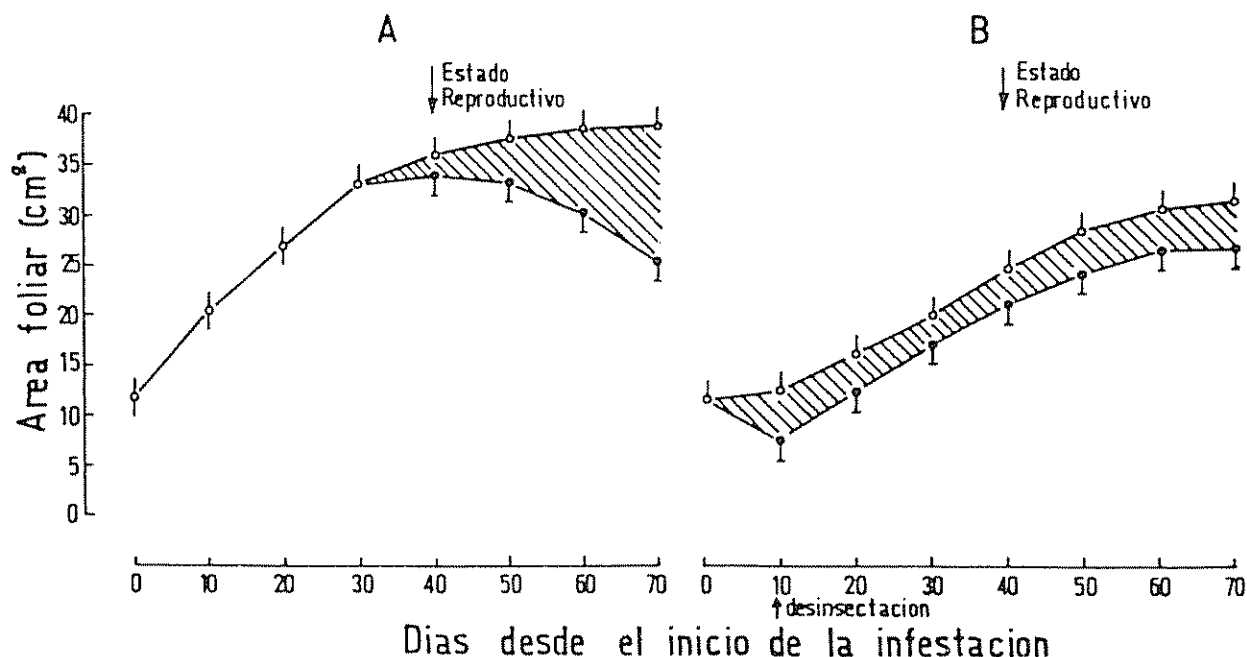


Fig. 3. Área foliar producida por plantas de avena susceptible al pulgón verde. Área foliar total (○), área foliar fotosintetizante (●) y área foliar clorótica (□). Plantas testigo (sin ataque) = A, plantas recuperadas de la infestación con un nivel de clorosis del 50% = B. Las barras verticales indican las diferencias mínimas significativas ($P = 0.01$) en cada día de observación; diferencias mínimas significativas en el área foliar total: (i), diferencias mínimas significativas en el área foliar fotosintetizante: (1).

Desarrollo del ápice reproductivo

En las plantas recuperadas, la infestación no alteró la iniciación de la fase reproductiva y el número de primordios de flor diferenciados fue similar al de los testigos (Fig. 4). La evolución posterior de las estructuras floríferas experimentó un retraso significativo en las plantas desinfectadas. Al concluir su recuperación, éstas se encontraban en el inicio de madurez de grano (estado 10.5 4, escala de Feekes) y los testigos en el estado de madurez pastosa de grano (estado 11.2, escala de Feekes).

El número de panojas en las plantas recuperadas fue 10% inferior al de los testigos (5.5 y 6 panojas por planta en promedio, respectivamente) (Fig. 4).

En las plantas recuperadas el número total de granos formados por panoja representó el 52% de la producción de los testigos, observándose un alto porcentaje de espiguillas vanas (Fig. 4).

Las plantas desparasitadas desarrollaron más lentamente; como consecuencia, los pesos fresco y seco de sus panojas representaron el 37% y el 28%, respectivamente, de los valores determinados en los testigos (Fig. 4).

En la etapa de crecimiento vegetativo las plantas recuperadas reiniciaron la diferenciación de primordios foliares y alcanzaron una producción vegetativa similar a la de los testigos (93%). La actividad apical en la producción de primordios de flor y el número de panojas por planta fueron también comparables a las de los testigos. A pesar de ello, el rendimiento final en las plantas desinfectadas se vio significativamente afectado por el desequilibrio provocado tempranamente en su crecimiento por el ataque del áfido, el cual disminuyó la cantidad de granos formados y retrasó su madurez.

Peso fresco y peso seco aéreos

El peso fresco aéreo total (PF) fue 44% inferior al de los testigos (Fig. 5, 10° día); en el peso seco (PS) el deterioro fue del 38% (Fig. 6, 10° día) al iniciar la recuperación. En consecuencia, la relación PS/PF resultó 2.5% superior a la determinada en los testigos.

Al analizar separadamente los pesos de las distintas partes de la planta, en el momento de suspender el ataque, se determinó que el peso fresco de las láminas foliares (área foliar total = fotosintetizante + clorótica) (PFH = PFF + PFC), fue 49% inferior al de los testigos (Fig. 5, 10° día). El peso fresco de las bases resto de la parte aérea de las plantas (PFB) presentó un deterioro del 22% en relación a los testigos.

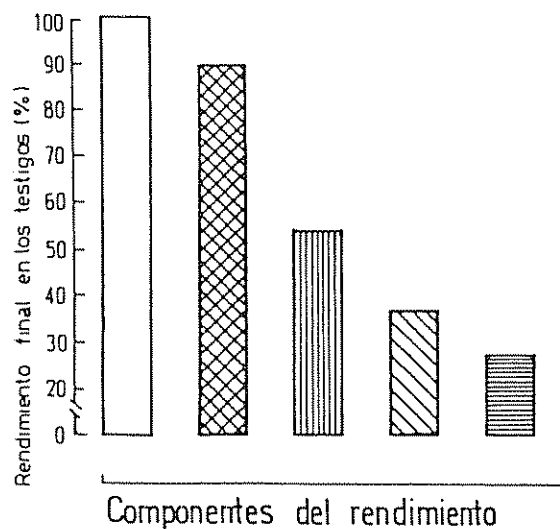


Fig. 4. Producción final de plantas de avena susceptible al pulgón verde recuperadas de la infestación con un nivel de 50% de clorosis, expresada porcentualmente en relación a los testigos (sin ataque).

Número de primordios floríferos
 Número de panojas por planta
 Número de granos por panoja
 Peso fresco de las panojas
 Peso seco de las panojas

En los respectivos pesos secos —PSH(+ PSF + PSC), PSB— las diferencias fueron del 35% en el PSH y del 21% en el PSB con relación a los testigos. Como consecuencia, en las plantas infestadas las relaciones de pesos en las hojas (PSH/PFH) y en las bases (PSB/PFB) resultaron ser un 3% y un 2% respectivamente superiores a las determinadas en los testigos.

En las plantas atacadas, el área foliar total (AFT) fue 40% inferior a la de sus testigos, al relacionar el PFH y el PSH con la biomasa aérea se determinó que el PFH/AFT fue 11% menor al de las plantas sin ataque; en cambio, el PSH/AFT fue 10% superior a los testigos.

Esta serie de índices permite establecer que la acumulación de materia seca (Fig. 6) no se vio afectada en el mismo grado en que resultaron alterados el peso fresco (Fig. 5) y la producción de biomasa aérea (Fig. 3) en las plantas infestadas; este efecto fue más acentuado en las hojas.

Al iniciarse la recuperación se observó un rápido incremento en el peso fresco y en el peso seco totales de la parte aérea. Al finalizar la experiencia, se determinaron diferencias del 49% y del 55% en el PF y en el PS, respectivamente, en relación a los testigos.

Las diferencias finales observadas en los pesos fresco y seco de las distintas partes aéreas de las plantas adultas serían consecuencia de los disturbios metabó-

licos ocasionados por el ataque los cuales retrasaron el desarrollo de la planta y alteraron en forma permanente los procesos involucrados con la acumulación de materia seca.

DISCUSION

Se ha determinado que el ataque de áfidos ocasiona un efecto inhibitorio de naturaleza sistémica en el ápice del tallo principal y en los ejes laterales el cual provoca una detención en la diferenciación de nuevos primordios foliares. Además la infestación alteró el crecimiento de las hojas, determinó un retraso en su expansión y en consecuencia, una menor expresión del área foliar total. El efecto del ataque del pulgón "verde claro" en el crecimiento de plántulas de avena susceptible fue similar al señalado en trabajos previos en plantas jóvenes de cebada susceptible (3). En estas últimas, se ha indicado que la acción inhibitoria sistémica sería inicialmente independiente del nivel de clorosis provocado por el insecto (5). En la presente experiencia, en cambio, no puede establecerse si existió inicialmente independencia entre ambas clases de daño, debido al nivel de clorosis con que se iniciaron las observaciones en los ápices. En experiencias posteriores se ha determinado que la inhibición en los ápices ocurre con anterioridad a la manifestación de la clorosis (hallazgo aún no publicado).

Luego de un cierto tiempo desde la desinsectación se observó una recuperación total en el ritmo de diferenciación de primordios foliares en el ápice, si bien las diferencias en la producción total de los mismos, con relación a los testigos, se mantuvieron. En consecuencia, la compensación de las pérdidas provocadas por la infestación fue parcial. El número de hojas expandidas y la biomasa aérea final fueron menores en las plantas recuperadas. La actividad vegetativa del ápice principal, durante la recuperación, mostró un comportamiento similar al señalado en cebadas susceptibles sometidas a distintos periodos de infestación con el áfido "verde claro" y posteriormente desparasitadas (3).

Se ha indicado que plantas de cebada susceptible, mantenidas con ataque hasta que el 50% de su área foliar presentara clorosis, manifestaron una reducción altamente significativa en el número de macollos vivos al iniciar el encañamiento del eje principal (6). También se ha observado en cebada que la reducción en el número de macollos productivos tiene una alta asociación con la densidad de áfidos en las plantas, con el estado de las mismas al infestar y con las condiciones ambientales existentes durante la recuperación (10). En avena, en cambio, el comportamiento sería diferente al señalado en cebada, los ejes laterales de las plantas recuperadas de la infestación sufrieron un deterioro del 10% en relación a los testigos.

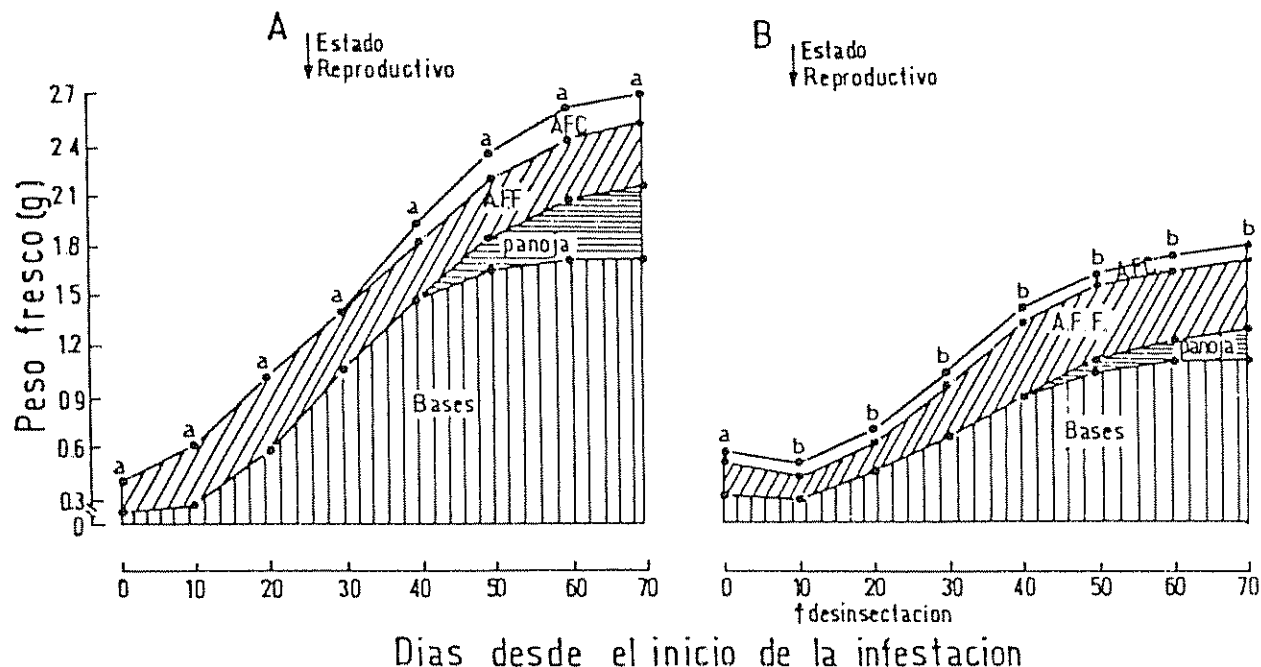


Fig 5. Distribución del peso fresco aéreo total en plantas de avena susceptible al pulgón verde. Plantas testigo = A; plantas recuperadas de la infestación con un nivel del 50% = B

Peso fresco del área foliar clorótica (AFC)

Peso fresco del área foliar fotosintetizante (AFF)

Peso fresco de las panojas.

