

TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 30

TRIMESTRE OCTUBRE-DICIEMBRE 1980

NUMERO 4

CODEN: TURRAB 30(4)361-443

- El contenido de cianuro total y libre en parénquima y cáscara de raíces de diez genotipos promisorios de yuca (en español)* Guillermo Gómez, Débora de la Cuesta, Mauricio Valdívieso, Kazuo Kawano 361
- La estabilidad meiótica y fertilidad del grano en triticales hexaploides (X Triticosecale, Wittmack) a partir de un tratamiento mutagénico combinado (en inglés)*, H. K. Srivastava 367
- Estudios sobre la nutrición mineral del sorgo para grano: X Eficiencia nutritiva comparativa entre sorgo para grano maíz (en portugués)*, C. A. Rosolem, E. Malavolta 375
- La búsqueda racional de dosis de fertilización para sorgo: I Selección de métodos apropiados para pruebas de suelo (en inglés)*, C. S. Balasundaram, U. S. Sree Ramulu 381
- La búsqueda racional de dosis de fertilización para sorgo: II Optimización de la dosis con base en los valores de las pruebas de suelo (en inglés)*, C. S. Balasundaram, U. S. Sree Ramulu 385
- Un modelo para definir la frecuencia operativa del riego para obtener máxima producción de los cultivos (en inglés)*, Agustín A. Millar, Eliane N. Choudhury 391
- Efectos de la adición de fertilizantes y una fuente de carbono en la persistencia de carbaril en dos tipos de suelo (en inglés)*, Rodobiko Hirata, Kenneth Alan Lord, Luiz Carlos Luchini, Terezinha Bonanho Mesquita, Elza Flores Rüegg 399
- El virus rayado fino del maíz en Venezuela (en español)* Ramon Lastra, Rafaela C. de Uzcatégui 405
- La calidad del semen de carneros de la crucea Permer x West African Dwarf (en inglés)*, O. Chiboka, B. Somade 409
- La ultraestructura de la superficie foliar de cultivares de maíz infectados con el virus del rayado fino (en español)* Ana M. Espinoza, Rodrigo Gámez 413
- La determinación, por microscopio electrónico, de las dimensiones de las partículas del virus de la poliedrosis nuclear (NPV) de Anticarsia gemmatalis Hübner en Bombyx mori L. (en portugués)*, M. G. Ongarelli, D. M. Silva, I. M. Gatti de Almeida 421
- La predicción del rendimiento de maíz a través de análisis probabilísticos para una localidad dada y sus interrelaciones con el manejo (en español)* Javier García B., Antonio Turrent F. 427
- El estudio microbiológico de la maceración de arroz (Oryza sativa). I. Efecto del proceso de maceración sobre el beneficio del arroz (en portugués)*, M. P. Cereda, A. R. Gil, R. J. P. Cunha 439
- Reseña de libros* 366-380-384-389-425



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

San José, Costa Rica

CR ISSN 0041 - 4360

Contenido de cianuro total y libre en parénquima y cáscara de raíces de diez variedades promisorias de yuca¹/

GUILLERMO GOMEZ*, DEBORA DE LA CUESTA*, MAURICIO VALDIVIESO* y KAZUO KAWANO*

Abstract

Because of the lack of cyanide content data and the great degree of variability in earlier such reports, roots of promising cassava genotypes from the Cassava Varietal Improvement Program at CIAT were analyzed for total and free cyanide content of the parenchyma and peel. Data are given on fresh basis, but dry matter content is also reported. The 10 varieties were ranked according to the total cyanide in the parenchyma and the peel. The majority studied were classified according to their total cyanide content in the parenchyma as intermediate- (50-100 ppm HCN) and one as high-cyanide (> 100 ppm) varieties. These findings have important implications in animal feeding since some varieties may have low cyanide levels in the parenchyma but very high levels in the peel, the latter representing 10-15% of total root weight.

Introduction

El cultivo de la yuca se encuentra ampliamente distribuido en las regiones tropicales del mundo, y sus raíces constituyen un importante alimento energético para más de 200 millones de personas (11). Las raíces de yuca contienen los glucósidos cianogénicos, linamarina y lotaustralina; la linamarina es el glucósido cianogénico más importante cuantitativamente en las raíces, representando más del 90% de los glucósidos totales (10). El contenido de linamarina en la cáscara es normalmente varias veces más alto que el que se encuentra en el tejido parenquimatoso o pulpa de las raíces. Los glucósidos cianogénicos son normalmente hidrolizados por acción de la enzima linamarasa, presente principalmente en la cáscara, al destruirse la estructura física de las raíces (2). Los glucósidos cianogénicos al hidrolizarse liberan ácido cianhídrico, que dependiendo de los niveles, puede ser tóxico para humanos y animales. Se han publicado varios reportes sobre la toxicidad crónica del cianuro derivado de las raíces o productos a base de yuca (12).

En la mayoría de los trabajos sobre la calidad nutricional de las raíces de yuca o productos derivados de ellas no se menciona el contenido de cianuro resultante de los glucósidos cianogénicos. Además la concentración de estos glucósidos para una misma variedad puede ser afectada por factores agronómicos y edáficos (1). Por otra parte, en algunos trabajos se observa una variabilidad considerable en las determinaciones del cianuro. Estas diferencias y discrepancias pueden atribuirse en parte a la carencia de una metodología adecuada para la determinación del cianuro procedente de los glucósidos cianogénicos. Recientemente, se ha desarrollado un método enzimático (3, 4) para la determinación del cianuro en raíces y productos derivados de yuca, el cual es más rápido, exacto y reproducible que otros métodos analíticos previamente usados.

En vista de las implicaciones nutricionales que el contenido de cianuro puede tener en el uso de las raíces de yuca en la alimentación tanto humana como animal, este trabajo fue realizado para determinar los contenidos de cianuro total y libre en el tejido parenquimatoso y en la cáscara de raíces de diez cultivares o variedades promisorias del Programa de Fitomejoramiento de Yuca del CIAT.

Metodología

Los diez genotipos de yuca usados para este estudio fueron dos variedades locales (Llanera y Valluna), tres de las mejores accesiones de la colección de germoplasma (M Col 22, M Col 1684, M Ven 218), y cinco líneas de híbridos seleccionados (CM-305-38, CM-321-188, CM-323-375, CM-326-407 y CM-342-55).

1 Recibido para publicación el 30 de abril de 1979. Los autores desean expresar su agradecimiento a las siguientes personas: Al Dr. Gastón Mendoza, por su asistencia en los análisis estadísticos, Sra. Trudy M. Brekelbaum, por su ayuda en la edición del manuscrito y a la Sra. Maruja Bejarano, por su colaboración mecanográfica.

* Nutricionista/Bioquímico, Zootecnista, Laboratorista y Fitomejorador, respectivamente, del Programa de Yuca del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Actualmente los 4 autores pertenecen al mismo Programa en CIAT.

El ensayo de rendimiento con estas variedades se sembró en octubre de 1977 en el CIAT y se cosechó en octubre de 1978. La precipitación total durante la época de ensayo fue 940 mm, con dos épocas de sequía (Dic-Feb y Jun-Ago). La temperatura promedio durante la misma época fue 24°C. El suelo en el CIAT es fértil, caracterizándose por su alto pH (7.4-7.8) y contenido de fósforo (45-55 Bray II ppm), representando un ambiente muy favorable para la producción de yuca (8).

El ensayo tenía dos repeticiones en las cuales las variedades fueron "randomizadas". Cada parcela tenía 30 plantas sembradas a una distancia de 1 m x 1 m. Para los datos de rendimiento no se tuvo en cuenta las plantas de bordes. Se tomaron al azar 6 kg de raíces para determinación de materia seca por gravedad específica; de cinco plantas dentro de cada parcela, se muestrearon dos raíces de cada una para análisis químico, para un total de 10 raíces por cada variedad. Las raíces muestreadas representaban el tamaño promedio del total de raíces de cada planta y fueron lavadas con agua para eliminar la tierra adherida a ellas, antes de ser procesadas para los análisis químicos.

Para el análisis de cianuro se procesaron las raíces de la siguiente manera, antes de una hora luego de haber sido cosechadas: De cada raíz se cortó un disco aproximadamente 2-3 cm de ancho en la parte central de la raíz y se separó la cáscara del parénquima del disco. Se pesaron muestras de cáscara y del parénquima para luego ser homogenizadas siguiendo la técnica descrita por Cooke (3). En 3 de las 10 raíces de cada variedad, tomadas al azar, se determinó el contenido de materia seca en muestras de cáscara y parénquima.

Se analizaron enzimáticamente (3, 4) los contenidos de cianuro total y libre en la cáscara y parénquima de las raíces muestreadas. Todos los análisis de cianuro de cada muestra fueron realizados por duplicado. Se calcularon la relación del contenido de cianuro total y libre entre cáscara y parénquima, así como la proporción del cianuro total presente como cianuro libre. Los coeficientes de variación y los análisis de varianza, completamente al azar, de los parámetros estudiados y la prueba de rangos múltiples de Duncan para cada variedad fueron computarizados.

Resultados y discusión

Los rendimientos de las diez variedades de yuca expresados en base fresca y seca son presentados en el Cuadro 1. Los rendimientos más altos correspondieron a los híbridos CM-321-188 y CM-342-55 con más de 60 TM de raíces frescas/ha/año. Las variedades locales, Llanera y Valluna, fueron las menos productivas con rendimientos de 17.2 y 18.9 TM de raíces frescas/ha/año, respectivamente. El efecto varietal fue altamente significativo en cuanto a rendimiento en peso fresco y contenido de materia seca en las raíces.

El Cuadro 2 presenta los resultados del contenido de cianuro total, libre y de materia seca en las raíces de las diez variedades. La variedad que mostró la más alta concentración de cianuro total (301.2 ppm) en el parénquima fue la M Col 1684, considerada como amarga, y contenía tres veces más que el híbrido CM-323-375, segundo en el rango de contenidos de cianuro total.

Las variedades con los contenidos más bajos de cianuro total en el parénquima fueron la Valluna,

Cuadro 1: Rendimientos de yuca expresados en base fresca y seca.

Variedad	Rendimiento fresco Ton/ha/año	Materia seca, %	Rendimiento seco Ton/ha/año
Llanera (local)	17,2	30,1	5,2
Valluna (local)	18,9	34,1	6,4
MCol 22	37,9	40,8	15,5
MVen 218	34,4	35,1	12,1
MCol 1684	43,3	34,3	14,8
CM-305-38	33,7	37,6	12,7
CM-321-188	67,2	37,5	25,2
CM-323-375	36,3	37,1	13,5
CM-326-407	25,8	40,4	10,4
CM-342-55	61,7	35,7	22,0

Cuadro 2: Contenido de cianuro total y libre y de materia seca en el parénquima de diez variedades de yuca.

Variedad	CN en Parénquima			Coef. de variación en CN		Materia seca*
	Total	Libre	Lib/Tot.	Total	Libre	
	ppm		%	%	%	%
Llanera	25,9 ^{e, f**}	1,9 ^{c, d}	7,7	59,8	65,9	35,1
Valluna	18,0 ^f	1,5 ^d	8,2	40,6	40,2	34,6
MCol 22	38,4 ^{d, e}	4,5 ^{c, d}	11,6	22,8	29,6	43,7
MVen 218	47,5 ^{c, d}	4,7 ^{c, d}	10,5	37,6	32,2	39,5
MCol 1684	301,2 ^a	42,7 ^d	14,2	13,9	22,1	36,5
CM-305-38	19,4 ⁱ	2,4 ^{c, d}	13,9	38,9	25,7	40,0
CM-321-188	64,2 ^c	11,3 ^b	17,3	20,0	30,0	43,7
CM-323-375	90,6 ^b	12,9 ^b	14,3	23,8	31,7	40,9
CM-326-407	41,6 ^{d, e}	12,7 ^b	35,2	45,5	41,0	41,7
CM-342-55	39,2 ^{d, e}	5,7 ^c	15,2	38,9	37,6	37,1

* Promedios de 3 raíces/variedad, tomadas al azar del total de las 10 analizadas para cianuro.

** Valores de cada columna con las mismas letras exponenciales no son estadísticamente diferentes ($P > 0,05$).

CM-305-38 y Llanera con niveles entre 18-25 ppm. El contenido de cianuro libre en el parénquima fue en general del orden del 10-15% del cianuro total, con excepción de la variedad CM-326-407 en la cual el cianuro libre representaba 35% del cianuro total. Estos resultados confirman los reportes que indican que normalmente el cianuro presente en la forma de glucósidos cianogénicos, especialmente linamarina, representa el 90% o más del cianuro total en las raíces de yuca (1,10). Los altos coeficientes de variación de los contenidos de cianuro (Cuadro 2), enfatizan el problema de muestreo derivado de la variación entre raíces de una misma o de diferentes plantas del mismo cultivar (5) y de las gradientes radiales y longitudinales en el contenido de cianuro en las raíces de yuca (1). El contenido de materia seca del tejido parenquimatoso osciló dentro de un rango de 34-44%.

El Cuadro 3 presenta los contenidos de cianuro total y libre de cáscaras de las raíces de las 10 variedades de yuca estudiadas. Las variedades M Col 22 y CM-321-188 mostraron los contenidos más elevados 1129.1 y 1086.1 ppm, respectivamente, de cianuro total en la cáscara, que fueron significativamente ($P < 0,05$) superiores al de las otras variedades. La mayoría de las variedades mostraron contenidos de cianuro total en el rango de 400-700 ppm; la variedad Valluna mostró el contenido más bajo de cianuro total (110.3 ppm). El contenido de cianuro libre en la cáscara fue del orden del 7-17% del cianuro total. El rango del contenido de materia seca en las cáscaras de las raíces de yuca fue mucho más amplio (15-34%) que el observado en el tejido parenquimatoso (34-44%) de las mismas raíces.

El contenido de cianuro total o libre, en las cáscaras es varias veces superior a su contenido en el parénquima (1) pero varía en un rango muy amplio entre 1.6-32.8 para el cianuro total y entre 1.3 y 24.2 para el cianuro libre, respectivamente (Cuadro 4). El contenido de cianuro total en el parénquima es el que normalmente determina la clasificación en cuanto a toxicidad de yucas, especialmente para consumo humano, debido a que la cáscara normalmente no se utiliza. En cambio para alimentación animal se utilizan las raíces completas y por tanto el contenido de cianuro en la cáscara debe ser tomado en consideración. Las variedades M Col 1684, CM-323-375, CM-321-188 y M Ven 218 son las de mayor contenido de cianuro total en la parénquima, y con excepción de la M Col 1684 que ocupa el 7° lugar en contenido de cianuro total en cáscara, son también las que mostraron mayores contenidos de cianuro en cáscara. Por otro lado, las variedades Llanera y Valluna son las de más bajos contenidos de cianuro en parénquima como en cáscara.

Aunque no existe una escala establecida para clasificar las raíces de yuca en base a su contenido de cianuro o glucósidos cianogénicos, Coursey (5) ha resumido informes de varias investigaciones y menciona una clasificación tentativa en las tres siguientes categorías: a) inocuas, con menos de 50 ppm de HCN, b) moderadamente tóxicas, entre 50-100 ppm de HCN, y c) tóxicas, con más de 100 ppm de HCN, concentraciones expresadas para raíces frescas sin cáscara, o sea para tejido parenquimatoso. De acuerdo a esta escala, la mayoría de las variedades estudiadas en el presente trabajo se clasificarían como inocuas o bajas

Cuadro 3: Contenido de cianuro total y libre y de materia seca en cáscara de raíces de diez variedades de yuca.

Variedad	CN en cáscara			Coef. de variación en CN		Materia seca*
	Total	Libre	Lib/Tot.	Total	Libre	
	ppm		%	%	%	%
Llanera	494,4 ^{c**}	32,2 ^{d, e}	7,5	37,1	33,8	15,4
Valluna	110,3 ^d	17,8 ^e	17,1	46,4	41,4	27,1
MCol 22	1129,1 ^a	79,2 ^b	7,1	19,5	26,1	26,7
MVen 218	669,1 ^b	82,4 ^b	12,7	21,9	39,3	22,4
MCol 1684	494,6 ^c	51,3 ^{c, d}	10,6	21,3	19,0	34,1
CM-305-38	565,0 ^{b, c}	57,4 ^{b, a}	10,7	19,5	26,1	28,8
CM-321-188	1086,1 ^a	74,5 ^{b, c}	7,2	30,8	43,4	28,0
CM-323-375	710,4 ^b	112,8 ^a	16,3	10,4	36,8	24,7
CM-326-407	631,1 ^{b, c}	80,3 ^b	12,7	19,6	34,2	26,6
CM-342-55	493,2 ^c	65,4 ^{b, c}	13,7	35,3	58,5	25,4

* Promedios de 3 raíces/variedad, tomadas al azar del total de las 10 analizadas para cianuro.

** Valores de cada columna con las mismas letras exponenciales no son estadísticamente diferentes ($P > 0,05$).

(< 50 ppm) e intermedias (50-100 ppm), de acuerdo a su contenido de cianuro. La variedad M Col 1684 contiene niveles de cianuro altos, tres veces mayor que el límite de la categoría considerada como tóxica (6).

En el caso de utilizar las raíces de yuca en alimentación animal, las implicaciones pueden ser algo diferentes especialmente si se usan las raíces frescas picadas. El contenido de cianuro en la cáscara de algunas variedades, tales como la M Col 22 y la

CMC-321-188, es bastante elevado aunque su parénquima posee niveles muy bajos de cianuro; esta concentración se diluye, sin embargo en vista de que la cáscara representa sólo un 10-15% del peso total de la raíz. Animales monogástricos como los cerdos consumen cantidades limitadas de raíces de yuca frescas con contenidos elevados de cianuro, las cuales no les permite cubrir sus requerimientos energéticos de mantenimiento (7). Al procesar las raíces (p. ej. secado y ensilaje) para su uso en la alimentación animal, varían los niveles de cianuro en los productos derivados de yuca y solucionar

Cuadro 4: Relación del contenido de cianuro en cáscara/parénquima y rango de las variedades según su contenido de cianuro total.