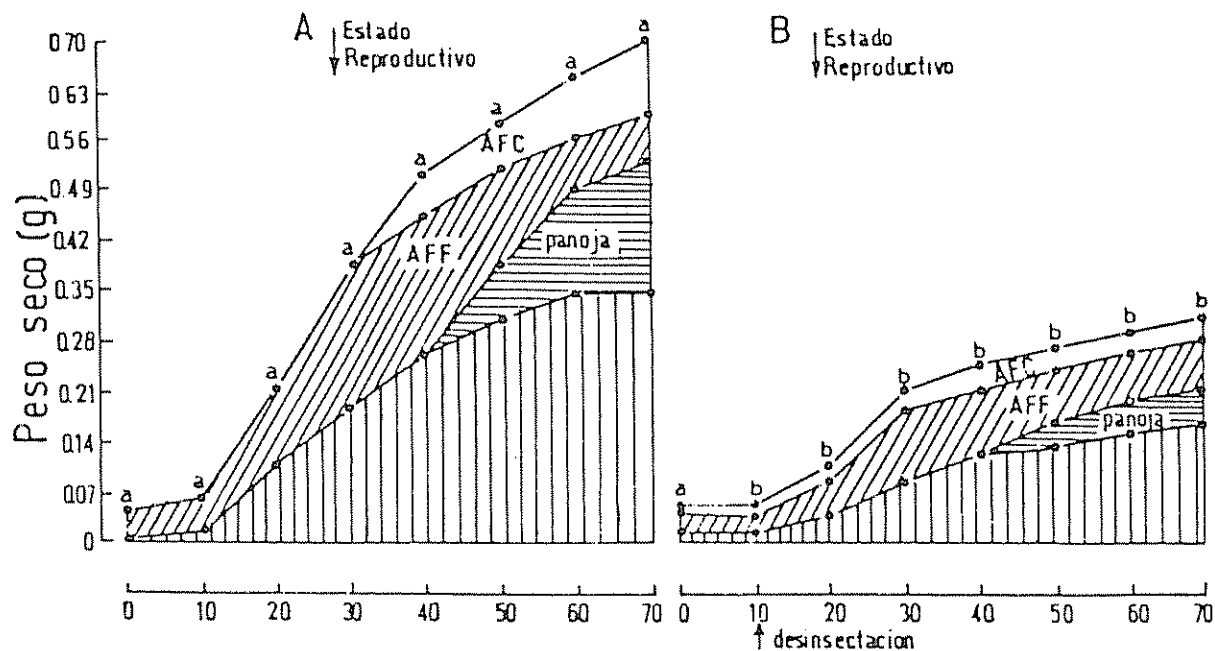
Peso fresco del resto de la parte aérea de la planta (bases)

Letras diferentes en el mismo día de observación indican diferencias significativas ($P = 0.01$) entre plantas testigo y plantas recuperadas.

La acumulación de materia seca en el período de crecimiento vegetativo de las plantas desparasitadas manifestó deterioros similares a los señalados en otros cereales (2, 6, 17). La falta de correspondencia entre la evolución del peso fresco y del peso seco en la parte aérea de las plantas recuperadas indica un grado de deterioro mayor en el balance hídrico de las mismas. Algunos autores han establecido que el ataque del áfido provoca diferentes alteraciones en el crecimiento del sistema radical en otros cereales los cuales podrían explicar en parte estas modificaciones en el balance hídrico (2, 4, 14, 15, 16). En avena, no se tienen antecedentes en la literatura existente sobre el tema en cuanto a la acción del insecto en el desarrollo radical. Nuestros datos preliminares indicarían que el volumen y el peso seco radical son disminuidos significativamente por el ataque (hallazgo aún no publicado).

Si bien la actividad reproductiva del ápice no fue modificada por la infestación, se constató una disminución significativa en el rendimiento en grano. La producción final de grano está íntimamente asociada con el área foliar presente, luego de la emergencia de la panoja y con la permanencia del área foliar en ese estado (22). Sin embargo, estos factores no explica-

rían totalmente el gran deterioro producido en el rendimiento. Las plantas recuperadas mantuvieron, luego de la emergencia de la panoja (a los 60 días), un mayor porcentaje de biomasa fotosintetizante, en relación al área foliar total, que los testigos. A partir de ese momento, las diferencias en el área foliar total entre los testigos y las plantas recuperadas fueron del 20%; sin embargo, el deterioro en el rendimiento de granos/panoja fue del 48%. El porcentaje de espiguillas vanas fue del 50% al finalizar la experiencia. Las fallas en el cuajado de grano tienen una alta correlación con los factores ambientales en interacción con el estado nutricional de las plantas (11). La presencia de espiguillas vanas podría deberse a: deficiencias en la fertilización; por efecto de una menor viabilidad del polen (causado por alteraciones metabólicas) o bien a disturbios en la distribución de metabolitos como consecuencia de la competencia entre distintos sitios de crecimiento. Los escasos recursos presentes en las plantas podrían explicar la reducción en el número de granos formados. Algunos autores han señalado, en plantas de cebada —mantenidas bajo infestaciones más severas (75% de clorosis o con densidades de ataque de 100 pulgones/planta) antes de iniciar su recuperación— pérdidas comparativamente menores a las determinadas en avena (3, 10). Esto indicaría que



Días desde el inicio de la infestacion

Fig. 6. Distribución del peso seco aéreo total en plantas de avena susceptible al pulgón verde. Plantas testigo = A; plantas recuperadas de la infestación = B.

Peso seco del área foliar clorótica (AFC)

Peso seco del área foliar fotosintetizante (AFF)

Peso seco de las panojas.

Peso seco del resto de la parte aérea de la planta (bases).

Letras diferentes en el mismo día de observación indican diferencias significativas ($P = 0.01$) entre plantas testigos y recuperadas.

la capacidad de revertir los efectos del ataque admite diferentes niveles de deterioro en la producción vegetativa y en el área foliar fotosintetizante al iniciar la recuperación, en los distintos cereales.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo permitirían señalar que el efecto del áfido tiene una mayor incidencia en la producción final de grano que en el desarrollo de las estructuras vegetativas aéreas. La inhibición en la diferenciación apical se revirtió inmediatamente al eliminar los pulgones y la actividad meristemática se reinició plenamente.

Sin embargo, la capacidad de revertir la inhibición provocada por el áfido no fue acompañada por una compensación total de las pérdidas ocasionadas durante la infestación. Consecuentemente, las alteracio-

nes que provoca tempranamente el ataque en las plántulas son de carácter permanente y se manifiestan con importantes diferencias en el rendimiento, luego de varios meses.

Las alteraciones de carácter permanente podrían deberse a disturbios hormonales, nutricionales y/o a desequilibrios en el balance hídrico de las plantas.

Los diferentes cereales tendrían una capacidad de reversión distinta para similares condiciones de infestación y recuperación. Sería necesario profundizar en el estudio de las alteraciones bioquímicas que ocurren en las plantas durante la infestación, estableciendo así cuáles son las causas que ocasionan la muerte de plantas susceptibles en ataques muy severos y determinan deterioros permanentes en aquellas que sobreviven a la infestación.

LITERATURA CITADA

- ARRIAGA, H.O.; CHIDICHIMO, H.O.; ALMARAZ, L.B.; BELLONE, B.M. 1984. Greenbug ecotype in Argentina. Annual Plant Resistance to insects Newsletter 10:51.
- BURTON, R.L. 1986. Effect of greenbug (Homoptera: Aphididae) damage on root and shoot biomass of wheat seedlings. Journal of Economy Entomology 79(3):633-636.

3. CASTRO, A.M.; RUMI, C.P. 1985. Recuperación de la producción vegetativa en plántulas de cebada susceptible al *Schizaphis graminum*, Rond., al suspender la infestación. Resúmenes XVI Reunión Nacional de Fisiología Vegetal. La Plata, Argentina 157 p.
4. CASTRO, A.M.; RUMI, C.P. 1985. Efecto del ataque del pulgón verde *Schizaphis graminum* (Rond.) en la producción vegetativa (aérea y radical) en plantas susceptibles y resistentes de cebada. Resúmenes XVI Reunión Nacional de Fisiología Vegetal. La Plata, Argentina 156 p.
5. CASTRO, A.M.; RUMI, C.P. 1986. Deterioro ocasionado en el crecimiento de plántulas de cebada susceptible al pulgón verde de los cereales (*Schizaphis graminum*, Rond.) sometidas a un mínimo nivel de infestación. Turrialba 36(3):263-270.
6. CASTRO, A.M.; RUMI, C.P.; ARRIAGA, H.O. 1986. Recuperación de plantas de cebada susceptible infestadas con dos probables biotipos de *Schizaphis graminum* (Rond.). Revista de la Facultad de Agronomía. 61 (en prensa).
7. HARVEY, T.L.; HACKERTOTT, H.L. 1969. Recognition of a greenbug biotype injurious to sorghum. Journal of Economic Entomology 62(4):776-779.
8. HARVEY, T.L.; HACKERTOTT, H.L. 1974. Effect of greenbug on resistant and susceptible sorghum seedlings in the field. Journal of Economic Entomology 67(3):377-380.
9. KANTACK, E.J.; DAHMS, R.G. 1957. A comparison of injury by the apple grain aphid and greenbug to small grains. Journal of Economic Entomology 50(2):156-158.
10. KIECKHEFER, R.W.; KANTACK, B.H. 1986. Yield losses in barley caused by cereal aphids (Homoptera: Aphididae) in South Dakota. Journal of Economic Entomology 79(3):749-752.
11. LANGER, R.H.M. 1972. How grasses grow. Edward Arnold Edit. p 32-34.
12. MATTHEW, D.L. 1953. The ability of wheat plants to recover from differing amounts of feeding injury caused by greenbug (*Toxoptera graminum*, Rond.). MS Thesis. Kansas State University.
13. MAXWELL, F.G.; PAINTER, R.H. 1962. Auxin content of extracts of certain tolerant and susceptible host plants of *Toxoptera graminum*, *Macrosiphum pisi* and *Therioaphis maculata* and relation to host plant resistance. Journal of Economic Entomology 55(1):46-56.
14. MORGAN, J.; WILDE, G.; JOHNSON, D. 1980. Greenbug resistance in commercial sorghum hybrids in seeding stage. Journal of Economic Entomology 73(4):510-514.
15. ORTMAN, E.E. 1957. A measurement of greenbug *Toxoptera graminum* (Rond.) damage the root system and other plant parts of several varieties of wheat. MS Thesis. Kansas State University, 50 p.
16. ORTMAN, E.E.; PAINTER, R.H. 1958. A measurement of greenbug (*Toxoptera graminum* Rond.) damage to the root system and other plant parts of several varieties of wheat. Proc. Entomol. Soc. N. Centr. Branch abstract 3:13.
17. ORTMAN, E.E.; PAINTER, R.H. 1960. Quantitative measurements of damage by the greenbug *Toxoptera graminum* to four wheat varieties. Journal of Economic Entomology 53(5):798-802.
18. PAINTER, R.H. 1951. Insect resistance in crop plants. New York, Mc Millan 25 p.
19. SALTO, C.E. 1982. Effect of temperature and photoperiod on barley resistance to greenbug biotypes C and E. Thesis, Graduate College, Oklahoma State University. p. 16, 27, 28-32.
20. STARKS, K.J.; BURTON, R.L.; MERKLE, O.G. 1983. Greenbug (Homoptera: Aphididae) plant resistance in small grains and sorghum to biotype E. Journal of Economic Entomology 76:877-880.
21. STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. 1960. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill, p. 394-398.
22. THORNE, G.L. 1966. Physiological aspects of grain yield in cereals, en: The growth of cereals and grasses. Proc. 12th Easter Sch. Agric. Sci., Univ. Nottingham, Butterworths, p. 88-117.

Evaluation of Techniques to Screen for Drought Resistance in Sorghum Seedlings¹

R.K. Maiti*, P.S. Raju**, B.V.S. Reddy**, J.M. Peacock**

ABSTRACT

Different techniques for inducing water stress were evaluated in semi-controlled conditions in a glass house and the field to study the effects of increasing soil moisture deficits on seedling growth of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Drought resistance indices, such as degrees of wilting, recovery and number of recovered plants, were measured and genotypic differences were observed. Correlations among these seedling indices for the different techniques were high ($r = 0.90^{**}$, $P < 0.01$).

COMPENDIO

Diferentes técnicas por inducción de stress de humedad fueron evaluadas en condiciones semi-controladas en un invernadero y en el campo para estudiar los efectos de la incrementación del déficit de humedad del suelo sobre el crecimiento de la plántula de sorgo. Índices de resistencia a la sequía como grado de marchitez, recuperación y plantas recuperadas fueron medidas y fueron observadas diferencias genotípicas. Las correlaciones entre esos índices de la plántula en las diferentes técnicas fueron altas ($r = 0.90^{**}$, $P < 0.01$).

INTRODUCTION

In the semi-arid tropics, sorghum seedlings are frequently subjected to long periods without rain. Seedling establishment is a critical stage in the development of the crop and it is important to select lines tolerant to severe water deficits at this stage. Numerous attempts have been made in different crops to develop simple techniques for assessing resistance to water deficits at the seedling stage (1, 5, 6, 7, 8, 9, 10). Using simple techniques, Heyne and Laude (2) demonstrated that it was possible to distinguish maize cultivars with drought resistance by screening controlled growth room conditions. Attempts to screen soybean in a growth chamber for drought resistance were not successful (7), but screening in small containers for recovery from drought showed promising results (8). Similarly, growing sorghum cultivars in metal trays with limited water in a glass house and determining the percentage of seedlings surviving after imposing a severe water deficit was found to be useful in selecting genotypes with seedling drought resistance (5). Sammons *et al.* (7, 8) suggested that the relatively sophisticated instrumen-

tation and apparatus used for evaluating cultivars for drought resistance in a growth chamber were cumbersome for mass screening of a large number of genotypes. Screening in the field is often difficult due to uncertainty of weather conditions, difficulty in the quantification of soil water deficit and the variability of soil moisture with soil type, season and the phenological stage of the crop (4).

The purposes of this study were to evaluate some simple techniques designed to screen sorghum germplasm and breeder's lines for ability to emerge and survive under severe shortage of water stress, and to examine the genetic variation of resistance to water stress at the seedling stage of these same genotypes.

MATERIALS AND METHODS

Three different techniques for screening sorghum for resistance to water stress at the seedling stage are described.

Screening in brick containers. The screening equipment is similar to that of Sammons *et al.* (8) and Wilson *et al.* (11). Low brick containers (160 cm long, 70 cm wide and 22 cm high) in duplicate rows were constructed on levelled ground. Alfisol (classified as fine, clayed mixed udic Rhodustalf) was thoroughly mixed before filling the brick containers and levelled to 5 cm from the top. The soil was separated from the bricks by polyvinyl chloride film to

¹ Received for publication 16 December 1987

* Professor in Botany, Division de Post-Grado, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Ciudad Universitaria, Apartado Postal 2790, Monterrey, N.L., México

** International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Patancheru P.O.; Andhra Pradesh 502 324, India

minimize the edge moisture effects, but was laid directly on the ground, allowing a free and even drainage after watering.

A randomized complete block (RCB) design in three replications was used with test entries and two checks repeated twice in each container. The cultivars CSH-1, (hybrid) and IS-1037 (local cultivar) were used as check entries. Seeds were sown at a 35 mm depth. The soil in each container was brought to field capacity by applying water uniformly at a rate equivalent to 40 mm of rainfall. No further irrigation was applied until the seedlings showed severe wilting. Two or three days after emergence, plants were thinned to 15 per entry, 35 mm apart in a row length of 50 cm. Seedlings were allowed to grow under an increasing soil moisture deficit.

Plant traits recorded were visual scores for wilting of leaves (before release of stress) and recovery from stress, and percent of plants recovered (after release of stress). The visual score range was determined on the basis of an initial survey of all the plots. For severity of wilting of seedlings, the score was given prior to rewatering and was on a 1-5 scale (1 = least wilted, 3 = intermediate, 5 = most wilted). Scoring was on the basis of number of leaves of an entry in a plot showing complete wilting and the degree of desiccation. Stress was released when many of the lines had wilted and 50% had little chance of recovery (judged visually). Twenty-four hours after the release of stress, a visual score was given for the ability to recover, based on the extent of unrolling and level of regained turgidity of leaves (1 = leaves fully expanded, 3 = intermediate, 5 = leaves least expanded). A second score of recovery ability was given five days later. Finally, the survival percentage of the initial stands for each entry was calculated after the release of stress. The entries showing minimum wilting, maximum recovery and maximum survival percentage were considered resistant genotypes.

Effects of the container on these plant indices were estimated as the difference between the mean of the checks within a container and the mean of checks across all containers. The test entries were adjusted by subtracting these container effects. The adjusted values were then subject to analysis of variance to assess the resistance of susceptibility of the test entries (breeding or germplasm lines).

Experiment 1: One hundred three breeding lines (F4 - F6s) were sown in each brick container on 2 February 1981. Only 10 test entries together with two checks were sown in single row plots. The plants were rewatered to field capacity, 25 days after sowing.

Experiment 2: One hundred germplasm lines (IS lines-international sorghum germplasm) with two checks were sown in a brick container on 7 March 1981. Three days after emergence, plants were thinned to 15 per plot. The plants were rewatered to field capacity 43 days after sowing.

Screening in PVC cylinders. Screening was carried out in a temperature-controlled glass house (temperature ranging from 35-40°C). Polyvinyl chloride cylinders (PVC) (400 mm length with an internal diameter of 105 mm), closed at the bottom with acrylic sheet in which six holes were made for drainage, were used. The tubes were filled with 440 g of soil, type Alfisol. The experimental design used was a randomized complete block design (RCB) with three replicates. Twelve seeds of each genotype were sown at a depth of 35 mm in each cylinder, and water equivalent to 50 mm of rainfall was applied to each cylinder, forming a descending gradient of moisture content down the cylinder. No further water was applied until the test entries showed severe wilting symptoms. Twenty-four hours after emergence, seedlings were thinned to six in each cylinder. Data on visual scores for wilting and recovery and the percentage of recovered plants were recorded using methods described earlier. Each line was represented by six seedlings in each cylinder. Two experiments were conducted:

Experiment 1: Seventy-four advanced breeding lines used in drought screening experiments at ICRISAT were grown with three replications on 13 September 1980. The stress was released 13 days after emergence when the plants in all plots showed severe wilting.

Experiment 2: Sixty-five germplasm lines were sown in three replications on 22 January 1981. The stress was released 13 days after emergence.

Field trials. Two field trials were conducted on a flat field, soil type Alfisol, prepared to a fine tilth. A randomized block design was used with two checks in each block and with three replications. Water was applied equivalent to 60 mm rainfall with sprinkler irrigations (perfo-sprayers) the day after sowing and there was no further irrigation. Visual scores for wilting and recovery and plant height and seedling dry weight (10 seedlings) were recorded. The plants grew in a regime of declining soil moisture over time.

Experiment 1: One hundred three germplasm lines were sown in a flat seed bed with two replications. The cultivars CSH1 and IS 1037, a released hybrid and a local cultivar respectively, were used as checks in each block. Single row plots of 100 cm length with 30 cm between row spacing were used. Each row had

15 plants with 6.5 cm spacing. Soil samples were collected for gravimetric soil moisture determination with a soil sampling tube at 29 and 54 days after sowing from depths of 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, and 15-20 cm. Plant height (at 39 days after planting), wilting score and recovery score were recorded.

Experiment 2: One hundred nine germplasm lines were planted in three replications on a flat seed bed of soil, type Alfisol, on 14 February 1980. The lines were sown in a randomised complete block design with three replications. Single row plots of 1.4 m length with a 30 cm between-row spacing were used. Plants were spaced at 5.5 cm within the row. Plant height (at 35 days after planting), seedling dry weight (at 35 days after planting), and visual scores for wilting and recovery were recorded.

Although the genotypes evaluated by different methods were different sets of genotypes, comparison among methods have been made on the basis of responses of common genotypes (16) used in different techniques.

RESULTS AND DISCUSSION

Genetic variation

Analysis of variance revealed that genotypes showed significant differences in visual scores for wilting, recovery score and percent recovery, both in

brick containers and PVC cylinders (Tables 1 and 2). In the field experiments, genotypes also showed significant differences in visual scores for wilting and recovery, and in plant height and dry weight. The present study establishes genetic variability for resistance to water stress in sorghum and thus resembles findings of other researchers in sorghum and other crops (3, 8, 11) (Tables 1 and 2).

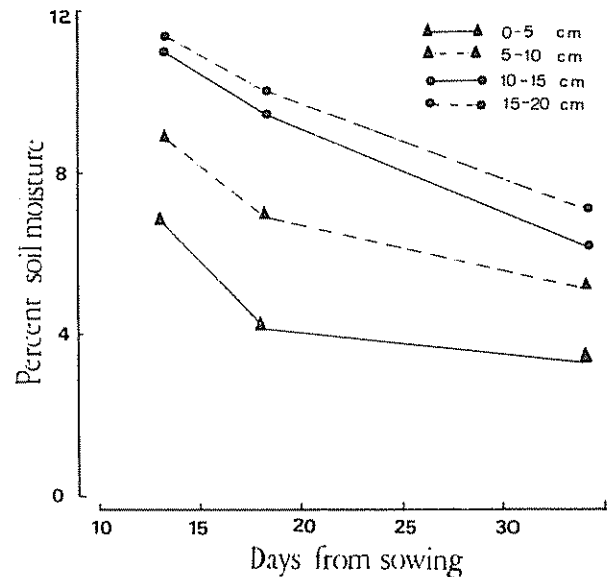


Fig. 1. Soil moisture depletion pattern at different depths.

Table 1. Mean, range and coefficient of variation (CV) for different seedling drought parameters measured in various experiments on sorghum breeding lines (Experiment 1) and germplasm lines (Experiment 2).

Experiments	Mean	Range	CV%
1. Brick containers			
Expt 1 a) Wilt score	3.0	1-5	23.0
b) Recovery score	3.3	1-5	21.6
c) Number of recovered plants	6.0	0.7-12.3	40.8
Expt 2 a) Wilt score	3.4	1.3-4.7	18.0
b) Recovery score	3.2	1-5	17.8
2. PVC cylinders			
Expt 1 a) Wilt score	3.0	1.7-4.7	12.8
b) Recovery score	3.0	1-5	14.4
c) Number of recovered plants	3.1	0-6	20.9
Expt 2 a) Wilt score	2.8	1-5	17.4
b) Recovery score	2.8	1-5	26.3
c) Number of recovered plants	3.4	0-6	30.4
3. Field			
Expt 1 a) Plant height cm	11.7	3.8-23.5	23.2
b) Wilt score	3.5	1-5	22.3
c) Recovery score	3.2	1-5	21.7
Expt 2 a) Plant height, cm	25.9	15.5-37.3	8.3
b) Wilt score, 45 days	3.3	1.3-5.0	18.5
c) Recovery score	3.2	1-5	19.0
d) Seedling dry wt, g	1.9	0.8-4.2	22.8

Table 2. Variance ratios for genotypic differences among sorghum breeding lines (Experiment 1) and germ-plasm lines (Experiment 2) for different drought parameters on seedlings in various experiments conducted.

	Expt. 1	Expt. 2
1. Brick containers		
a) Wilt score	1.17(NS)	1.43**
b) Recovery score	1.65**	1.96**
c) Recovered plants (number)	1.68**	—
2. PVC cylinders		
a) Wilt score	1.98**	3.10**
b) Recovery score	1.73**	6.25**
c) Recovered plants (number)	1.94**	6.70**
3. Field		
a) Plant height (cm)	1.99**	2.69**
b) Wilt score	1.95**	1.98**
c) Recovery score	1.68**	2.12**
d) Seedling dry weight (g)	—	1.81**

NS Not significant.

** Significant at 1% probability level

Comparison of different techniques in screening sorghum for drought resistance

Brick containers and PVC cylinders have the advantage of being reasonably controlled environments, unlike the field, where weather conditions vary and may affect the experiment.

Inter-cultivar competition was eliminated in PVC cylinders, while in the brick containers individual lines were grown in competition with neighbouring lines. In this system, susceptible lines wilt at an early stage compared to resistant lines, and this may be accentuated by competitive interaction among neighbouring lines. Therefore, it is difficult to assess drought tolerance in brick containers due to competition, where as in PVC cylinders the lines are isolated and the true capability of a line to tolerate water stress and recover with the release of stress can be easily assessed. The coefficient of variation (CV%) was higher in brick containers and field techniques

probably because of competition and field variability in soil water distribution, but lower in PVC cylinders with less scope for variation in soil water and no inter-cultivar competition (Table 1). Susceptible sorghum lines can easily be rejected using the PVC cylinder technique. Uniform levelling of soil in the brick containers and field to prevent localized water accumulation and the use of checks in each plot are useful ways of reducing local effects. It is necessary to ensure uniform application of water in field experiments by perfo-sprayers with suitable adjustment of perfo-lines, or by other suitable methods.

Relationship between drought response traits and probable selection criteria

When eight common lines have been selected from different techniques and correlations have been made among the drought parameters (Table 3) observed within an experiment, the seedling drought parameters generally showed highly significant correlations among themselves ($P < 0.01$) (Table 3). For example, in the PVC cylinders the correlations between the visual score for wilting and recovery score and recovery percent of plants were high ($r = 0.90^{**}$ and 0.90^{**} respectively; $P < 0.01$). In the brick container method, visual scores for wilting showed a positive correlation with recovery scores ($r = 0.87^{**}$). Unfortunately, the sets of genotypes used in different techniques are different, thus not allowing us to compare their response in different techniques. However, rank correlations were calculated among eight lines common to all screening methods. Recovery scores of lines in PVC cylinders showed a significant correlation with the recovery score of these lines in the field ($r = 0.80^{**}$, $P < 0.01$), but recovery scores of lines in brick containers did not show a significant correlation with those observed in the field ($r = 0.40^*$) (Table 3).

The high degree of association among recovery scores and number of recovered plants can be considered as reliable indices in selecting genotypes for seedling drought resistance in the field techniques, brick containers and the PVC cylinder ($r = 0.99^{**}$, 0.99^{**})

Table 3. Significant correlations between different drought resistance parameters ($P < 0.01$) observed in sorghum seedlings.

	Brick container	PVC cylinder	Field
Wilting score vs. recovery score	0.87	0.90	0.61
Wilting score vs. recovered plants (number)	0.66	0.90	
Recovery score vs. recovered plants (number)	0.95	0.99	

During the course of the experiments, several germplasm and breeder lines were selected for a high level of drought resistance at the seedling stage. These were: (germplasm) IS 2146, IS 5604, IS 3962, IS 1096, IS 4664 and IS 5642; (breeding) D-71914 m, D-71914, D-71939, IS 7389, IS 6834, D-71873, D-71824 and BG-74

CONCLUSION

The techniques described, although they have room for improvement, are simple and capable of being used to screen a large number of genotypes for

resistance to water stress at the seedling stage. Genotypes differed significantly in resistance to water stress at the seedling stage. Screening in PVC cylinders, with their uniform soil water distribution, seemed more efficient than screening in brick containers and in the field. Germplasm selected either on the basis of good agronomic traits or selected at random could be screened first in brick containers and then a final assessment of different lines could be made in PVC cylinders. The performance of the lines selected needs to be further tested under drought-prone situations in the field. Eventually, lines with good agronomic traits will be available to the researchers as sources for these traits.

LITERATURE CITED

1. DOUGLAS, A J ; ASSAY, R.H. 1978. A technique in assessing seedling emergence under drought stress. *Crop Science* 18:520-522
2. HEYNE, E.G. ; BRUNSON, A.M. 1940. Genetic studies of heat and drought tolerance in maize. *Journal of the American Society of Agronomy* 32:803-814
3. HEYNE, E.G. ; LAUDE, H.H. 1940. Resistance of corn seedlings to high temperatures in laboratory tests. *Journal of the American Society of Agronomy* 32:116-126
4. HSIAO, I.C. ; ACEVEDO, E. 1974. Plant responses to water deficits, water use efficiency and drought resistance. *Agricultural Meteorology* 14:59-84.
5. NOUR, A.E.M. ; WEIBEL, E.E. ; TODD, G.W. 1978. Effect of repeated drought periods on the survival of sorghum seedlings. *Agronomy Journal* 70:509-510
6. POWELL, L.M. ; PFEIFER, R.P. 1956. The effect of controlled limited moisture on seedling growth of Cheyenne winter wheat selections. *Agronomy Journal* 48:555-557
7. SAMMONS, D.J. ; PETERS, D.B. ; HYMOWITZ, I. 1978. Screening soybeans for drought resistance. I. Growth chamber procedure. *Crop Science* 18:1050-1055.
8. SAMMONS, D.J. ; PETERS, D.B. ; HYMOWITZ, I. 1979. Screening soybeans for drought resistance; Drought box procedure. *Crop Science* 19:719-721
9. SHARMA, M.L. 1976. Interaction of water potential and temperature effects on germination of three semi-arid plant species. *Agronomy Journal* 68:390-394.
10. WILLIAMS, I.V. ; SNELL, R.S. ; ELLIS, J.F. 1967. Methods of measuring drought tolerance in corn. *Crop Science* 7:278-285.
11. WILSON, G.L. ; RAJU, P.S. ; PEACOCK, J.M. 1982. Effect of soil temperature on seedling emergence in sorghum. *Journal of Agricultural Science* 52:848-851.

Consumo de Carbono, Productividad Microbiana y Actividad Biológica en Suelos Suplementados con Glucosa: Efecto de la Cantidad de Sustrato Incorporada, Tipo de Suelo, Temperatura y Humedad¹

R. Alvarez*, O.J. Santanotoglia*

ABSTRACTS

Different soils were altered with glucose to study the effects of the addition of assimilable carbon on soil biological activity and biomass. The rate of carbon utilization increased with the quantity of substrate added and when soluble glucose was exhausted, about 45% of the incorporated carbon still remained in the soil. The growth yield varied from 44 to 14% and carbon consumption for maintenance rose from 1.5 to 17 mg C.g⁻¹ C-biomass.h⁻¹ as glucose concentration increased. Formed biomass died with time; apparently the remaining carbon was utilized. This process was more intense where higher doses of glucose were added. Soil organic matter, temperature and water content affected substrate metabolism during the initial days of incubation but their effects disappeared after four months.