Variedad	CN cáscara/parénquima		Rango según CN total	
	Total	Libre	Parénquima	cáscara
Llanera	23,7	23,0	8°	8°
Valluna	6,5	13,6	10°	10°
MCol 22	29,9	18,5	7°	1°
MVen 218	14,8	18,4	4°	4°
MCol 1684	1,6	1,3	1°	7°
CM-305-38	32,8	24,2	9°	6°
CM-321-188	18,1	7,1	3°	2°
CM-323-375	8,2	8,9	2°	3°
CM-326-407	16,9	6,7	5°	5°
CM-342-55	13,0	12,0	6°	9°

los problemas de toxicidad. Las implicaciones de toxicidad por cianuro en alimentación animal usando raciones con niveles altos de yuca han sido consignadas previamente (9).

Datos sobre el contenido de cianuro en las raíces de las 10 variedades de yuca estudiadas en el presente trabajo, procesadas para alimentación animal en la forma de raíces frescas picadas y la producción de harina de yuca por secado al sol y al horno serán publicados posteriormente.

Resumen

Debido a la ausencia de datos sobre el contenido de cianuro y el grado elevado de variabilidad en informes previos sobre este tema, se analizaron las raíces de genotipos promisorios de yuca del Programa de Mejoramiento de Variedades de Yuca del CIAT, para detectar el contenido total y libre de cianuro en el parénquima y la cáscara. Se clasificaron la mayoría de las raíces estudiadas, según su contenido de cianuro total en el parénquima como variedades intermedio (50-100 ppm HCN) y de alto contenido de cianuro (> 100 ppm).

Estos resultados son importantes para fines de alimento animal ya que algunas variedades pueden tener bajos niveles de cianuro en el tejido parenquimatoso pero niveles muy altos en la cáscara, la cual representa entre el 10 y el 15 por ciento del peso total de la raíz.

Literatura Citada

1. BRUIJN, G. H. de. The cyanogenic character of cassava (*Manihot esculenta*). In Nestel, B and R. MacIntyre, ed., Chronic cassava toxicity; proceedings of an interdisciplinary workshop, London, England, 29-30 January 1973. International Development Research Centre, Ottawa, IDRC-010e, 43-48.
2. CONN, E. E. Cyanogenic glycosides. *Journal of agricultural and Food Chemistry* 17, 519-526. 1969.
3. COOKE, R. D. An enzymatic assay for the total cyanide content of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 29, 345-352. 1978.
4. COOKE, R. D., BLAKE G. G. and BATTERSHILL, J. M. Purification of cassava linamarase. *Phytochemistry* 17:381:383. 1978.
5. COOKE, R. D., HOWLAND, A. K. and HAHN, S. K. Screening cassava for low cyanide using an enzymatic assay. *Experimental Agriculture* 14, 367-372. 1978.
6. COURSEY, D. G. Cassava as food: toxicity and technology. In Nestel, B. and R. MacIntyre, ed., Chronic cassava toxicity: proceedings of an interdisciplinary workshop, London, England, 29-30 January 1973. International Development Research Centre, Ottawa, IDRC-010e, 27-36.
7. GOMEZ, G. Life-cycle swine feeding systems with cassava. In Nestel, B. and M. Graham, eds., Cassava as animal feed: proceedings of a workshop held at Guelph, 18-20 April 1977. International Development Research Centre, Ottawa, IDRC-095e, 65-71.
8. KAWANO, K., DAZA, P., AMAYA, A., RIOS, M. and GONCALVES, W. M. F. Evaluation of cassava germplasm for productivity. *Crop Science* 17:377-380. 1978.
9. MANER, J. H. and GOMEZ, G. Implications of cyanide toxicity in animal feeding studies using high cassava rations. In Nestel, B. and MacIntyre, R., ed. Chronic cassava toxicity: proceedings of an interdisciplinary workshop, London, England, 29-30 January 1973. International Development Research Centre, Ottawa, IDRC-010e, 113-120.
10. NARTEY, F. *Manihot esculenta* (cassava). Cyanogenesis, ultrastructure and seed germination. Munksgaard, Copenhagen, Denmark, 1978. 262 p.
11. NESTEL, B. L. Current utilization and future potential for cassava. In Nestel, B. and R. MacIntyre, ed. Chronic cassava toxicity: proceedings of an interdisciplinary workshop, London, England, 29-30 January 1973. International Development Research Centre, Ottawa, IDRC-010e, 11-26.
12. NESTEL, B. L. and MACINTYRE, R., ed. Chronic cassava toxicity: proceedings of an interdisciplinary workshop, London, England, 29-30 January 1973. International Development Research Centre, Ottawa, IDRC-010e, 162 p.

Reseña de Libros

HANKS R. J. y ASHCROFT G. L. *Applied Soil Physics*. New York, Springer Verlag. 1980. 159 p.

Este libro representa el intento de dos experimentados profesores de esta rama por escribir una obra que, en un número mínimo de páginas, presente los conceptos fundamentales de la física del suelo.

El primero de los cinco capítulos se dedica a las cantidades de agua contenidas en el suelo, su medición, cálculo y la interpretación de estos datos. Ilustran con ejemplos simples los diferentes procedimientos de cálculo y contribuyen, con un lenguaje claro, a que el libro sea fácilmente comprendido por aquellos lectores que han recibido un curso básico de suelos. Al final del capítulo, como en cada uno de los demás, se incluye un grupo de ejercicios que permiten al estudiante afirmar su conocimiento al resolverlos.

El segundo capítulo se dedica al potencial de agua en los suelos. De nuevo se ilustran los principios expuestos con ejemplos y ejercicios que facilitan la comprensión del tema. Tanto este capítulo, el más largo del volumen, como los restantes, tienen bibliografías con énfasis en trabajos básicos y de reseña, que permiten con mayor profundidad los diferentes aspectos discutidos en el capítulo.

En el tercer capítulo, el segundo más largo del volumen, se estudia el flujo del agua en los suelos. Aquí, igual que en los capítulos anteriores, la explicación es sencilla y compacta y se presentan las ecuaciones básicas, pero sin excederse en matemáticas avanzadas y derivados, lo que hace el volumen particularmente útil para quienes no son especialistas en altas matemáticas o en alguna rama de ingeniería y disciplinas afines que requieren del uso frecuente y conocimientos en matemáticas avanzadas. Casi cualquier universitario o lector con cierta formación científica elemental podrá estudiar en esta obra los fenómenos del agua en el suelo, que tienen gran importancia por ejemplo en ecología, y que por

desgracia muchos de los estudiosos de esta materia no incluyen en su preparación académica, atemorizados por las matemáticas avanzadas que despliegan muchos volúmenes sobre este tópico.

El cuarto capítulo se refiere a las relaciones suelo-plantas-atmósfera, especialmente desde el punto de vista del balance energético en este sistema. Se analizan las maneras de estimar la evapotranspiración a partir de datos climáticos y del suelo, y se discuten los coeficientes de diferentes cultivos. Se analiza en el capítulo la evapotranspiración de sistemas donde el agua es el factor limitante y las relaciones entre el crecimiento de las plantas y la evapotranspiración. Se propone además un método para estimar la transpiración de los cultivos, y el capítulo termina también con una buena bibliografía e incluye múltiples ejemplos que ayudan a comprender los conceptos presentados.

En el capítulo quinto este libro aborda la temperatura del suelo y el flujo del calor. Para ilustrarlo no menos de la cuarta parte del capítulo se dedica a ejemplos completamente desarrollados que reseñan los principios expuestos. No faltan aquí tampoco las referencias básicas y los ejercicios a ser resueltos.

Al final del volumen se incluye un apéndice con factores de conversión, un índice de ejemplos y un buen índice de materias.

En general, el volumen presenta una buena introducción a la física del suelo para estudiantes de esta rama y para los no especialistas. El contenido es claro, y tan conciso que el suscrito duda que se pudiera haber presentado más información en menos páginas, aún en una forma menos clara. La presentación del libro, sus gráficos e ilustraciones, así como el papel y forros, son de muy buena calidad como acostumbra la bien conocida editorial Springer.

Se recomienda el volumen para toda clase de bibliotecas, estudiantes universitarios y técnicos de organizaciones de investigación donde los no especialistas en este campo buscan información concisa, clara y precisa sobre física del suelo.

ELEMER BORNEMISZA
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Meiotic stability and kernel fertility in hexaploid triticale (*X Triticosecale* Wittmack) following combined mutagen treatment *¹ / _____

H. K. SRIVASTAVA**

Resumen

Se observaron mejoras en la estabilidad meiótica, en la fertilidad y en el rendimiento en grano en las poblaciones M₃ de tres variedades de triticales hexaploides. Quedó discutida la eficacia del tratamiento combinado de 5 kr de irradiación gama y 0,15 por ciento (EMS) para estimular el comportamiento reproductivo de los triticales. La relación parece ser directa, es decir, que la estabilidad meiótica mejorada produjo alta fertilidad en el polen y en el grano y alto rendimiento en grano en la generación M₃. Ello sugiere que los genes mutantes en la combinación, podrían producir algún grado de dependencia entre la estabilidad meiótica y la fertilidad, posterior a las micro-mutaciones de la proporción del trigo hacia el genómico del centeno en el triticale hexaploide. Además, se discuten los resultados desde el punto de vista de que un tratamiento mutagénico puede promover un balance génico-citoplásmico entre los sistemas genéticos trigo-centeno, lo cual queda evidentemente reflejado en el comportamiento reproductivo superior de los triticales en la generación M₃.

Introduction

Triticale is a new plant genus produced artificially from crossing either hexaploid or tetraploid wheat (*Triticum* sp) with diploid rye species (*Secale* sp) followed by the doubling of the chromosome complement of the sterile F₁ hybrid. In the last decade a great deal of information on cytogenetics of 42 - chromosome triticale (*X Triticosecale* wittmack) has been accumulated (14, 23, 36, 44), but still the presently available hexaploid triticales have not met all the requirement necessary for general use as a commercial cultivar. The crop suffers from comparatively poor yields, inconsistent quality, winter kill, ergot disease, and sterility. Primary triticales are characterized by their cytological instability and partial fertility which have been observed in both the hexaploid and octoploid types (43). The most promising hexaploid triticales are the secondary types which have been obtained from intercrosses of hexaploid triticales with octoploid triticales (21, 28) or with hexaploid wheats (16, 22, 26, 42). High fertility is the major improvement of these types over

the primary hexaploids. Zilinsky and Borlaug (42) have indicated that one of their relatively most fertile hexaploid lines ("Armadillo") having 2n = 6x = 42 chromosomes contains chromosomes of the A and B genomes, some chromosomes, or at least some genes from the D genome of hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L em Thell) as well as chromosomes from the R genome of diploid rye (*Secale cereale* L). As might be expected in a newly synthesized species derived by hybridization of autogamous and allogamous species, there is considerable reproductive instability even in near-homozygous lines. Nakajima (27), upon viewing the morphological characteristics of F₂ - ₃ hexaploid derivatives of the triple cross (tetraploid wheat x diploid rye) x hexaploid wheat, rightly concluded that both R - and D - genomes chromosomes must be present in the chromosome complement of the new improved triticale lines.

The synthetic amphidiploid triticale characteristically shows a number of unpaired chromosomes at first meiotic metaphase (17). Meiotic disorders, sterility and malformed kernels (endosperm shrivelling) are common, especially in progeny from intercrosses among hexaploid triticales (25). Chromosome pairing are generally affected by chromosome homologies, genetic factors and the cellular environment during meiosis (15). These in turn can also be influenced by the external environment (1, 2, 39). Recent comprehensive studies by Bennett et al. (3, 6) on the duration of meiosis and its component stages in wheat, rye and triticale have demonstrated that rye required a longer time in which to complete meiosis

* Received for publication July 30 1980

1/ Study supported in part by a research grant No. 920-06-1204 from UNIVALLE.

** Professor H. K. Srisvatava Professor of Plant Breeding Gujarat Agricultural University Ahmedabat - 38004 (Gujarat State) India.

than either triticale or wheat. They contended that insufficient time for normal pairing of rye chromosomes in the triticale nucleus may be the cause of the partial failure of chromosome pairing which is evidenced as univalents at metaphase I.

Considerable efforts in recent years towards the feasibility of further genetic improvements of triticales have been made. Rupert et al. (34) demonstrate that cytological selection for meiotic stability resulted in the improvement of hexaploid triticales especially in the third generation after colchicine treatment. Weimarck (41) observed that meiotic stability in octoploid triticale could be improved by increasing genetic variation and selecting for fertility and other yield-related characters in advanced generations. The variation of meiotic behavior and its regulation under two different genetic systems in mutagen treated (repeated X-irradiation with 15000 R) and untreated populations in the three lines of hexaploid triticales have been demonstrated (29). Recent results on the effectiveness of chemical mutagens towards improving the reproductive behavior of triticales reveal that sodium azide (35) and N-nitroso-N-methylurea (30,31) could be used to produce useful mutations. Cytogenetic studies in the M_1 populations derived from mutagenically treated strains of hexaploid triticales revealed some relationship between meiotic disorders to that of pollen viability, kernel fertility and seed size (37). Similar studies of the M_2 populations emphasized the importance of combination treatment with 5 kilorad of gamma irradiation and 0.15 percent ethylmethanesulfonate (EMS) in promoting meiotic stability of hexaploid triticales (18). The present study evaluated this relationship in the M_3 populations obtained respectively from some promising M_2 selections of hexaploid triticales and the results observed further signify the role of combined mutagen treatment towards promoting meiotic stability, fertility, and kernel yield.

Material and Methods

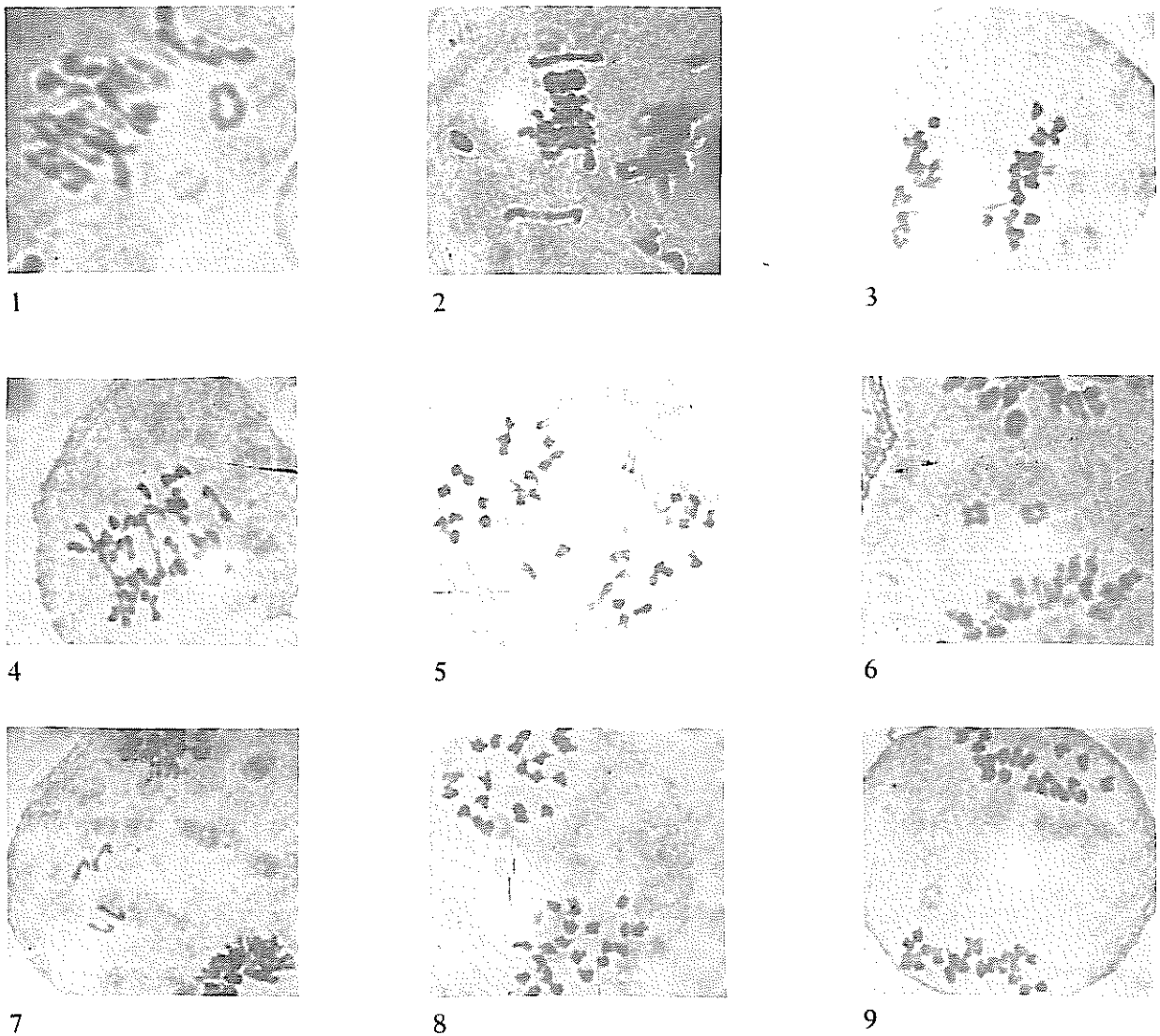
The seeds harvested from the selected M_2 plants (18) of the three cultivars (Armadillo 130, Armadillo 157, and Bronco 245) of hexaploid triticale were grown under normal field conditions to obtain M_3 progeny. The field and laboratory experiments were all carried out at the research farm of the Institute of Advanced Studies, Meerut University, India, during winter of 1975-76. Fifty plants/line/mutagen treatment were randomly chosen in M_3 populations for cytological observations. The young spikes were fixed in Carnoy's solution (6 parts absolute alcohol: 3 parts chloroform: 1 part glacial acetic acid) at the appropriate stage and squashed in 2 percent acetocarmine. Meiotic irregularities were scored as number of univalents at metaphase I, laggards at anaphase I

and II, and micronuclei at telophase II. Microphotographs were taken from temporary preparations.

The data on the agronomic characters like days to maturity and kernel yield/plant were recorded using similar procedures as described earlier (37, 38). A minimum of 300 plants per genotype per treatment were randomly selected for quantitative measurements. The data on the quantitative traits; number of spikelets/spike, number of kernels/spike, kernels/spikelets, pollen viability (%), kernel fertility (%) and total grain yield in gm/plant were recorded under normal field and laboratory conditions. Pollen viability was determined for ten plants randomly selected from each treatment. Several undehisced anthers were removed, and pollen grains were placed on a 'depression' slide and stained with tetrazolium bromide (40). Pollen grains were placed on the slide in the experimental field within 2 min. after the anther was excised from the plant. The number of stained (viable) and unstained (nonviable) pollen grains in a sample of at least 250 pollen grains were counted 2 to 3 hr after sampling. Each of the ten plants sampled for pollen viability was tagged, and one spike was collected from each plant at maturity. Determined for each spike were percentage fertility, kernels/spike, kernels/spikelet, and number of spikelets/spike. The data were analysed using conventional statistical procedures.