INTRODUCCION

La utilización microbiana de sustratos carbonados en el suelo está afectada por la cantidad de carbono disponible para los microorganismos. Así, la eficiencia aparente de conversión de sustrato en biomasa disminuye en suelos suplementados con glucosa al aumentar la cantidad incorporada (17); se ha observado una menor residualidad de grandes aportes de la misma, respecto a pequeños agregados. Luego de varios meses de incubación (1) También, las propiedades del suelo influyen sobre ella. La fertilidad nitrogenada tiene un efecto de aceleración sobre la velocidad de utilización del carbono asimilable (5), en tanto que las partículas finas ejercen una acción protectora sobre este elemento, disminuyendo su ritmo de consumo (18, 21).

Como factores de control de la actividad biológica, la temperatura y la humedad juegan un papel importante en la regulación del consumo del material ener-

COMPENDIO

Para determinar el efecto del agregado de carbono fácilmente asimilable sobre la microflora edáfica, se suplementaron varios suelos con glucosa y se siguió la actividad biológica y la biomasa microbiana durante cuatro meses. El ritmo de consumo aumentó con la cantidad de sustrato incorporada, quedando en el suelo como remanente, al agotarse la glucosa soluble, aproximadamente un 45% del carbono agregado. El rendimiento en biomasa microbiana decreció del 44 al 14% al subir la dosis de glucosa, el requerimiento de mantenimiento pasó de 1.5 a 17 mg C.g⁻¹ C-biomasa.h⁻¹. Con el transcurso de los meses se produjo la muerte gradual de la biomasa formada y consumo del carbono remanente, siendo este proceso más intenso donde se agregó más material energético. El nivel de materia orgánica del suelo, la temperatura y la humedad influyeron sobre el proceso de utilización del carbono durante los primeros días de incubación pero, a los cuatro meses, desaparecieron sus efectos.

gético (9, 14, 20), existiendo un nivel óptimo para cada una, en el cual el sustrato se utiliza más rápidamente, dependiendo de la interacción entre ambas variables (4)

El objeto de este trabajo es determinar cómo influye la cantidad de glucosa que se agrega al suelo sobre el ritmo de consumo, el rendimiento del desarrollo y el mantenimiento celular de la flora microbiana y qué efecto tienen algunas propiedades edáficas, la temperatura y la humedad sobre la actividad biológica de los suelos suplementados y sobre la residualidad del aporte carbonado.

MATERIALES Y METODOS

Los suelos utilizados, cuyo origen y principales propiedades se indican en el Cuadro 1, fueron tomados del horizonte superficial, secados al aire, molidos y tamizados por malla de 2 mm. Diez días antes de comenzar las incubaciones se les humedeció a capacidad de campo y se les mantuvo a temperatura ambiente hasta el inicio de las experiencias. Porciones equivalentes a 50 g de suelo seco se pesaron en frascos de vidrio de 250 ml de capacidad y se les agregó glucosa en solución en dosis de 0 a 4 000 µg C g⁻¹ suelo. En algunos casos, las soluciones de glucosa se marcaron con D-(1-¹⁴C)-glucosa de una actividad especi-

¹ Recibido para publicación el 15 de diciembre 1988. Agradecemos al Dr. Noe Altshuler de la Comisión Nacional de Energía Atómica por la donación de la glucosa marcada utilizada.

* Centro de Radiobiología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Avenida San Martín 4453 (1417), Buenos Aires, República Argentina.

fica de $6.66 \text{ GBq} \cdot \text{mMol}^{-1}$ para lograr una actividad final de $1.33 \text{ MBq} \cdot \text{g}^{-1}$ suelo. La humedad de los suelos se llevó al 50% de la CRH y la temperatura de incubación fue de 30°C a menos que se indique otra cosa.

La presencia de glucosa libre en la solución del suelo se determinó por el método del fenol (7) sobre extractos obtenidos por agitación de 3 g de suelo húmedo con $(\text{OH})_2\text{Ca}$ al 0.2% en relación 1:5, agitados durante 10 minutos y clarificados por centrifugación. Esta técnica permitió obtener una recuperación cuantitativa en ensayos previos de adición de glucosa al suelo. La respiración microbiana se midió por el método de absorción en álcali empleando OHK y titulando el exceso del hidroxido con HCl, usando fenofaleína como indicador. Para determinar la cantidad de carbono generado a partir del sustrato marcado, se realizó la absorción del $^{14}\text{C}\text{-CO}_2$ en OHK 1 N. En el momento de la medición se diluyó el álcali en una relación 1:4 y se contó 0.5 ml de esta solución en cazoletas metálicas con un tubo Geiger-Müller de ventana de $2\text{-}3 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ con una eficiencia de conteo del 4%. Con este sistema se produjo una pérdida de actividad por autoabsorción del 7% por lo que las mediciones se corrigieron por este factor. El contenido de carbono en la biomasa microbiana se analizó por la técnica de la fumigación con cloroformo (9). En algunos casos, este método no pudo ser aplicado sobre muestras recientemente suplementadas con glucosa por razones que se indican más adelante, debido a lo cual el carbono microbiano se estimó con base en la producción de C-CO_2 del suelo fumigado sobre un factor de mineralización de 0.7 (2).

Se establecieron cinco repeticiones para cada tratamiento y el análisis de los datos se efectuó por ANVA y el test de Duncan. La comparación de las pendientes de los modelos de regresión se hizo mediante la prueba de t.

RESULTADOS Y DISCUSION

Utilización del sustrato y desarrollo celular

El ritmo de consumo de glucosa, en el suelo 4 de textura franco-limosa, varió de 100 a $500 \mu\text{g C} \cdot \text{g}^{-1}$ suelo $\cdot \text{d}^{-1}$ al incrementarse la cantidad suplementada de 200 a $4000 \mu\text{g C-glucosa} \cdot \text{g}^{-1}$ suelo, lo que determinó que el tiempo necesario para que desapareciera la misma de la solución edáfica, aumentarse a tasa decreciente (Fig. 1a). También se ha observado mayores velocidades de utilización en suelos arenosos (6), al incrementarse la dosis aplicada de glucosa. Este fenómeno podría ser el resultado de dos procesos distintos; por un lado, la mayor concentración del sustrato generada con mayores aportes, favorecería una más rápida difusión y absorción de las moléculas de glucosa por las células microbianas y por el otro, la mayor

cantidad de biomasa formada consumiría el carbono remanente más rápido.

La utilización de la técnica de Jenkinson y Powelson (9) para determinar la biomasa microbiana en los suelos suplementados dio valores anómalos e inclusive negativos, pocos días luego del agregado de la glucosa, donde se incorporó grandes cantidades de sustrato (Cuadro 2). Esto se debe a que el método ha sido ideado para aplicarse en suelos que no han recibido recientemente aportes energéticos y donde, en conse-

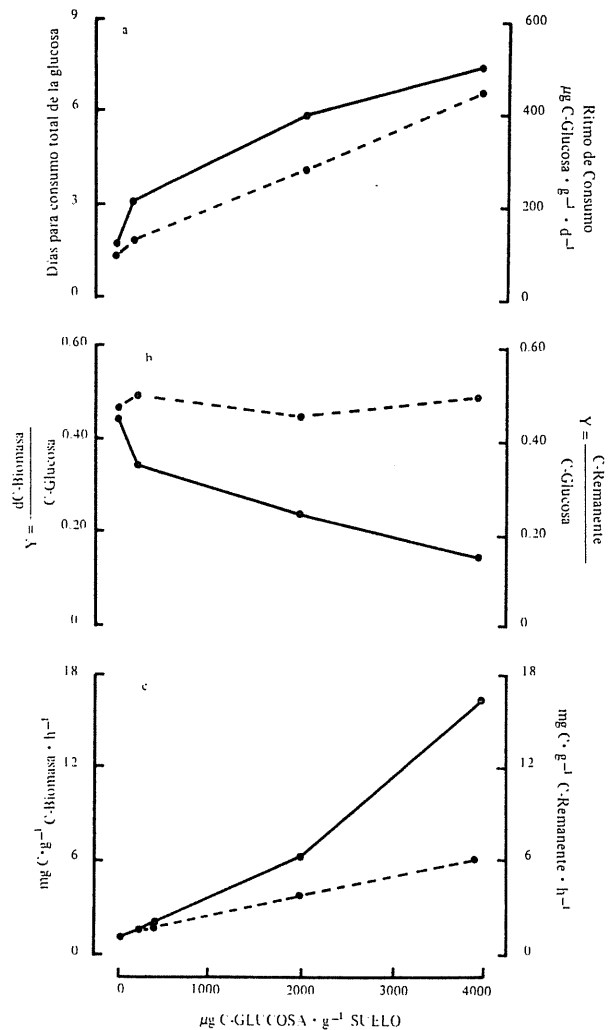


Fig. 1. Relación entre (a) dosis de glucosa incorporada al suelo y el consumo de carbono (a), el rendimiento del desarrollo (b) y el mantenimiento celular (c). Las líneas de puntos corresponden al eje izquierdo.

$Y = \frac{\text{Rendimiento aparente del desarrollo, C-Glucosa}}{\text{C-Biomasa}} = \frac{\text{Aumento del C-Biomasa del tratamiento suplementado respecto al testigo.}}{\text{C-Biomasa}}$

$Y = \frac{\text{C-Remanente}}{\text{C-Glucosa}} = \frac{\text{Cantidad del carbono agregado remanente calculada asumiendo que la diferencia entre el C-CO}_2 \text{ producido por el suelo suplementado y el testigo proviene del sustrato.}}{\text{C-Glucosa}}$

Cuadro 1. Principales propiedades de los suelos.

Suelo	Origen	Clasificación	Textura	% arc.	% limo	% are.	% Corg.	pH
1	La Carlota (Córdoba)	Hapludol entico	Franco-arenosa	5.2	38.7	56.1	1.25	6.3
2	Los Toldos (Buenos Aires)	Hapludol típico	Franco-limoso	10.2	50.9	38.9	2.69	6.0
3	Rojas (Buenos Aires)	Argiudol típico	Franco-limosa	15.9	69.0	15.1	3.04	6.3
4	Fac. Agron. (Buenos Aires)	Argiudol típico	Franco-limosa	15.2	75.0	9.8	1.56	5.8

cuencia, la respiración del suelo testigo es baja. Aquí, durante los primeros días de incubación, la actividad biológica del suelo no fumigado, (aún luego del consumo total de la glucosa) llegó a ser 11 veces superior a la de las muestras que no fueron suplementadas. Por ello, el carbono microbiano se estimó en forma aproximada utilizando solamente la producción de C-CO₂ del suelo fumigado.

Luego de que la glucosa soluble desapareció del suelo, la cantidad de carbono agregado remanente, determinada por el método diferencial, osciló entre el 40 y el 49%, manteniéndose independiente del volumen de sustrato agregado; sin embargo, el rendimiento en biomasa decreció al aumentar la dosis de glucosa (Fig. 1b). Debido a ello, con el suplemento de 200 µg C-glucosa.g⁻¹ suelo, casi todo el carbono no respirado formaba parte de cuerpos microbianos vivos, en tanto que, al aumentar la cantidad de sustrato, menor era la fracción que constituía a éstos y más carbono se encontraba como productos del metabolismo. El agotamiento de algún elemento esencial para el crecimiento de la flora parecería ser la causa de este fenómeno, determinando que los microorganismos que no estaban limitados en carbono, pero sí en otro factor de desarrollo, derivasen el exceso de sustrato asimilable hacia la síntesis de polisacáridos (2).

Para estimar el requerimiento energético de mantenimiento de la biomasa microbiana se midió la producción de C-CO₂ de los suelos suplementados durante las 24 horas siguientes al momento en que se consumió totalmente la glucosa; en base a la masa celular presente en ese momento se calculó el coeficiente de mantenimiento. Este procedimiento se sustenta en el supuesto de que, cuando el sustrato asimilable se termina, la biomasa deja de crecer y todo el carbono que utiliza lo deriva para cumplir las funciones de sostén del metabolismo, no incorporando por lo tanto al elemento y liberándolo como C-CO₂. Este supuesto, aparentemente, se cumplió a los fines del cálculo ya que la biomasa disminuyó durante el período considerado entre el 1 y el 3% según el tratamiento. En el caso del suelo testigo, donde la misma no varió en la primera semana de incubación, se determinó el man-

tenimiento como la producción diaria media de C-CO₂ sobre la biomasa presente. El consumo de carbono por unidad de carbono así calculado, aumentó con la dosis de glucosa aplicada, llegando a ser hasta 11 veces mayor al del testigo (Fig. 1c). Dicho consumo siguió la misma tendencia cuando se calculó computando el carbono en la biomasa más el carbono agregado remanente. La multiplicación de organismos adaptados a crecer en medios con alta concentración de carbono disponible y con un intenso metabolismo celular podría explicar este hecho. En el suelo, el sustrato energético suele ser un factor limitante para el desarrollo por lo que es de esperar que su flora original esté compuesta por formas de bajo requerimiento carbonado. De esta manera, cuanto más glucosa se agrega se produce más nueva biomasa, disminuyendo la proporción de la población microbiana representada por los organismos presentes al inicio de la incubación y aumentando en consecuencia el mantenimiento celular.

Con el transcurso del tiempo disminuyó la biomasa microbiana en todos los tratamientos y especialmente en el caso de los suelos suplementados, tendiendo a igualarse al testigo. Este proceso de muerte de la biomasa formada tras el agregado de materiales energéticos, cuando éstos se agotan, es normal en el suelo (3, 11, 13, 15, 19). El carbono remanente también dismi-

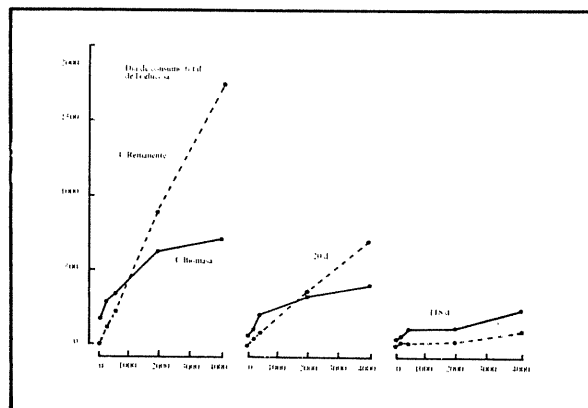


Fig. 2. Variación del Carbono Remanente y de la biomasa microbiana en función de la dosis de glucosa y del tiempo de incubación.

nuyó con el tiempo y se redujo proporcionalmente más con las mayores dosis de glucosa (Fig. 2). Si bien el método diferencial no permite identificar el origen del carbono respirado, el balance que se realiza mediante su aplicación indica que las muestras que recibieron más glucosa respiraron una cantidad de carbono equivalente a una mayor fracción de ella.