Results and Discussion

The M_3 population belonging to combined mutagen treatment (5 kr gamma irradiation plus 0.15 percent EMS) showed excellent chromosomal stability. Besides univalents, some of the commonly observed chromosome irregularities in control populations were binucleate or multinucleate PMC's at metaphase I (Fig. 2), chromatin bridges at anaphase I (Figs. 3 and 4), univalent laggards at anaphase I (Fig. 5), early dividing univalent laggards at anaphase I (Fig. 6), and late dividing univalent laggards at anaphase I (Fig. 7). Stable meiosis with regard to metaphase I, anaphase I (Figs. 8 and 9), and telophase I and II was frequently observed in plants of M_3 populations. The appearance of ring bivalents at metaphase I (Fig. 1) was considered to be irregular as none was observed in mutagen treated M_3 plants. Differences in frequencies of meiotic disorders (metaphase I univalents, anaphase I laggards, anaphase II laggards, and telophase II micronuclei) were observed between mutagen treated lines and controls (Table I). The M_3 population belonging to combined mutagen treatment (5 kr gamma irradiation plus 0.15 percent EMS) exhibited excellent chromosomal stability as the mean number of univalents/PMC's at metaphase I, mean number of laggards/PMC's at anaphase I and II, mean number of micronuclei/PMC's at telophase II were markedly reduced. The other two mutagen treatments (5 kr



**FIGS. 1-9 MEIOTIC CHROMOSOMES BEHAVIOR
IN HEXAPLOID TRITICALES (x 1500)**

Fig. 1. Metaphase I showing a ring bivalent.

Fig. 2. Metaphase I showing a binucleate PMC.

Fig. 3. Anaphase I showing a chromatin bridge.

Fig. 4. Early anaphase I showing two chromatin bridges.

Fig. 5. Anaphase I showing one bivalent laggards and two early dividing univalent laggards.

Fig. 6. Anaphase I showing two bivalent laggards.

Fig. 7. Anaphase I with two dividing univalent laggards.

Fig. 8. Anaphase I showing normal chromosomes in M_3 populations, treatment 5 kr gamma irradiation plus 0.15 percent EMS.

Fig. 9. Late anaphase I showing normal chromosomes in M_3 populations; treatment 5 kr gamma irradiation plus 0.15 percent EMS.

gamma irradiation or 0.15 percent EMS did not show significant reduction in the frequencies of meiotic disorders in M_3 progeny. All the three untreated lines exhibited relatively high frequencies of meiotic irregularities. The results indicated that combined mutagen treatment was effective in promoting meiotic stability.

The data on the six agronomic characters in treated and untreated M_3 populations are summarized in Table II. The mutagen treated M_3 populations appeared to be late maturing. There was, however, no effect of mutagen treatment in respect to number of spikelets/spike as the differences between the mutagen treated and untreated populations for this character were not significant. Percent pollen viability, percent fertility, kernels/spike, and kernels/spikelets were all significantly enhanced in case of the combined mutagen treatment. The kernel yield/plant was also increased in M_3 population belonging to the combined treatments as compared to the controls and other separate mutagen treatments. There was an apparent relationship between improved cytological stability and kernel fertility together with other yield related characteristics evaluated. The relationship seemed to be direct in M_3 generation, viz, improved meiotic stability resulted in high pollen and kernel fertility and yield. The results are also in keeping with the findings where mutagenic treatment was able to shift the mean values of several

quantitative traits in M_2 generation including seeds per spike and 1000 seed weight (31).

The M_3 population derived from mutagen treatment in combination, 5 kr gamma irradiation plus 0.15 percent EMS, showed an improved meiotic behavior which was further reflected in increased agronomic characters. Meiotic disorders, which give rise to aneuploid plants, do not seem to have direct influence on fertility (24). As there was no significant correlation between cytological abnormalities and fertility, it has therefore been suggested that the reduced fertility in triticales is mainly of a genic nature (11, 13, 19, 32). Triticales with cytoplasm from hexaploid wheat are considered to be cytologically more stable and exhibit fewer meiotic irregularities than those having tetraploid wheat cytoplasm (33). They are also superior in pollen viability, fertility, yield and kernel quality, and they possess larger amounts of essential amino acids (lysine, histidine, and threonine) than triticales from tetraploid cytoplasm. Higher level of total cellular RNA, total cellular protein, and nuclear histone have also been observed in triticales with hexaploid than in those with tetraploid cytoplasm (12). In view of these observations and the present results, it is likely to speculate that mutagen treatment brings about a genic-cytoplasmic balance between wheat-rye genetic systems (nuclear and cytoplasmic) which is further

Table 1. Frequencies of meiotic disorders in M_3 populations of the three lines of hexaploid triticales (*X Triticosecale* Wittmack). The data represent mean of 800 to 1000 Pollen Mother Cells studied from at least 20 M_3 plants selected at random for each treatment.

Line	Irregularity	Metaphase I Univalents	Anaphase I Laggards	Anaphase II Laggards	Telophase II Micronuclei
Armadillo 130		2.08	2.04	1.80	1.25
Armadillo + 5 kr		1.98	1.92	1.62	1.12
Armadillo + 0.15 percent EMS		1.85	1.71	1.51	1.00
Armadillo + 5 kr + 0.15 percent EMS		0.75**	0.60**	0.55**	0.40**
Armadillo 157		1.68	1.43	1.30	1.05
Armadillo + 5 kr		1.64	1.38	1.21	0.98
Armadillo + 0.15 percent EMS		1.58	1.27	1.06	0.72
Armadillo + 5 kr + 0.15 percent EMS		0.60**	0.45**	0.39**	0.30**
Bronco 245		1.72	1.37	1.23	0.98
Bronco + 5 kr		1.52	1.18	1.16	0.78
Bronco + 0.15 percent EMS		1.45	1.07	1.04	0.68
Bronco + 5 kr + 0.15 percent EMS		0.96**	0.66	0.42**	0.38**

** Population mean significant at 1% level of probability

Table 2. Agronomic characteristics in M_3 populations of the three lines of hexaploid triticales.

Line	Characters	Days to Maturity	Number of Spikelets	Kernels/Spike	Kernels/Spikelets	Pollen Viability %	Kernel Fertility %	Kernel Yield/Plant (g)
Armadillo 130		90	23.5	30	1.65	65	55	10.5
Armadillo + 5 kr		115	22.0	34	1.72	67	58	12.0
Armadillo + 0.15 percent EMS		116	21.8	36	1.80	65	60	11.0
Armadillo + 5 kr + 0.15 percent EMS		130**	22.5	48**	2.26**	75**	71**	16.0**
Armadillo 157		95	26.2	40	1.80	67	60	14.8
Armadillo + 5 kr		118	24.8	43	1.95	68	62	15.4
Armadillo + 0.15 percent EMS		117	25.8	44	2.00	70	61	16.0
Armadillo + 5 kr + 0.15 percent EMS		135**	25.5	52**	2.34**	82**	78**	21.0**
Bronco 245		97	28.5	42	2.00	65	61	17.2
Bronco + 5 kr		110	29.7	47	1.95	69	63	18.0
Bronco + 0.15 percent EMS		116	30.2	48	2.10	67	65	18.2
Bronco + kr + 0.15 percent EMS		142**	30.5	59**	2.41**	90**	84**	24.1**

** Population mean significant at 1% level of probability

reflected in superior reproductive behavior of triticales in M_3 populations. While the precise mechanism by which the combined mutagens affect the reproductive behavior of hexaploid triticales remains unknown, the possibility that the mutagen treatment in combination brings about some dependence between meiotic stability and fertility after so-called 'micromutations' of the ratio of wheat to rye genome in hexaploid triticales is worth mentioning. The ratio of genomes is thought to be a manifestation of different amount of DNA content, which, in turn, affect meiotic duration as a whole and, in particular, those phases of meiosis related to pairing and chiasma formation (7, 17). The results, however, suggest that the meiotic stability in hexaploid triticales could be improved following combined mutagen treatment and selecting in advanced generation for high kernel fertility and other yield contributing characters.

The cause for partial fertility in triticales is not yet fully understood. A proposal has been made that cytological instability and low fertility of triticales were two unrelated phenomena and that selection for improved fertility would not automatically result in increased meiotic regularity (32). Results of some recent experiments however manifest significant correlations between improved meiotic regularity and kernel fertility. The low seed set in octaploid and hexaploid triticales was associated with the frequency of aberrations in meiosis, especially desynapsis, lead-

ing to the occurrence of aneuploid gametes and plants (20, 29). The number of normal tetrads at telophase II in this study was correlated with the seed set ($r = 0.55$) (20). An exhaustive study on meiotic stability and multivariate analyses of vegetative and reproductive characteristics in nine secondary 42-chromosome triticales and four intertriticale hybrids revealed that at least some of the variation in fertility in triticales is due to meiotic disorders (8). Differences between populations in amount of genetic variability for heading time, pollen viability and grain yield indicated that these agronomic traits might be useful as a selection criteria (10). It has also been elucidated by breeders that kernel development in triticales is more sensitive to environmental influences than in the parental species (9) and better plumper kernel development usually occurs among the most fertile plant type (37). The results of the present study suggest that a positive genetic association between meiotic stability, fertility and kernel yield exists in the M_3 generation following combined mutagen treatment.

Improvement caused by 'micromutations' are generally detected in large groups of plants and testing for their genetic nature would require biometrical analysis in later generations. Several mutants have been isolated in M_3 populations containing strikingly improved meiotic stability, fertility, and yield related characteristics. Additional research on the genetic

nature of these micromutations in hexaploid triticales is needed to determine the specific mechanism by which combined mutagen treatment produces improved meiotic stability, high fertility and superior agronomic performance.

Summary

Improved meiotic stability, fertility, and kernel yield were observed in M_3 populations of three strains of hexaploid triticales. The efficacy of combination treatment with 5 kr gamma irradiation and 0.15 percent EMS in promoting reproductive behavior of triticales has been discussed. The relationship seemed to be direct, i.e., improved meiotic stability resulted in high pollen and kernel fertility and grain yield in M_3 generation. It is suggested that the mutagens in combination may bring about some dependence between meiotic stability and fertility after micromutations of the proportion of wheat to rye genome in hexaploid triticales. The results are also discussed from the point of view that mutagenic treatment may result in bringing about a genic-cytoplasmic balance between wheat - rye genetic systems which is evidently reflected in superior reproductive behavior of triticales in M_3 generation.

Literature Cited

1. BAYLISS, M. W. and RILEY, R. An analysis of temperature dependent asynapsis in *Triticum aestivum*. *Genetical Research* 20: 193-200. 1972.
2. BENNETT, M. D. and REES, H. Induced variation in chiasma frequency in response to phosphate treatments. *Genetical Research*. 16:325-331. 1970.
3. BENNETT, M. D., CHAPMAN, V. and RILEY, R. The duration of meiosis in pollen mother cells of wheat, rye and triticales. *Proceedings Royal Society London Series B*. 178: 259-275. 1971.
4. BENNETT, M. D. and SMITH, J. B. The effects of polyploidy on meiotic duration and pollen development in cereal anthers. *Proceedings Royal Society London Series B*. 181:81-107. 1972.
5. BENNETT, M. D., SMITH, J. B. and KEMBLE, R. The effect of temperature on meiosis and pollen development in wheat and rye. *Canadian Journal of Genetics and Cytology* 14:615-624. 1972.
6. BENNETT, M. D. and KALISIKES, P. J. The duration of meiosis in a diploid rye, a tetraploid wheat and the hexaploid triticales derived from them. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*. 15:615-624. 1973.
7. BENNETT, M. D. Meiotic, gametophytic, and early endosperm development in triticales. *TRITICALE - Proceedings International Symposium*, El Batan, Mexico. 1974. pp. 137-148.
8. CHEN, C. Meiotic stability and multivariate analyses of vegetative and reproductive characteristics in 42-chromosome triticales (X *Triticosecale*, Wittmack). *Dissertation Abstract International* 35:4938B-4939B. 1975.
9. GOUR, V. K. and SINGH, C. B. Influence of wheat cytoplasm on hexaploid triticales. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*. 19:187-188. 1977.
10. GUSTAFSON, J. P. and QUALSEI, C. O. Genetics and breeding of 42-chromosome triticales II. Relation between chromosomal variability and reproductive characters. *Crop Science* 15:810-813. 1975.
11. HSAM, S. L. K. and LARTER, E. N. Identification of cytological and agronomic characters affecting the reproductive behavior of hexaploid triticales. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*. 15:197-204. 1973.
12. HSAM, S. L. K. A study of application of nuclear-cytoplasmic relationships to the improvement of hexaploid triticales. *Dissertation Abstract International* 35:1472B-1473B. 1974.
13. HSAM, S. L. K. and LARTER, E. N. Effects of inbreeding on triticales selected for two levels of fertility and chiasma frequency. *Crop Science* 14:213-215. 1974.
14. HULSE, J. H. and SPURGEON, D. Triticales. *Scientific American* 231:72-80. 1974.
15. IZHAR, S. The timing of temperature effect on microsporogenesis in cytoplasmic male sterile petunia. *Heredity* 66:313-314. 1975.
16. JENKINS, B. C. History of the development of some presently promising hexaploid triticales. *Wheat Information Service*, Kyoto University. 28:18-20. 1969.

17. KALTSIKES, P. J. Univalency in triticale. TRITICALE — Proceedings International Symposium., El Batan, Mexico. pp. 155-157. 1974.
18. KATARIA, V. P. and MISHRA, A. K. The efficacy of combination treatment in promoting meiotic stability of hexaploid triticale (*Triticum hexaploide*, Lart). Current Science. 45:114-117. 1976.
19. KEMPANNA, C. and SEETHARAM, A. Studies into stability, pollen and seed fertility in triticales. Cytologia. 37:327-333. 1972.
20. KHOSTOVA, V. V., GOLUBOVSKAYA, I. N., SKHUTIVA, F. M. and USOVA, T. K. Cytological analysis for the reasons for low seed set and the physiological and biochemical basis for differences in winter hardiness in distant hybrids of wheat I. Seed set. Probl. Teor. i. Prikl. Genet., Novosibirsk, USSR. 178-197. 1976.
21. KISS, A. Neue richtung in der Triticale-Zuchtung. Zietsch Pflanzen. 55:309-329. 1966.
22. LARTER, E. N., TSUCHIYA, T. and EVANS, L. E. Breeding and cytology of Triticale. Third International Wheat Genetics Symposium Proceedings. 1968. pp. 213-221.
23. LARTER, E. N. and GUSTAFSON, P. Triticale. Agrolgist. 5:4-41. 1976.
24. MERKER, A. Cytogenetic investigations in hexaploid triticale II Meiosis and fertility in F₁ and F₂. Hereditas. 73:285-289. 1973.
25. MUNTZING, A. Historical review of the development of triticale, TRITICALE. Proceedings International Symposium., El Batan, Mexico. pp. 13-30. 1974.
26. NAKAJIMA, G. Cytogenetic studies of triploid hybrid from F₁ *Triticum turgidum* x *Secale cereale* and *Triticum vulgare* VI. External characteristics, number of somatic chromosomes, and Meiosis in PMC's of triple rye-wheat (Tri F 2 3 — 2 0 — 3 — 4 — 5 — 17) plant. Japanese Journal of Genetics 36:467-474. 1961.
27. NAKAJIMA, G. and ZENNYOKI, A. Cytogenetics of wheat and rye hybrids. Seiken Zihuo. 18:39-48. 1966.
28. PISSAREV, V. Different approaches in triticale breedings. Second. International Genetics. Symposium Proceedings. Hereditas (Suppl.) 2:279-290. 1963.
29. POPESCU, C. A. Study of the correlation between meiosis and fertility in some lines of triticale. Studii si. Cercetari de Biologie. 27:55-56. 1975.
30. RAMANATHA RAO, V. and JOSHI, M. G. Triticale mutants with amber colored seeds. Current Science. 44:647-648. 1975.
31. RAMANATHA RAO, V. Induced quantitative variation in hexaploid triticale. Mutation Research. 36:85-92. 1976.
32. RILEY, R. and CHAPMAN, V. The comparison of wheat-rye and wheat-aegilops amphidiploids. Journal of Agricultural Sciences 49:246-250.
33. ROUPAKIAS, D. G. and KALTSIKES, P. J. The effect of wheat cytoplasm on meiosis of hexaploid triticale. Canadian Journal of Genetics and Cytology. 19:39-40. 1977.
34. RUPERT, E. A. QUALSET, C. O. and BEATTY, K. D. Development of comparative stability in Triticum-secale allopolyploids. Proceeding Thirteenth International Genetics Congress Genetics (Suppl.) 74:235-236. 1973.
35. SAPRA, V. T., HUGHES, J. L. and SHARMA, G. C. Effects of sodium azide and N-Nitroso-N-methylurea on M₁ and M₂ generations of hexaploid triticale (*X Triticosecale*). Wheat Information Service. 41/42:52-55. 1976.
36. SCOLES, G. J. and KALTSIKES, P. J. The cytology and cytogenetics of triticale. Zietsch Pflanz. 73:13-43. 1974.
37. SRIVASTAVA, H. K. and MALIK, K. P. Cytological studies in normal and mutagen treated strains of triticale (*Triticale hexaploide*, Lart) Current Science 43:470-473. 1974.
38. SRIVASTAVA, H. K. and BALYAN, H. S. Radiation induced variability in quantitative traits of jowar (*Sorghum vulgare* Snow). Current Science 44:320-321. 1975.
39. UTKHEDE, R. S. and JAIN, H. K. Temperature induced condition of univalency in wheat. Cytologia. 39:791-799. 1974.