Efecto de factores ambientales

El ritmo inicial de producción de C-CO₂ estuvo marcadamente influenciado por el tipo de suelo, la temperatura y la humedad (Fig. 3). De los factores edáficos, el contenido de materia orgánica parecería ser la propiedad más importante en determinar la velocidad de utilización del sustrato ya que en el suelo 3, con alto tenor de este elemento, la actividad biológica fue significativamente mayor durante los dos primeros días de incubación (P = 0.05) y la glucosa se consumió más rápido. La mayor temperatura también produjo una respiración más intensa durante el primer día (sig. P = 0.01) y un más alto ritmo de utilización del carbono agregado. Niveles crecientes de humedad determinaron que se redujera el período de retraso previo a la aparición de un pico de generación de C-CO₂ y que este fuera más importante, desapareciendo la glucosa de la solución del suelo antes con mayores tenores hídricos.

La producción acumulada de C-CO₂ de los suelos no suplementados se ajustó al modelo lineal (Fig. 4)

Cuadro 2. Determinación del carbono en la biomasa microbiana usando como control la producción de C-CO₂ del suelo no fumigado y sin usar control.

Tratamiento μg C-glucosa.g ⁻¹ s.	μg C-biomasa.g ⁻¹ suelo					
	F _{O-10} -NF ₁₀₋₂₀ 0.45			F _{O-10} 0.7		
	CG	20 d	118 d	CG	20 d	118 d
0	209	161	109	186	157	110
200	309	208	122	274	191	127
400	347	263	198	311	243	179
2 000	720	432	157	683	384	157
4 000	220	-176	224	751	463	387

CG representa el día en que desapareció la glucosa de la solución del suelo en cada tratamiento.

F₀₋₁₀ = producción de C-CO₂ del suelo fumigado con cloroformo en el período 0-10 días de incubación.

NF₁₀₋₂₀ = producción de C-CO₂ del suelo no fumigado en el período 10-20 días de incubación.

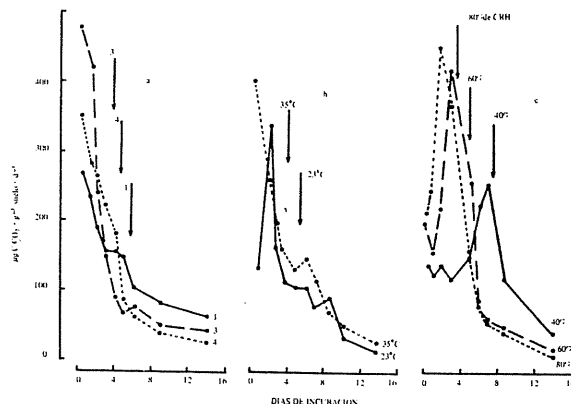


Fig. 3. Ritmo respiratorio de suelos suplementados con 2000 μg C-glucosa · g⁻¹ suelo. Las flechas indican el día en que ya no se detectó glucosa soluble. a. Los números indican el suelo utilizado, b. Se usó el suelo 2, c. Se usó el suelo y

siendo en todos los casos el coeficiente de correlación ≥ 0.99 (sig. P = 0.001). La pendiente de la recta de regresión del suelo 3 fue significativamente mayor (P = 0.001) que las de los suelos 1 y 4. El aumento de la temperatura de 23°C a 35°C produjo un incremento del 200% en la tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo (sig. P = 0.001) y al subir el tenor de agua también aumentan significativamente las pendientes de las regresiones (P = 0.001).

La materia orgánica regula en gran medida la actividad biológica al actuar como fuente de energía y nutrientes para los microorganismos (16). Esto explica la mayor respiración producida en el suelo más rico en carbono. Con respecto a la temperatura, se cumplió la regla de van t'Hoff, según la cual la velocidad de un proceso biológico a (t + 10°C) es 2-3 veces mayor que a t. La actividad microbiana en relación al contenido de humedad del suelo suele ser máxima entre el 40 y 100% de la CRH siguiendo en general una

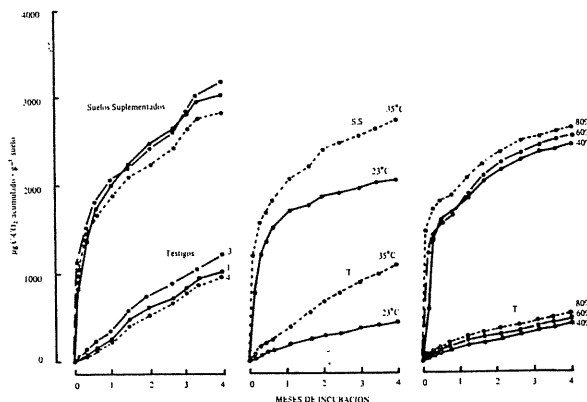


Fig. 4. Producción acumulada de C-CO₂ de suelos suplementados con 2000 μg C-glucosa · g⁻¹ suelo a) comparación de suelos 1, 2 y 3, b) efecto de la temperatura y c) efecto del nivel de humedad (% CRH).

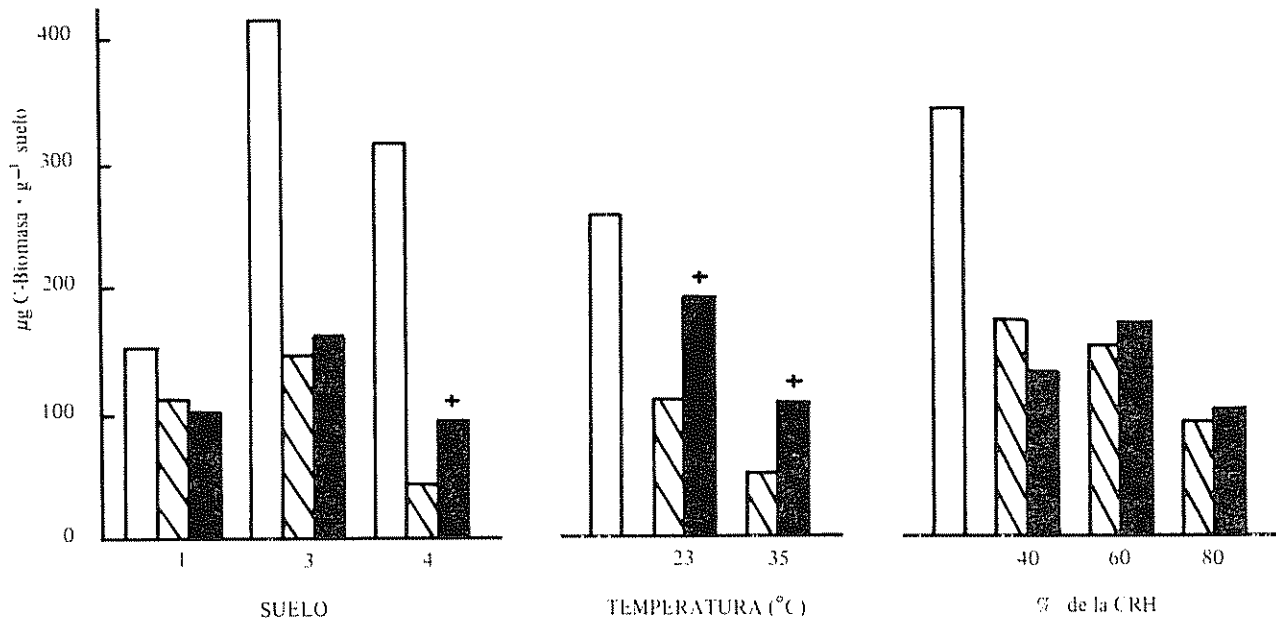


Fig. 5 Biomasa microbiana inicial y final de los suelos testigos y suplementados. Biomasa inicial, biomasa final suelo testigo, biomasa final suelo suplementado. Las + indican diferencias significativas ($P = 0.01$) entre la biomasa final de los suelos suplementados y los testigos. El efecto de la temperatura se probó en el suelo 2 y el de la humedad en el suelo 4.

tendencia parabólica (8). Aquí, la respiración aumentó de manera casi lineal entre el 40 y 80% de la CRH no llegando a observarse disminución de la producción de $C-CO_2$ por exceso de humedad.

Luego de las primeras semanas de muy intensa actividad biológica, en los suelos suplementados el ritmo de producción de $C-CO_2$ tendió lentamente a igualarse al de los testigos. La cantidad del carbono agregado, remanente, determinada por el método diferencial, osciló entre el 39 y el 56% en el momento de consumo total de la glucosa. A los siete días de incubación, la diferencia entre la cantidad de $C-CO_2$ respirada por las muestras a las que se agregó carbono y los testigos fue significativamente mayor para los suelos 3 y 4 respecto al 1 ($P = 0.01$), para $35^\circ C$ respecto a $23^\circ C$ ($P = 0.01$) y para 80% de la CRH respecto a 60% y de este respecto a 40% ($P = 0.05$). Estas diferencias desaparecieron a los cuatro meses de incubación. Por otro lado, el contenido de carbono microbiano disminuyó en todos los casos, al fin de las experiencias, en relación al tenor inicial (sig. $P = 0.01$), no habiendo, excepto en algunos casos, diferencias significativas entre la biomasa de las muestras suplementadas y los testigos (Fig. 5). Estos resultados sugieren que las propiedades edáficas y condiciones de incubación afectan fundamentalmente la velocidad de utilización de la glucosa soluble y de los materiales celulares recientemente formados, tendiendo a estabilizarse la actividad biológica y la biomasa microbiana en niveles semejantes para los distintos tratamientos, luego de varios meses. Similares con-

clusiones se desprenden de los datos de Chahal y Wagner (5) sobre el efecto de la fertilidad y de Zunino *et al* (21) sobre la influencia de materiales alófanos en lo referente a residualidad de los aportes de glucosa al suelo.

Dinámica del primer carbono

La dinámica del primer carbono siguió en general una tendencia semejante a la del carbono total. Luego de una rápida caída inicial de la cantidad remanente, la velocidad de disminución de ésta fue decreciendo de manera gradual (Fig. 6). El proceso se ajustó a un modelo potencial negativo ($r \geq 0.99$; sig. $P = 0.05$), no habiendo diferencias entre las pendientes de las curvas correspondientes a distintos tipos de suelos y contenidos de humedad. En el caso de la temperatura, a $23^\circ C$ quedaba en el suelo, al consumirse totalmente la glucosa, 55% del $^{14}C_1$ incorporado y a $35^\circ C$ 64% (Dif. Sig. $P = 0.01$). A partir de ese momento, la tasa de pérdida de carbono fue semejante en ambos tratamientos. Esta diferencia, opuesta a la observada sobre el carbono total en base al método diferencial, parecería deberse a que el primer carbono siguió rutas metabólicas, distintas según la temperatura.

En resumen, el agregado de carbono fácilmente asimilable al suelo determina la proliferación de microorganismos con un alto ritmo de consumo energético, que, luego de utilizar el sustrato carbonado aprovechan el propio material celular. Crecientes aportes

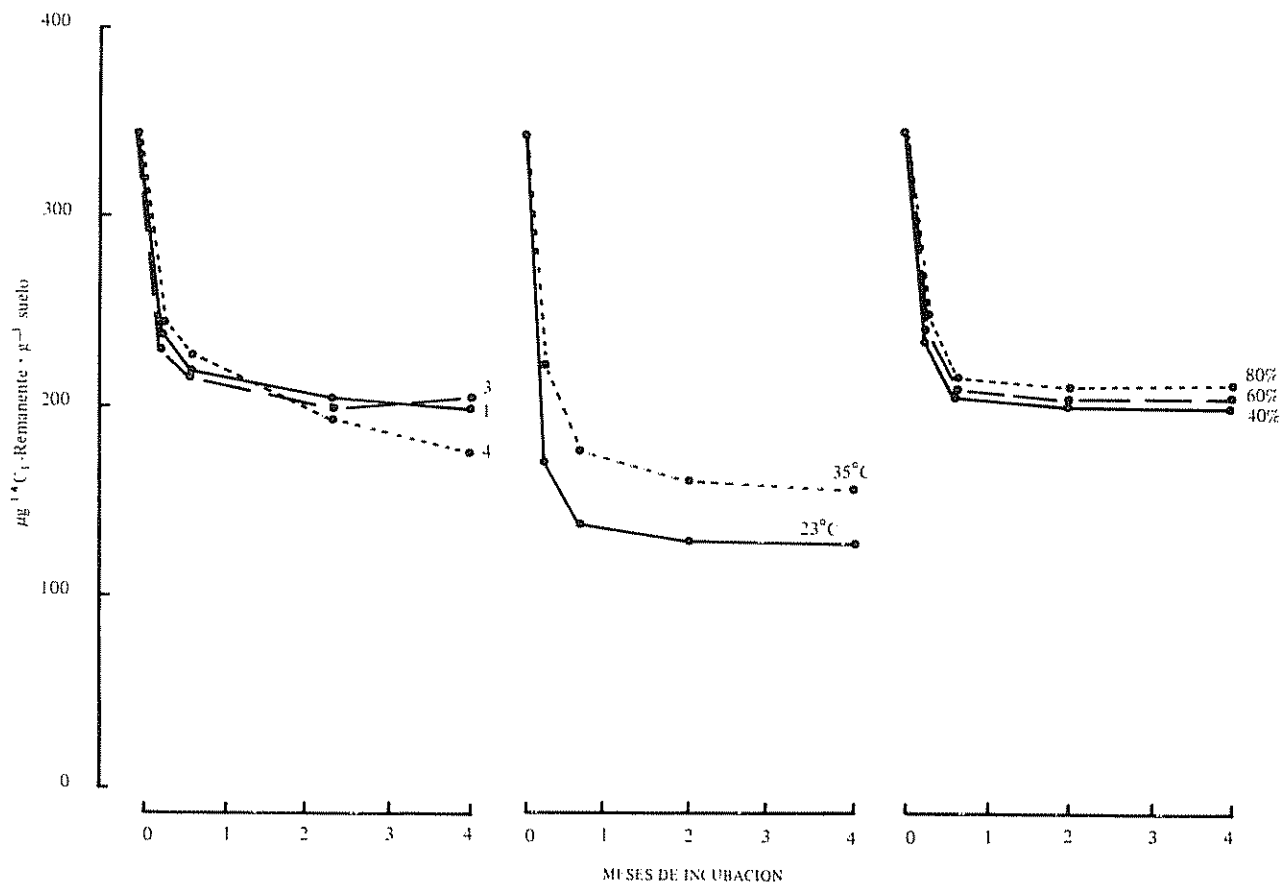


Fig 6 Variación del $^{14}\text{C}_1$ -Glucosa Remanente.

de glucosa generan mayor producción de esta biomasa metabólicamente más activa que la original del suelo y en consecuencia, una cantidad de carbono equivalente a una mayor fracción de la misma se des-

prende como C-CO_2 . El tipo de suelo, la temperatura y la humedad influyen sobre este proceso en las etapas iniciales pero luego de varios meses de incubación tienden a desaparecer sus efectos.