40. WATKINS, R. E. A staining technique for determining wheat pollen viability. *Wheat Information Service*. 26:1-3. 1968.
41. WEIMARCK, A. Cytogenetic behavior in octoploid triticale I. Meiosis, aneuploide and fertility. *Hereditas*. 74:103-118. 1973.
42. ZILLINSKI, F. J. and BORLAUG, N. E. Progress in developing Triticale as an economic crop. CIMMYT (Mexico) *Research Bulletin* 17. 1971.
43. ZILLINSKI, F. J. Triticale breeding and research at CIMMYT, Mexico. *Research Bulletin* 24. 1973.
44. ZILLINSKI, F. J. The development of triticale. *Advances in Agronomy*. 26:315-348. 1974.

Estudos sobre a nutrição mineral do sorgo granífero: X. Eficiência nutricional comparada do sorgo granífero e do milho^{1*}/

C. A. ROSOLEM**, E. MALAVOLTA***

Abstract

This investigation was designed to estimate and to compare the nutritional efficiency of 5 grain sorghum and 6 corn cultivars. In the greenhouse, sorghum and corn plants were grown in nutrient solution until maturity, being then harvested, separated in parts and dried. Samples were analysed for total N, P and K.

The nutritional efficiency was calculated by the following formula:

$$E = \text{grain yield (g) nutrient contained in the vegetative part of the plant (g)} \\ \times \text{plant cycle (days)}.$$

The results obtained allowed for the conclusion that there is need for further studies to establish conclusively the concept of nutritional efficiency for grain sorghum. There were significant correlations between production and N and P nutritional efficiency for corn. Grain sorghum yielded more than corn and the nutritional efficiency was also higher.

Introdução

T em havido, recentemente, um crescente interesse pela influência genética na nutrição de plantas. Diferenças nutricionais entre cultivares de mesma espécie (16), diferenças na exigência de nutrientes (8) e controle genético do transporte iônico (6) têm sido revistos.

Com relação ao significado do termo "eficiência", alguns autores têm se referido ao mesmo (4, 5, 6, 7, 16) considerando-a como a capacidade de uma planta produzir maior ou menor quantidade de matéria seca ou de absorver maior ou menor quantidade de determinado nutriente pela parte aérea ou raízes, mostrando ou não sintomas visuais de deficiências.

Em revisão sobre diferenças nutricionais de plantas, Vose (16) comenta a importância da seleção de variedades levando em consideração sua eficiência em absorver nutrientes. Os fatores internos como a absorção, translocação, assimilação e desintoxicação, segundo este autor, podem ser avaliados de duas maneiras:

- a. Respostas diferenciais de produção, como a eficiência de produção de matéria seca com determinada quantidade de nutriente disponível;
- b. Absorção diferencial de nutrientes, como a concentração ou teor total absorvido na parte aérea ou raízes.

Trabalhando com 20 variedades de trigo, 20 variedades de cevada e 10 variedades de soja, em dois locais, Klesse et al (10) estudaram a acumulação de P, K, Mg, Na, Ca, Mn e B foram significativas na maioria dos materiais estudados. Em contraste, as diferenças devidas a locais e anos foram muito menores e não significativas, levando o autor a concluir, em função da consistência dos resultados, que as diferenças nutricionais devidas à carga genética não são afetadas por locais ou anos onde a planta é cultivada.

1/ Recibido para la publicación el 22 de mayo de 1980.

* Parte da dissertação de mestrado do 1º autor, com suporte financeiro da FAPESP e BNDE.

** Departamento de Agricultura e Silvicultura, FCA/UNESP, 18.600 – Botucatu, SP – Brasil. Com bolsa do CNPq.

*** Departamento de Química e CENA/ESALQ, USP, 13 400 – Piracicaba, SP – Brasil.

Os mesmos autores, estudando as correlações entre os nutrientes acumulados, notaram que elas eram altamente significativas e positivas, assim, uma planta com grande acúmulo de um nutriente tendia a acumular grandes quantidades dos outros nutrientes.

Malavolta, citado em (1) preocupando-se em dar um aspecto mais prático ao assunto, define eficiência como a relação existente entre produção e quantidade de um nutriente absorvido em um determinado tempo. É evidente a preocupação do autor para considerar a utilização do nutriente pelas plantas, levando em consideração o seu ciclo biológico. Esta definição foi chamada pelo mesmo "eficiência de utilização de nutrientes", ou "eficiência nutricional".

Amaral (1), trabalhando com 104 variedades de feijão, em solução nutritiva, encontrou eficiência que variaram dentro dos seguintes limites: Nitrogênio — 0,2775 e 0,0081; Fósforo — 1,8270 e 0,0513; e Potássio — 0,7895 a 0,0070. O autor encontrou correlações positivas entre produção e eficiência nutricional para os três nutrientes estudados, concluindo que as eficiências de utilização de nitrogênio, fósforo e potássio parecem ser parâmetros úteis nos trabalhos de seleção de variedades, pelas correlações positivas que apresentaram com a produção: as variedades mais produtivas foram também as mais eficientes na conversão dos nutrientes absorvidos em grãos colhidos.

Um estudo em termos comparativos dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn e Mn contidos em folhas de milho e de sorgo (2), concluiu que são diferentes os níveis desses nutrientes para as duas espécies vegetais, estabelecendo a necessidade de se estudar os níveis críticos nutricionais para o sorgo. O autor relata ainda que o sorgo mostrou teores de Ca e Mg mais baixos do que o milho, e teores de N e P mais altos do que os do milho não existindo diferenças significativas para os teores de K.

A literatura sobre a nutrição mineral do sorgo e milho foi revista por Malavolta (11), destacando-se os seguintes pontos de interesse:

a. Comparando-se com o milho, o sorgo tem mais raízes secundárias, o que lhe confere maior potencial para o uso de água e dos nutrientes. Calcula-se que a capacidade de absorção do sorgo é o dobro da do milho, o que é devido (em parte pelo menos) a maior superfície de contato das raízes com o substrato embora a área foliar do sorgo seja a metade da do milho, as duas espécies apresentam praticamente as mesmas necessidades relativas de nutrientes de maneira geral.

b. Considerando-se a eficiência de utilização dos nutrientes (quantidade de grãos produzida/quantidade de nutrientes absorvidos), o sorgo parece ganhar do milho, principalmente com respeito a N, P e K.

Encontra-se na literatura resultados em que a resposta à adubação foi mais marcante para o milho do que para o sorgo (13), onde o milho produziu menos que o sorgo em tratamentos sem adubo e mais do que o sorgo nos tratamentos com as doses maiores de adubo. Os teores de N nos grãos aumentaram quando se aumentava a dose de N ou P aplicados, mas era semelhante para o milho e sorgo.

Em pesquisa de campo, foram feitas aplicações de 37,5; 75,0 e 112,5 kg N/ha ao milho (3). Para os tratamentos altos e baixos em N, as colheitas de grãos foram 1,6 e 0,87 t/ha e os teores de N na folha da espiga aos 60 dias da semeadura foram 1,62 e 1,26% respectivamente. Resultados similares foram obtidos com sorgo, onde foram obtidas colheitas de 2,65 e 1,7 t de grãos/ha, com altas e baixas doses de N, respectivamente.

Materiais e métodos

Foi instalado um experimento em casa de vegetação, utilizando solução nutritiva com cinco cultivares de sorgo granífero: P 8417, TE Y 101, C 102, C 101 e E 57, e seis cultivares de milho: Ag 504 (opaco 2), Piranão, Flint composto, Centralmex, AG 152 e HMD 7974.

As sementes foram postas a germinar em vermiculite umedecida com água destilada, onde as plântulas permaneceram por uma semana. Quando as plântulas estavam com 3 folhas, foram transplantadas para bandejas de 40 litros de capacidade, contendo 30 litros de solução No. 1 de Hoagland e Arnon (9) diluída a 1/3 da concentração usual, aí permanecendo por 14 dias.

As plantas foram então transplantadas para vasos de polietileno com 20 litros de capacidade, sendo colocada em cada vaso uma planta. Foi utilizada a solução No. 1 de Hoagland e Arnon (9) completa, pois existem indicações de que o estudo das eficiências nutricionais é satisfatório nesta condição (1).

Desde a instalação do ensaio até a sua colheita as soluções foram continuamente arejadas, e procedeu-se a troca das mesmas de 20 em 20 dias, sendo que o volume era completado com água destilada sempre que necessário.

O experimento foi instalado em um esquema inteiramente casualizado com 3 repetições.

As plantas foram colhidas quando completaram o ciclo biológico (110 dias para o sorgo e 120 dias para o milho). Nesta ocasião as mesmas foram dissecadas, secadas, pesadas e moidas. Foram analisados nitrogênio total, fósforo total e potássio total em cada uma das partes das plantas (14).

As eficiências nutricionais foram calculadas pela seguinte fórmula (12):

$E = (\text{produção/elemento absorvido}) \times \text{tempo onde:}$

E = eficiência nutricional.

Produção = matéria seca de grãos (g)

Elemento absorvido = N, P ou K contido na parte vegetativa da planta (g)

Tempo = ciclo biológico da planta (dias)

Foram realizadas análises de variância dos resultados obtidos e tentou-se correlacionar as eficiências nutricionais entre si, e com as produções de grãos obtidas.

Resultados e discussão

Encontram-se na Tabela 1 as produções de grãos estimadas do sorgo e do milho, em kg/ha, com populações estimadas em 150000 plantas/ha para o sorgo e 50000/ha para o milho, assim com as eficiências nutricionais correspondentes.