LITERATURA CITADA

1. ALVAREZ, R.; SANTANATOGLIA, O.J. 1986. Respuesta respiratoria del suelo al agregado de distintas cantidades de carbono asimilable. In Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (11., 1986, Neuquén)
2. ALVAREZ, R.; SANTANATOGLIA, O.J. 1987. Determinación de la biomasa microbiana del suelo por el método de la fumigación con cloroformo usando tres procedimientos diferentes. A consideración Rev. Fac. Agron. (UBA).
3. AMATO, M.; LADD, J.N. 1980. Studies of nitrogen immobilization and mineralization in calcareous soils. V. Formation and distribution of isotope-labelled biomass during decomposition of ^{14}C - and ^{15}N -labelled plant material. Soil Biology and Biochemistry 12:405-411
4. BODDY, L. 1983. Carbon dioxide release from decomposing wood: effect of water content and temperature. Soil Biology and Biochemistry 15:501-510.
5. CHAHAL, K.S.; WAGNER, G.H. 1965. Decomposition of organic matter in sandborn field soils amended with C^{14} glucose. Soil Science 100:96-103.
6. CODDY, P.N.; SOMMERS, L.L.; NELSON, D.W. 1986. Kinetics of glucose uptake by soil microorganisms. Soil Biology and Biochemistry 18:283-289.
7. HERBERI, D.; PHIPPS, P.J.; STRANGE, R.E. 1971. Carbohydrate analysis and methods in microbiology. v. 5B, p. 265-278.
8. INO, Y.; MONSI, M. 1969. An experimental approach to the calculation of CO_2 amount evolved from several soils. Jap. Journ. Bot. 20:153-188.

9. JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.A. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. -V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry* 8:209-213.
10. JENKINSON, D.S.; AYANABA, A. 1977. Decomposition of carbon-14 labelled plant material under tropical conditions. *Soil Science Society of America Journal* 41:912-915.
11. KELLEY, K.R.; STEVENSON, F.J. 1985. Characterization and extractability of immobilized ^{15}N from the soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry* 17:517-523.
12. KNAPP, E.B.; ELLIOTT, L.F.; CAMPBELL, G.S. 1983. Carbon, nitrogen and microbial biomass interrelationships during the decomposition of wheat straw: a mechanistic simulation model. *Soil Biology and Biochemistry* 15:455-461.
13. LADD, J.N.; OADES, J.M.; AMATO, M. 1981. Microbial biomass formed from ^{14}C , ^{15}N -labelled plant material decomposing in soils in the field. *Soil Biology and Biochemistry* 13:119-126.
14. MOORE, A.M. 1986. Temperature and moisture dependence of decomposition rates of hardwood and coniferous leaf litter. *Soil Biology and Biochemistry* 18: 427-436.
15. NANNIPIERI, P.; JOHNSON, R.L.; PAUL, E.A. 1978. Criteria for measurement of microbial growth and activity in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 10: 223-229.
16. SCHNURER, J.; CLARHOLM, M.; ROSSWALL, I. 1985. Microbial biomass and activity in an agricultural soil with different organic matter contents. *Soil Biology and Biochemistry* 17:611-618.
17. SPARLING, G.P.; ORD, B.G.; VAUGHMAN, D. 1981. Microbial biomass and activity in soil amended with glucose. *Soil Biology and Biochemistry* 13: 99-104.
18. VAN VEEN, J.A.; LADD, J.N.; AMATO, M. 1985. Turnover of carbon and nitrogen through the microbial biomass in a sandy loam and a clay soil incubated with (^{14}C (U)) glucose and (^{15}N) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ under different moisture regimes. *Soil Biology and Biochemistry* 17:747-756.
19. VORONEY, R.P.; PAUL, E.A. 1984. Determination of k_c and k_n in situ for calibration of the chloroform fumigation-incubation method. *Soil Biology and Biochemistry* 16:9-14.
20. WILSON, J.M.; GRIFFIN, D.M. 1975. Water potential and the respiration of microorganisms in the soil. *Soil Biology and Biochemistry* 7:199-204.
21. ZUNINO, H.; BORIE, F.; AGUILERA, S.; MARTIN, J.P.; HAIDER, K. 1982. Decomposition of ^{14}C -labelled glucose, plant and microbial products and phenols in volcanic ash-derived soils of Chile. *Soil Biology and Biochemistry* 14:37-43.

Notas y Comentarios

Premio Nobel de Química de 1988

Los ganadores del Premio Nobel de Química de 1988, Johann Deisenhofer, Robert Huber, y Harmut Michel, ha recibido este galardón sólo después de haber desenredado el complejo conjunto molecular que es el motor de la fotosíntesis, el llamado "centro de la reacción fotosintética"

La fotosíntesis es la reacción química más importante en el mundo biológico. Las plantas de color verde dependen de ella para convertir el agua y el dióxido de carbono en oxígeno y azúcares, usando la luz solar y un pigmento verde, la clorofila. Durante los últimos 30 años, físicos, químicos y biólogos han estado tratando de elucidar cómo funciona la fotosíntesis.

En el corazón del proceso está el centro de reacción fotosintética, una estructura compleja de proteínas y pigmentos situada en la membrana en la que ocurre la fotosíntesis. En este centro, las moléculas de proteína capturan fotones de luz. Esto excita a las moléculas en forma tal que ellas liberan electrones, que saltan a través del centro, produciendo una separación de cargas eléctricas que suministran energía a las células vegetales.

Los científicos alemanes hicieron su descubrimiento extractando el centro de reacción presente en las membranas de ciertas bacterias fotosintetizadoras. Lo cristalizaron y analizaron su estructura usando la difracción con rayos-X.

Los biólogos están de acuerdo que esto representa el avance más importante para la comprensión de la fotosíntesis en 20 años. Fue también la primera vez que se ha podido revelar en tres dimensiones la estructura completa de una proteína ligada a la membrana celular.

Sin embargo, a pesar de que un consejero del Comité Nobel, Jim Barber, del Imperial College, Londres, ha estado recomendado el trabajo de los tres alemanes durante varios años, otras personas sostienen que el trabajo básico para esta rotura de frente ha sido hecho anteriormente por otros grupos, particularmente en los Estados Unidos. Nina Hall, especialista en Ciencia, y Debora MacKenzie, editora europea, escriben en la revista en que trabajan, *New Scientist* 120(1 636):31 y señalan varios trabajos básicos sobre este tema. Esto no es de extrañar porque el enigma de la fotosíntesis ha fascinado a los científicos desde que se conoció esta función de las plantas verdes que aprovechan la luz solar para producir hi-

dratos de carbono de la manera más eficiente que se conoce. En comentarios ya publicados y por publicar, he comentado sobre progresos en investigaciones sobre la fotosíntesis y cómo los genes se reubican para intensificar su acción sobre la fisiología. Recordemos los premios Nobel de Química de Melvin Calvin (1961), por establecer las reacciones químicas que ocurren durante la fotosíntesis, y el de Medicina y Fisiología de 1963 a Bárbara McClintock, quien toda su vida ha trabajado con el maíz, y quien descubrió que los genes cambiaban de lugar en los cromosomas, agrupándose para ejercer su función más eficientemente (los genes "controladores" *Turrialba* 33(4): 416, 1983), fenómeno sobre el que se habla cada vez más en el mundo científico. Merece ser recordado también que ambos, Calvin y McClintock, recibieron sus premios sin compartirlos con otros científicos, lo que ocurre en la actualidad cada vez menos.

Las comentaristas de *New Scientist* mencionan, entre otros, a Roderick Clayton, de la Universidad de Cornell, quien al final de los novecientos sesenta fue el primero en aislar un centro de reacción fotosintética en una bacteria llamada *Rhodobacter sphaeroides*. Posteriormente, Phillip Thornber, en la Universidad de California, en los Angeles, aisló el centro de reacción en *Rhodospseudomonas viridis*. George Feher, en la Universidad de California, También analizó el centro de reacción usando técnicas bioquímicas y espectroscópicas, del *Rh. sphaeroides*, para analizar los pigmentos y proteínas y para determinar su estructura.

Y así continúan las comentaristas de *New Scientist* citando otros trabajos anteriores a los premiados. Me interesó especialmente el nombre de Michael Garavito, de la Universidad de Chicago, quien en 1980 fue uno de los primeros en cristalizar las proteínas de las membranas más o menos al mismo tiempo que Michel. Su apellido es netamente peruano; proviene del nombre quechua del famoso cacique Garabito.

En resumen, el ataque de las comentaristas al parecer proviene de su oposición a las ideas del consultor del Comité Nobel, Jim Barber, quien recomendaba insistentemente a los tres premiados sin tener una base firme para la exclusión de otros.

Coincidentemente, otra revista inglesa, *The Economist*, cuyo redactor científico ha recibido varios premios anuales por su labor periodística, no hace ningún comentario sobre el Premio Nobel de Química del presente año (1988). Presenta más bien un informe sobre los esfuerzos de los científicos ingleses sobre proteínas mutantes, y lo que llama ingeniería de proteínas, que puede hacer que bacterias o células en cultivo, tengan mutaciones que aumenten en veinte

veces sus rendimientos. Se pueden hacer así proteínas que producen mucho más rendimiento en su labor.

Es posible que la reacción haya sido debida a la terquedad del consejero Barber de promover a sus amigos ante el Comité Nobel, ignorando a otros. Las comentaristas creen que Huber es el miembro que menos merece el premio. Algunos creen que Michael es el que hizo un trabajo merecedor del premio y que se debió incluir a Dieter Oestelhelt, del Instituto Max Plank de Bioquímica, cerca de Munich. En fin, espere-mos a que se aclare este debate. A.G.

Un uso para fruta agrusana

Algunas aves en los bosques tropicales húmedos les suministran proteína extra a sus polluelos comiendo fruta infestada con los huevos y larvas de la mosca de la fruta. R. Drew, del Department of Primary Industries en Queensland, Australia, ha encontrado que las bayas maduras de tabaco silvestre (*Solanum mauritianum*) que están infestadas con huevos y larvas de la mosca de la fruta (*Daucus cucuminatus*), contienen unas dos veces más el nivel de aminoácidos encontrado en frutas sin infestar (*Zoological Journal of the Linnean Society*, v. 93, p. 107).

En los bosques tropicales de Queensland, la fruta del tabaco silvestre está en la cúspide de su madurez durante la estación reproductiva de la paloma parda, esto es, cuando los pájaros necesitan comer más fruta para alimentar a sus crías y en ese momento, todas las bayas están infestadas por la mosca de la fruta. Drew sugiere que los niveles mayores de aminoácidos en la fruta infestada enriquecen el "caldo" que una paloma regurgita de su comida para ponérselo en la garganta de sus polluelos. La fruta enriquecida es una alternativa a insectos como fuente de proteínas, lo que hace superflua la ardua tarea de buscarlos y cazarlos.

El incremento en aminoácidos en la fruta probablemente ocurre de dos maneras. Primero, las bacterias entran en la fruta cuando la mosca deposita sus huevos. Las colonias de bacterias crecen y nutren las larvas en desarrollo. Drew sugiere también que el nivel de aminoácidos aumenta conforme la planta repara el tejido dañado cuando la mosca pone sus huevos. A.G.

Flor que abraza al insecto durante la polinización

Botánicos suecos han encontrado una flor que sujeta a los insectos con una abrazadera para asegurar que permanezcan el tiempo suficiente para una polinización. Las flores necesitan retener a los insectos polinizadores para permitir que los órganos sexuales femeninos reciban polen del insecto y que los órganos masculinos les restringuen nuevo polen.

La *Vigna vexillata* es una leguminosa tropical trepadora cuyas flores semejan a flores de frijol deformes. Su pétalo inferior, en forma de copa, tiene una abrazadera que parece algo al asa de "una elegante taza de té"

Ingemar Hedstrom y Mats Thulin, de la Universidad de Uppsala, observaron a las abejas cuando se posaban en los pétalos en forma de copa. Cuando los insectos se esforzaban en alcanzar el néctar que estaba bien adentro de la flor, eran cogidos en la abrazadera, la que sostenía la cabeza y el tórax de la abeja por varios segundos. La abrazadera mantuvo quieto el cuerpo del insecto lo suficiente para que el estilo saliera desde dentro del pétalo en forma de copa y barriese todo polen extraño del insecto mientras que los estambres le colocaban polen fresco. (*Plant Systematics and Evolution*, v. 154, p. 275) A.G.

Los erizos de mar pueden ayudar a producir materiales duros

Los erizos de mar modifican los cristales para fortalecer sus caparazones y espinas que constituyen sus "esqueletos". Copiando a los erizos de mar, los científicos que estudian los materiales podrían ser capaces de producir nuevos compuestos que sean tan duros como los cristales pero no tan frágiles (*Nature*, v. 331, p. 546).

Los caparazones de los erizos de mar están formados por cristales de calcita de magnesio, un espato calcizo, la forma natural más común del carbonato cálcico. Las agudas y peligrosas espinas del erizo consisten en cristales de calcita de una sola pieza. Pero, estos cristales no son frágiles como los cristales ordinarios. Son más tenaces y se rompen como el vidrio, formando superficies de fractura concoideas, es decir, que la superficie de los fragmentos es cóncava o convexa, estriada por curvas concéntricas, con el aspecto de una concha. El vidrio tiene una estructura no cristalina (amorfa). De algún modo, los erizos de mar modifican las propiedades mecánicas de sus cristales de calcita de tal manera que se comportan como sólidos amorfos y tienen fortaleza mecánica.

Tres químicos de Israel, dirigidos por A. Berman en el Instituto Weizmann, en Rehovot, cultivaron cristales de calcita en presencia de grandes moléculas orgánicas llamadas glicoproteínas (que contienen en su fórmula dos radicales alcohólicos). Las utilizaron debido a que se sabe que los caparazones de los erizos contienen pequeñas cantidades de estas proteínas. Los investigadores extrajeron las proteínas de los caparazones.

Encontraron que las glicoproteínas eran selectivamente absorbidas en los cristales de calcita en crecimiento, en tal forma que, al nivel molecular, se formaba un material compuesto proteína-calcita. Esto hace que los cristales sean fuertes y duros.

Bernan y sus colegas calcularon cuántas moléculas de proteína eran necesarias para cambiar las propiedades mecánicas de un cristal de calcita. Encontraron que para fortalecer el cristal se necesitaban sólo unas 10 moléculas de proteína por un millón de "unidades celulares" (el menor número de átomos o iones en un cristal que tiene todas sus propiedades estructurales). Esto indica que la proteína no puede ser parte de la estructura reticular del cristal sino que debe representar alguna discontinuidad en el retículo.

Este trabajo puede interesar a la ciencia de materiales, en la cual los científicos elaboran y usan cristales especiales para aplicaciones piezoeléctricas y de semiconductores. Estos materiales son duros pero frágiles. En la piezoelectricidad (del griego *piezein* que significa comprimir), la electricidad es producida por ciertos cristales, como el cuarzo, que, sometidos a presiones o deformaciones mecánicas provocan una polarización de las cargas eléctricas en las dos caras del cristal, propiedad que están utilizando la ciencia y tecnología modernas. La incorporación de las moléculas de estas proteínas puede contribuir a obtener cristales que resistan mayores presiones y produzcan mayor polarización. Adalberto Gorbitz

Un virus para combatir el gusano de la hoja de la yuca

Una entomóloga brasileña ha encontrado un virus que es un enemigo natural del gusano de la hoja de la yuca, *Erinnyis ello*, una larva que existe en toda la América, pero que ha sido de mayor importancia en la hoya amazónica del Perú y de Brasil, y que, en la actualidad, daña hasta la mitad de la cosecha de yuca en el Sur del Brasil. En un viaje, en mis lejanos días de estudiante, pude ver algunos campos de yuca completamente diezmados por este gusano en la hoya amazónica peruana. Esta solución para combatir el gusano reduce la dependencia en los insecticidas y así, es particularmente importante para los agricultores de recursos limitados.

Escondido dentro de los gusanos infectados está un virus llamado *Baculovirus erinnyis*. Aurea Teresa Schmitt, de la Empresa de Pesquisa Agropecuaria de Santa Catarina, licuó larvas del gusano de la yuca. Al asperjar este licuado sobre un campo de yuca, la mezcla mató al 90 por ciento de los gusanos de la hoja de la yuca que estaban atacando al cultivo.

Schmitt desarrolló después un método para congelar las larvas del gusano infectadas. Las pruebas mostraron que el virus de una muestra de gusano infectado, congelada durante cuatro años, mataba el 67 por ciento de los gusanos de las hojas. Los agricultores pueden ahora comprar *B. erinnyis* congelado y su modo de aplicación ha sido difundido ampliamente en un folleto, en los diarios y en la televisión de Brasil. A.G.

La vida es la que forma el ambiente: la hipótesis Gea

Conforme a la hipótesis Gea, ideada por el científico inglés Jim Lovelock y desarrollada en unión con Lynn Margulis, bióloga de Boston, promotora de otra idea novedosa, la evolución endosimbiótica (Cf *Turrialba* 36:548 y 37), la Tierra es un ente viviente que da forma al ambiente y no a la inversa, que al ambiente es al que debemos esta clase de vida. Por consiguiente, no debemos hablar simplemente de la vida en la Tierra, sino que la Vida es la Tierra. Entre los desiertos de Marte y los bosques de la Tierra, la vida es la causa, no el efecto, de las diferencias ambientales. Según expusieran Lovelock y Margulis en 1975 (*Co-Evolution Quarterly*, 1975), la atmósfera terrestre se ha convertido en un equilibrio dinámico con la vida biológica, que ambos mantienen, y que debe ser vista como un sistema circulatorio mantenido por una interacción biótica en escala global. La teoría es controversial e indigna a algunos científicos, pero ahora está adquiriendo respetabilidad.

Por eso, Stephen Schneider, del Centro Nacional de Investigación Atmosférica, de Boulder, Colorado, persuadió a la American Geophysical Union que auspiciase una conferencia en San Diego, California, en marzo de 1988, que reunió a biólogos, geólogos, climatólogos, astrónomos, etc., para tratar de buscar orden y organización en la tierra en partes y maneras nunca antes consideradas.

El nombre de la hipótesis se deriva del de la diosa de la Tierra en la más antigua mitología griega (Gea, o Gaia en inglés). La Tierra o Gea emergió del Caos, el espacio infinito y vacío que existió antes de la creación, y a su vez procreó a Urano, el Cielo, y a Portus, el Mar. Madre y esposa de Urano, Gea procreó también a los Titanes y a los Cíclopes, y ayudó a los Titanes a destronar a Urano. Así de esotérico es el nombre de la hipótesis.

Como hace usualmente, Lovelock comenzó la reunión citando a uno de los fundadores, James Hutton, quien dijo en 1875, "Pienso que la Tierra es un superorganismo". Lovelock y Margulis explican que las fuerzas dinámicas de la vida dominan nuestro planeta.

de tal manera que la vida tiene una influencia controladora sobre los océanos y la atmósfera. La vida no se ha adaptado a su medio ambiente sino ha modificado al medio ambiente para que éste sirva a sus necesidades.

Ciertamente, la ciencia no "Geana" hasta ahora no ha respondido ciertas preguntas que emergen sobre los sistemas naturales. "Marte y Venus pueden ser comprendidos por la física y la química, pero la Tierra es anómala", dijo Margulis. ¿Por qué, por ejemplo, hay tanto nitrógeno y oxígeno en el aire, pregunta ella, cuando los químicos esperarían que hubiesen reaccionado hace mucho tiempo para formar nitratos? ¿Por qué hay tanto metano, amoníaco e hidrógeno? "Las bacterias producen estas sustancias anómalas", dice Margulis.

El caso de que la biota de la Tierra influye sobre el aire y los océanos es fuerte y ahora que lo han presentado los "Geanos", no es tan controversial. Walter Shearer, de la Universidad de las Naciones Unidas, en Tokio, presentó este importante caso. Los bosques tropicales dominan sus climas locales. Los árboles devuelven a la atmósfera las tres cuartas partes de la lluvia que cae sobre ellos mediante una mezcla de evaporación directa y evapotranspiración. Y las lipoproteínas dentro de las bacterias que viven en los bosques proveen núcleos que permiten que se forme hielo en el aire y se inicie la formación de nubes de tormentas. Las bacterias son "de cien a mil veces mejores nucleadores que las partículas de polvo. Ellas estimulan la extracción de lluvia del aire que pasa", dijo Shearer.

Junto con la composición de la atmósfera, el más grande aliado que la vida necesita en el planeta es la temperatura. Una gran incógnita es por qué las temperaturas son hoy día muy parecidas a las que existían en los primeros días del planeta, cuando el Sol proveía quizás un tercio de la energía de hoy. La mayoría de los investigadores cree que, hasta que los humanos intervinieron en el siglo pasado, el termostato del planeta operaba reduciendo las concentraciones de dióxido de carbono, un "gas de invernadero" que atrapa el calor del Sol e impide que escape al espacio. Pero, ¿de quién era el dedo sobre el termostato? ¿Era la vida esencial para el proceso?

Un grupo de geoquímicos opinó que no. Dijeron que la tectónica de placas hace la tarea mediante el ciclo carbonato-silicato. En cada ciclo fundamental, el dióxido de carbono en el aire se disuelve en la lluvia, drenando lentamente el carbono del aire para formar rocas carbonatadas. Estas rocas se desintegran y sus detritus son lavados a los océanos donde caen al fondo del mar siendo incorporados en sedimentos. Las placas tectónicas diseminan el piso del mar hasta que

los sedimentos se infiltran debajo de los continentes. Expuestos en las profundidades a altas temperaturas y presiones, los sedimentos sueltan el gas dióxido de carbono, el que es devuelto a la atmósfera por la vía de las erupciones volcánicas.

Si las temperaturas se elevan en el aire, prosigue la teoría, los mares liberan más vapor de agua y provocan que caiga más lluvia, lavando así de dióxido de carbono el aire y en consecuencia, enfriándolo. Si las temperaturas bajan, la lluvia disminuye y el dióxido de carbono, agregado por los volcanes, aumenta en el aire. Esto causa un efecto de invernadero, que vuelve a subir la temperatura.

Una versión de este argumento indica que Marte es un planeta muerto porque no tiene placas tectónicas para reciclar el óxido de carbono. En la Tierra, la cuestión es si la vida es esencial a la operación del ciclo y especialmente a la capacidad del dióxido de carbono para actuar como un termostato global.

La vida está involucrada en dos etapas. El plancton almacena en sus conchas mucho del carbonato de calcio que llega a los mares. Las conchas finalmente llegan al fondo del mar cuando los organismos mueren. La segunda etapa es que los organismos vivientes pueden ser cruciales en la descomposición de las rocas de carbonato de calcio.

Y así sigue la polémica entre los geólogos y los biólogos. Lo probable es que los dos factores contribuyen al estado especial de la Tierra. Por ejemplo, Jim Kosling y Jim Walker, de la NASA, el organismo dedicado al estudio del espacio celestial, opinaron que si la vida marina desapareciera en la Tierra, la perturbación sería muy severa, con una acumulación masiva de dióxido de carbono en el aire, que causaría una elevación de la temperatura de quizás 10°C. El ciclo del dióxido de carbono es uno de los campos centrales de batalla en la hipótesis Geana.

Pero, el éxito más grande para los Geanos es el ciclo del azufre. Lovelock y sus coinvestigadores han descubierto que muchas especies de plancton del mar producen grandes cantidades de sulfuro de dimetilo (CH₃)₂S. Cuando es oxidado a un aerosol de sulfato, este SDM provee la mayoría de los núcleos de condensación que permiten a las nubes formarse en océanos remotos. Esta nucleación no crea necesariamente más lluvia. Puede muy bien significar menos lluvia, porque si las nubes tienen demasiados núcleos, las gotitas no llegan a ser suficientemente grandes para caer. Pero, el SDM parece ser importante para el albedo o reflectividad de las nubes, el que a su vez es un factor importante en determinar cuánto calor solar llegue a la superficie de la Tierra y cuánto devuelve ésta al espacio.

La discusión abarcó muchos otros puntos de vista. Mayores detalles se encuentran en las revistas científicas que enviaron observadores a San Diego (véase *New Scientist* 117(1604);32). Una de las contribuciones más interesantes fue la de Michael Rempino y Tyler Volk, de la Universidad de New York, quienes han estudiado la evidencia de que un 90 por ciento del plancton marino fue destruido al final del período cretáceo, lo que coincidió con una exterminación de vida en la Tierra y la desaparición de los dinosaurios (*Nature*, v. 332, p. 63). Rempino y otros, como Walter Alvarez, el originador de la teoría de los cometas, opinaron en San Diego que la recuperación de esta catástrofe duró de 10 mil a 100 mil años y que en estos periodos post-catástrofes hubo una recuperación más rápida de la biota. Alvarez opinó que la evolución tiende a hacerse más lenta conforme se llenan los nichos ecológicos. Pero, después de una extinción masiva, la evolución es muy rápida. Fue en este momento, después de la muerte de los dinosaurios, que los mamíferos y las aves comenzaron su empuje evolutivo.

Rampino fue más allá, demostrando ser un personaje de buen humor. “¿Depende la continua viabilidad de la biosfera en alguna forma de extinciones masivas? ¿Deberíamos rebautizar a la geofisiología de Jim, como astrogeofisiología?”. Rampino describió una imagen del planeta Tierra pasando a través de nubes de cometas una vez cada 30 millones de años, a veces con resultados desastrosos pero recuperando, cada vez, su vigor evolucionario. Introdujo a Shiva, el creador y destructor hindú, para sentarlo al lado de Gea. “El sistema de la Tierra puede estar respondiendo a imperativos galácticos”, concluyó. “Quizás, Gea es también una propiedad de la Galaxia”.

Lovelock, sonriendo ante esta última adición a las ideas Geanas, se preparó al final a viajar a su retiro en Cornwallis, en Bodmin Moor. Allí, como contribución suya al movimiento Gea, ha plantado 20 mil árboles. A.G.

Nuevas Publicaciones. La revista *Artes de México*, prestigiosa publicación con más de 20 años de existencia, con la colaboración del Instituto Mexicano del Café ha dedicado un número, en español e inglés, a la historia de esta planta, siempre fascinante por sus orígenes lejanos y misteriosos, su consumo universal en la actualidad y lo que ha representado en la historia de países productores de todos los continentes. En el caso de México, se presentan documentos antiguos sobre la influencia del café en su historia, numerosas ilustraciones, algunas en colores, relacionados con la evolución de su cultivo, su influencia en la historia republicana, los trajes típicos de las zonas cafetaleras y

festividades asociadas. Incluye esculturas hechas con raíces del café y artesanías con decoraciones de ramas del árbol, producidas en el Centro Artesanal de Coatepec. En resumen, un volumen de 132 páginas digno de ser conservado en una biblioteca agrícola. Se puede solicitar a la revista *El Café en México*. A.G.

Premio Nobel de Fisiología y Medicina de 1988

El Premio Nobel de Fisiología y Medicina de 1988 fue otorgado a tres científicos, Sir James Black, Dr. Gertrude Elion y Dr. George Hitchins, cuyo trabajo condujo a nuevos medicamentos para varias enfermedades comunes. Los tres investigadores comparten la misma filosofía de diseñar nuevos medicamentos analizando la química del cuerpo humano.

Unos de los ganadores, Sir James Black, del King's College Hospital en Londres, puede ser descrito como el padre de la farmacología analítica. Ganó su parte del premio por su papel en diseñar los primeros “Bloqueadores beta”, medicamentos que ayudan a las personas que sufren de enfermedades del corazón, cuando trabajaba para la compañía Imperial Chemical Industries. El propranolol, el primero, desarrollado en 1964, se usa hasta ahora para personas que padecen angina, ataques al corazón y alta presión sanguínea.

Posteriormente, Black usó los mismos principios para desarrollar una segunda clase de medicamentos de receptores de histamina, llamados por la industria farmacéutica mundial “antagonistas del receptor H₂” que son usados para tratar úlceras gástricas. Una de estas medicinas, la cimetidina, se convirtió en un “best seller”, y llegó a ser el proveedor de más del 80% de las entradas de la empresa Smith, Kline of French, que tenía la patente, con la venta de su propio producto, Tagamet, así como de los derechos para que otras firmas lo vendieran con sus propias marcas. Esto duró varios años, mientras que sus competidores se apresuraban por crear fórmulas distintas a la patentada, lo que sólo ha sido logrado recientemente con la “ranitidina” otro antagonista del receptor H₂, que con la marca Zantac, produce otra firma inglesa, la Glaxo.

Black comparte este premio Nobel con dos investigadores de los Laboratorios de Investigaciones Burroughs-Wellcome, Gertrude Elion y George Hitchings, que han trabajado juntos desde 1945. Ellos trataban de identificar diferencias en la síntesis de los ácidos nucleicos entre las células normales humanas, células cancerosas y microorganismos que causan enfermedad. Como objetivo final consideraban ser capaces de identificar sustancias que podrían interferir con este proceso. Su trabajo condujo a sustancias que los mé-

dicos emplean ahora para tratar la malaria, la leucemia y el rechazo de órganos transplantados

Gertrude (Trudy) Elion fue claramente la menos famosa de los dos norteamericanos laureados. Pero se trata de una persona de extraordinarios méritos. Ella luchó mucho por encontrar trabajo durante la depresión de los novecientos treinta. Asistía de noche a la escuela de graduados para obtener su grado de "master". Finalmente encontró trabajo al lado de Hitchings después de la segunda guerra mundial cuando había una seria escasez de personal masculina disponible.

En los novecientos setenta, Elion y Hitchings desarrollaron el aciclovir, nombre comercial Zovirax el primer antiviral con acción selectiva contra el virus del herpes, que se reproduce dentro de las propias células del cuerpo humano, sin dañar el tejido sano. El problema fue resuelto creando una droga que entra en acción cuando encuentra una enzima (identificada por ellos en los novecientos cincuenta) que el virus elabora. El aciclovir se administra en una forma inactiva; entonces, cuando llega a una célula infectada, es activado por la enzima viral. El aciclovir modificado descompone la maquinaria genética del virus, e impide que se reproduzca.

Antes del aciclovir, Elion y Hitchings habían desarrollado varias otras medicinas. Una fue el Trimetoprim, uno de los componentes (con el sulfametoxazol) del antibiótico comercializado con el nombre de Septran, un bactericida sintético, cuyo enfoque es no sólo matar a los microorganismos sino el bloqueo consecutivo de dos enzimas que actúan dentro de la trayectoria metabólica de la biosíntesis del ácido fólico.

Además, durante los novecientos cincuenta, sus investigaciones condujeron a dos nuevas sustancias útiles en el tratamiento del cáncer con medicinas. Estas drogas, la 6-mercaptopurina (Purimethol) y Thioguanina, (Lanvis) son todavía usadas en el tratamiento de la leucemia. Cambios efectuados a la 6-mercaptopurina resultaron en 1957 en el desarrollo de una droga llamada "Azathiopirina" (marca comercial Imuran) que por muchos años ha sido la única medicina que previene el rechazo de los órganos transplantados.

La pareja, por si no fuera poco, creó además la pirimetamina, marca comercial Daraprim, para el tratamiento de la malaria, y el alopurinol, comercializado como Zyloprim, para el tratamiento de la hiperuricemia.

Por varias razones, el Premio Nobel de Medicina y Fisiología de 1988 es digno de atención. Se reconoce

la importancia que tiene la investigación sobre drogas y la ruta que los premiados han creado para la elaboración de fármacos, ruta basada en el estudio de la química de las células del cuerpo humano, la de las células enfermas y la de los microorganismos que causan la enfermedad. Se reconoce la importancia de la industria farmacéutica en desarrollar estas nuevas medicinas sobre bases sólidas, y no con la prueba al azar en los laboratorios con drogas que se modificaban caprichosamente y se probaban después con animales.

En una conferencia reciente en la United Kingdom Pharmaceutical Marketing Society, Black dijo que hay varios criterios para proceder con un proyecto de investigación sobre diseño de nuevas drogas. Primero, debe haber un punto químico de partida (una droga conocida); segundo, debe haber una prueba (test) para medir su actividad; tercero, debe haber un propósito terapéutico para la investigación; cuarto, un equipo de investigadores debe estar dispuesto a trabajar en el problema; y, quinto, debe haber fondos disponibles.

Más recientemente coincidiendo casi con el Premio Nobel, Black habló sobre la necesidad de investigación básica. La industria, dijo, es la única colectividad que se da cuenta que no puede encomendar la investigación que necesita para progresar en un plazo de 10 años. Cuando las personas ponen condiciones en sus investigaciones, esto significa que una investigación controversial tiene menos oportunidades de ser financiada. Dijo Black: "El trabajo revolucionario comienza siendo por lo menos medianamente controversial".

Sir James renunció a trabajar en la industria farmacéutica en 1984 porque creía que las grandes compañías inhiben el proceso del descubrimiento: la grandeza provoca una tendencia conservadora. El proyecto cimetidina, por ejemplo, fue casi abortado como parte de lo que podría ser llamado una tendencia a mantener los gastos en un nivel bajo. Actualmente se encuentra dirigiendo un pequeño equipo en el Instituto Rayne, en Londres. Su objetivo no es inventar nuevas drogas, sino encontrar qué clase de investigación ayuda a otros efectuar esa tarea.

¿Puede cambiar esa tendencia señalada por Black? Por lo pronto, fue una novedad que el Comité Nobel reconociera el valor de los investigadores en la industria comercial de medicinas, cuando ésta crea medicinas de verdadero valor para la salud humana. Como dijo un miembro del Comité Nobel de Estocolmo: "Estamos todavía cosechando los frutos de la investigación terapéutica realizada por estos investigadores premiados para desarrollar drogas que todavía se usan, cuarenta años después de creadas".

Para terminar, la compañía farmacéutica Johnson & Johnson ha invertido recientemente 10 millones de libras esterlinas en un nuevo laboratorio en Londres para Black. Se llamará "Fundación James Black" y empleará un máximo de 20 personas.

Con todo esto se amplía más el ámbito que abarca el Premio Nobel de Medicina. Nobel no pensó sino en la Medicina cuando creó sus premios. Desde entonces, los científicos y los interesados en el progreso de la Biología se dedicaron a tratar de ampliar este ámbito. Primero se incluyó a la Fisiología y desde ese momento se ha luchado por incluir otras ramas de la Biología. Recuerdo que cuando la Biblioteca del IICA pensaba adquirir libros sobre los Premios Nobel, recomendé que se incluyera el de Medicina, ya que varios premiados o trabajaban en agricultura o sus logros tenían importancia en las ciencias agrícolas. Pensaba en laureados como Waksman, el descubridor de la es-

treptomocina, y Müller, el creador del DDT, ambos relacionados con la agricultura. Waksman, además, había trabajado en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, antes de ir a la Universidad en la que trabajó en ciencias agrícolas. Cuando Waksman recibió su premio en 1954, yo estaba revisando su libro "Humus", publicado por el Department of Agriculture, y que esa bibliotecaria extraordinaria, Amalia Caveró Mariátegui, digna sobrina del gran intelectual peruano, José Carlos Mariátegui, guardaba celosamente en su "armario de incunables" para ser consultado en ciertas condiciones de seguridad. Sin embargo, la Directora de la Biblioteca del IICA, quien había trabajado en una biblioteca médica, decidió que la medicina no tenía nada que ver con la agricultura y adquirió los tomos de química y física (esta última, como comprenderán los que siguen los progresos de las investigaciones subatómicas, tiene poco o nada que ver con la agricultura). A. G.

Reseña de Libros

ROJAS GARCIDUEÑAS, M.; RAMIREZ RODRIGUEZ, H. 1987. Control Hormonal del Desarrollo de las Plantas. México, Editorial Limusa. 239 p.

Este libro representa una de las primeras obras sobre este tema, realizada y escrita por autores de lengua hispánica. Su objetivo es explicar y describir los usos y aplicaciones, tanto actuales como potenciales, de los reguladores de crecimiento (mal llamados hormonas vegetales (Champagnat, 1987))* en la agricultura, con énfasis hacia su utilización en los países de América Latina.

Los autores se han esforzado en presentar los conocimientos científicos necesarios en una forma clara y simple, aunque, en general, muy completa, que interesará tanto al investigador y al ingeniero agrónomo como a cualquier persona con nociones básicas de biología vegetal.

Con relación a otros libros de su mismo tipo que circulan en español pero que han sido traducidos de otros idiomas (y principalmente del inglés), el mérito de éste lo constituye, además de una revisión bibliográfica general y actualizada del tema, la importante recopilación de publicaciones y libros provenientes de investigaciones y trabajos realizados por autores de

habla española y portuguesa. Estos trabajos, aunque en general poco difundidos, son investigaciones científicas valiosas y su realización se ha hecho con el fin de responder a los problemas agrícolas encontrados en los países de la región latinoamericana.

El libro se divide en tres partes, cada una constituida por un determinado número de capítulos. Estos, a su vez, se dividen en secciones. Esta organización facilita la lectura y comprensión de los conceptos y resultados presentados, que también se ven reforzados a través de un gran número de figuras, diagramas y cuadros que ilustran de manera precisa los aspectos descritos.

La primera parte consta de cuatro capítulos. En ellos se describen, en forma general, las nociones básicas del desarrollo de los vegetales, la caracterización bioquímica y fisiológica de las sustancias naturales del desarrollo y los diferentes factores, tanto internos como externos que influyen en su acción. Finalmente, se introducen los conceptos generales para el manejo y aplicación de las sustancias que regulan el desarrollo del vegetal. Esta primera parte es una introducción al tema para comprender la acción de los compuestos reguladores del crecimiento y los factores que modulan su acción. El lector con conocimientos avanzados podrá, sin grandes dificultades, referirse directamente a la segunda parte.

Por su aspecto especialmente informativo, las secciones sobre la biosíntesis y metabolismo de los regu-

* CHAMPAGNAT, P. 1987. La notion d'hormone chez les végétaux supérieurs. In Le Guyader, H. (editor) *Le Développement des Végétaux. Aspects théoriques et synthétiques*. Paris, Masson, pp. 87-103.

ladores de crecimiento se presentan de la manera más concisa posible. Si bien los autores refieren al lector a la buena revisión bibliográfica al final del capítulo para profundizar más detalles, ciertos temas de estas secciones (como las formas libres y conjugadas de las sustancias reguladoras, la propiedad autorreguladora del etileno), por sus implicaciones en los diferentes procesos fisiológicos en que están involucrados y aunque más especializados, merecerían una mayor descripción, ya que permiten explicar mejor los procesos de regulación que ocurren en una planta.

La segunda parte se refiere a las técnicas de fitoregulación. Es la parte más importante del libro y comprende ocho capítulos. Se puede dividir en dos grupos: en el primero (capítulos 5 a 10) se presentan los diferentes procesos que conllevan a la formación de una planta: crecimiento, reproducción asexual, germinación de la semilla, floración, procesos de reposo en yemas y fructificación. En el segundo grupo, el capítulo 11 integra los conceptos de los capítulos anteriores pero a nivel del cultivo. El Capítulo 12, por su parte, estudia las modificaciones y adaptaciones de la planta frente a condiciones climáticas desfavorables. Cada capítulo de esta segunda parte tiene, en su inicio, una introducción sobre los conceptos fisiológicos y morfológicos fundamentales de cada tema abordado. Luego, se describen las diferentes aplicaciones agrícolas de los reguladores de crecimiento que permiten aumentar, modificar, orientar o inhibir el crecimiento y desarrollo en la estructura u órgano estudiado. Un aspecto que se destaca es la incorporación, además de los resultados positivos, de aquellos trabajos en donde la aplicación de estos productos fue negativa o no dio resultado, información particularmente importante y que merece gran atención para una utilización eficaz. La amplia revisión bibliográfica que se encuentra al final de cada capítulo permitirá igualmente consultar y profundizar con mayor detalle el tema descrito.

Finalmente, la tercera parte, formada por los capítulos 13 a 15 hace énfasis en los requerimientos para poder desarrollar la investigación y experimentación con fitoreguladores. Este tema representa un valioso aporte de los autores, ya que describen, de manera clara y ordenada, los pasos a seguir para la planificación y establecimiento de un experimento con fitoreguladores (Capítulo 13), lo que será de gran ayuda para el joven investigador y el técnico. El Capítulo 14 describe, además, diferentes modelos y enfoques para el estudio de productos o sustancias tanto desconocidas (caracterización y descripción de sus efectos) como de productos conocidos (cuyos efectos en circunstancias determinadas no se conocen). Por último, en el Capítulo 15, se ilustran dos modelos de cultivo agroquímico: el tomate y el manzano.

En resumen, este libro es un buen aporte a la enseñanza, investigación y aplicación de las ciencias agrícolas y cuya contribución favorecerá la utilización racional de los reguladores de crecimiento para mejorar la producción agrícola.

ERIC GUEVARA B.
CENTRO INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

MELLOR, J.; AHMED, R. (Eds.) 1988. *Agricultural Price Policy for Developing Countries*. Baltimore. The John Hopkins University Press.

The most appealing feature of the book is its focus on the relations between agricultural prices, technological change and economic growth, without losing sight of the political aspects, so strongly related to agricultural price policy. This is highlighted by several of the chapters, providing the book with a consistent framework. This is due in part to the fact that all 15 authors contributing to the book were staff or Fellows at IFPRI. An effort is also made, in most chapters, to address the point of institutions behind the enforcement of price policy; in general, however, it is weak throughout the book.

The fact that, in developing countries, rises in food prices affect so significantly the consumption of the poorer income groups is highlighted early in the book, to provide the reader with awareness of the political risks of always leaving the situation to imperfect markets and the danger of lack of or inopportune government interventions to guarantee food supplies, not to mention the risk of exaggerated government controls.

The book is structured around factual experiences, with particular reference to the international environment, domestic market intervention, production response and technology, consumer welfare, and policies for agricultural growth. Some highlights of the book include the expectation that developing countries can plan in a favorable environment for employment growth, with the expectation that internationally available food supplies need not be a constraint if there are occasional shortfalls in domestic production (Ch. 2); the increasing volatility of international prices should not be disregarded when planning food security and, particularly on this matter, it is suggested that the IMF food import facility should be developed further (Ch. 3); DCs must learn to obtain advantages from international instability of markets, particularly by managing domestic prices with reference to, but not necessarily precisely at,

international prices (Ch. 4) and managing stocks at low cost (Ch. 5), especially considering the high risks in farming and the instability of domestic supply (Ch. 6). Foreign trade regimes, exchange rate policy and the structure of incentives are examined as important elements for sustained growth of agriculture, stressing particularly the danger of overvalued exchange rates (Ch. 7).

The politics behind price policy are interestingly explained in reference to the cases of China (Ch. 8) and India (Ch. 9). Chapter 10 by Y. Mundlak provides 'must' reading on the conceptual relations between prices, technological change and supply response and the scant attention given by governments to investments in key elements such as agricultural research, input delivery and infrastructure. Related issues are also discussed in (Ch. 11) with particular reference to the value of generating cost reducing technologies, and the role of prices taking a subsidiary position relative to other forces of growth and the relevance of opportune credit and input delivery as opposed to subsidies for prices (Ch. 12 and 13).

It is well recognized in (Ch. 14 and 15) that many of the conflicts in managing agricultural price policy emerge when trying to reconcile producer and consumer welfare, especially when pursuing short- and long-term goals in food security and agricultural growth.

Several recent articles and books provide complementary reading for those seriously interested in the complex matters of agricultural pricing policy. This book fulfills its stated purpose of informing practical policy making. The various well-integrated chapters should be useful, pleasant reading for policy makers and their advisors and certainly also for some economists, who are usually more enthusiastic about quantitative results of their research than about the relevance and feasibility of policies emerging out of their conclusions.

CARLOS POMAREDA
INTERAMERICAN INSTITUTE FOR
COOPERATION AGRICULTURE (IICA)