Eficiência Nutricional do sorgo granífero

As cultivares de sorgo granífero, apresentaram eficiências nutricionais para nitrogênio (ENN) estatisticamente semelhantes. De maneira geral, as cultivares que apresentaram maiores eficiências para nitrogênio (ENN) foram as que apresentaram maiores produções de grãos (Tabela 1), o que fica confirmado pela correlação positiva encontrada entre ENN e matéria seca de grãos.

As eficiências nutricionais para fósforo (ENP) para as diferentes cultivares foram estatisticamente semelhantes (Tabela 1), entretanto, com exceção da E 57, os valores observados correspondem aproximadamente aos resultados obtidos para a produção de grãos, apesar de não ter havido correlação significativa entre ENP e produção para as cultivares de sorgo granífero.

Os resultados obtidos para as eficiências nutricionais para potássio (ENK) (Tabela 1) não concordam plenamente com aqueles obtidos para produção de grãos, o que fica comprovado pela não significância das correlações entre ENK e produção de grãos das cultivares.

Foram encontradas correlações entre ENN e ENK, mas estas não se correlacionaram significativamente com ENP embora os valores de R encontrados se aproximem da significância estatística. Kleese et alii (10) trabalhando com trigo, cevada e soja, e

Tabela 1: Eficiências nutricionais para nitrogênio, fósforo e potássio, produção de grãos em kg/ha do sorgo e do milho, por cultivar^a

Espécies	Cultivares	ENN	ENP	ENK	Produção de grão
SORGO	E 57	0,742	1,560	1,029	4704
	C 101	0,809	7,436	1,158	4020
	P 8417	0,815	6,465	1,688	3863
	IE Y 101	0,676	7,190	1,527	3785
	C 102	0,701	6,366	1,138	2210
	MÉDIA	0,749	5,803	1,308	3716
MILHO	Piranão	0,624	4,271	0,427	2562
	Flint Composto	0,764	4,136	0,382	1967
	HMD 7974	0,580	1,701	5,229	1326
	Centralmex	0,526	1,606	0,268	737
	AG 504	0,436	2,057	0,498	539
	AG 152	0,411	2,101	0,422	517
	MÉDIA	0,567	2,645	1,204	1275

a população estimada para 1 ha de sorgo: 150000 plantas
população estimada para 1 ha de milho: 50000 plantas

Amaral (1) trabalhando com feijão encontraram correlações altamente significativas entre estes parâmetros.

Apesar de ter sido demonstrado a validade do conceito de eficiência nutricional para plantas como o tomateiro (15) e feijoeiro (1), para o sorgo, os resultados obtidos, embora promissores, não foram tão conclusivos como aqueles obtidos para tomate e feijão demonstrando a necessidade de novos estudos sobre o assunto, incluindo a maneira de se calcular a eficiência. Há que se ressaltar que além das espécies, a metodologia utilizada no presente caso foi diferente daquelas utilizadas por aqueles autores.

Eficiência Nutricional do milho

As cultivares de milho apresentaram ENN estatisticamente diferentes entre si, na seguinte ordem decrescente: Flint Composto, Piranão, HMD 7974, Centralmex, Ag 504 e Ag 152, que de maneira geral concorda com a ordem decrescente de produção de grãos, o que fica confirmado pela correlação linear positiva e altamente significativa encontrada entre ENN e produção de grãos.

As cultivares Piranão e Flint Composto apresentaram as maiores ENP, e as demais cultivares apresentaram ENP semelhantes entre si, sendo que foram encontradas correlações altamente significativas e positivas entre ENP e produção de grãos das cultivares.

A cultivar HMD 7974 apresentou ENK muito maior que as outras cultivares (semelhantes entre si), mostrando assim alta capacidade de adaptação a condições de baixa fertilidade em potássio, mas não foi encontrada correlação entre ENK e produção de grãos de milho.

Foram encontradas correlações positivas e significativas apenas entre ENP e ENN, discordando de resultados obtidos com outras culturas (1, 10).

Para o milho, o conceito de eficiência nutricional mostrou ser um meio com amplas possibilidades para se estudar a capacidade da planta em responder à adubação e se adaptar a condições de baixa fertilidade, a exemplo do que foi demonstrado para outras culturas (1, 15).

Sorgo x milho

As cultivares de sorgo, em solução nutritiva, geralmente apresentaram maiores eficiências do que as cultivares de milho, correspondentes a maiores produções das cultivares de sorgo.

Estes resultados concordam plenamente com a hipótese levantada por Malavolta (11), segundo a qual o sorgo tem maior capacidade de aproveitamento de nutrientes para produção, e em parte com os resultados obtidos por Perry e Olson (13), que encontraram maiores produções de sorgo em relação apenas em parcelas que não receberam adubação.

Conclusões

- a. As eficiências nutricionais para nitrogênio apresentaram correlação com as produções de grãos, enquanto que para as eficiências nutricionais para fósforo e potássio do sorgo foram encontradas apenas algumas correspondências com as produções, sendo portanto necessários mais estudos sobre a aplicabilidade do conceito de eficiência nutricional ao sorgo granífero.
- b. Existiram correlações significativas entre produção de grãos de milho e eficiências nutricionais para nitrogênio e fósforo, e algumas correspondências entre eficiência nutricional para potássio e produção de grãos de milho.
- c. As cultivares de sorgo granífero apresentaram maiores produções de grãos e maiores eficiências nutricionais para nitrogênio, fósforo e potássio do que as cultivares de milho.

Resumo

Foi conduzido um experimento em casa de vegetação, com solução nutritiva com o objetivo de se estudar as eficiências nutricionais do sorgo granífero e do milho.

Para tanto, cinco cultivares de sorgo e seis cultivares de milho foram cultivadas em solução nutritiva completa até o final do ciclo, quando as plantas foram colhidas, dissecadas, secadas e moidas. Foram feitas análises químicas de nitrogênio, fósforo e potássio nas partes das plantas, e a seguir foram calculadas as eficiências nutricionais através da fórmula: $E = \text{produção de grãos (g)/nutriente contido na parte vegetativa (g) x ciclo da planta (dias)}$.

Os resultados obtidos demonstraram que são necessários mais estudos para a aplicação do conceito de eficiência nutricional ao sorgo granífero, o mesmo parece, entretanto, se aplicar muito bem ao milho. As cultivares de sorgo granífero produziram mais do que as de milho, e suas eficiências nutricionais foram também maiores.

Literatura Citada

1. AMARAL, F. de A. L. do. Eficiência de utilização de Nitrogênio, Fósforo e Potássio de 104 variedades de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). (Tese de Doutorado). ESALQ—USP. Piracicaba, 1975, 11 p.
2. BENNET, W. F. A comparison of the chemical compositions of the corn and the grain sorghum leaf *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, 2(6):399-405 1971.
3. BOON—AMPOL, P.; MEESWAT, P.; PANICHKUL, R. e SLIT, M. Application of nitrogen for corn and sorghum grown in Chai Nat soil during dry season. *Thailand Journal of Agricultural Science*. Department of Agriculture Bangkok, Thailand, 8(3):131-137. 1975.
4. BROWN, J. C. e AMBLER, J. E. Further characterization of iron uptake in two genotypes of corn *Proceedings of soil Science Society of America*, 34(2):249-252. 1970.
5. CLARK, R. B. e BROWN, J. C. Differential mineral uptake by maize inbreds *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 5(3):213-277 1974.
6. EPSTEIN, E. e JEFFERIES, R. L. The genetic basis of selective ion transport in plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 15:169-184. 1964.
7. EPSTEIN, E. *Nutrição mineral das plantas — Princípios e perspectivas* Trad e Notas E. MALAVOLTA. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos; São Paulo, Ed. da Universidad de São Paulo, 1975, 344 p.
8. GERLOFF, G. C. Comparative mineral nutrition of plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 14:107-124. 1963.
9. HOAGLAND, D. R. e ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soil. *California Agricultural Experimental Station Cir.* 347. 1950.
10. KLEESE, R. A.; RASMUSSEN, D. C. e SMITH, L. H. Genetic and environmental variation in mineral element accumulation in Barley, wheat and soybeans *Crop Science*, 8(5): 591-594. 1968.
11. MALAVOLTA, E. *Nutrição e adubação do milho (Zea mays) e do sorgo (Sorghum vulgare)*. 1973. Apostilla mimeo. Piracicaba.
12. MALAVOLTA, E. *Manual de Química Agrícola. Nutrição de plantas e fertilidade do solo*. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo, 1976 528 p.
13. PERRY, Jr., L. J. e OLSON, R. A. Yield and quality of corn and grain sorghum and residues as influenced by N fertilization. *Agronomy Journal*, 67(6):816-819. 1975.
14. SARRUGE, J. R. e HAAG, H. P. *Análises químicas em plantas* Departamento de Química — ESALQ — publicação especial. Piracicaba. 1974.
15. SULLIVAN, J.; GABELMAN, W. H. e GERLOFF, G. L. Variation in efficiency of nitrogen utilization in tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill) grown under nitrogen stress. *Journal of America Society of Horticultural Science*, 99(6):543-547 1974.
16. VOSE, P. B. Varietal differences in plant nutrition. *Herbage Abstracts*, 33(1):1-13. 1963.

Reseña de Libros

HALL A. E., CANNELL, G. H. y LAWTON, H. W.
(Edits.) Agriculture in semi-arid environments.
Ecological Studies 34. Springer-Verlag Berlin,
Heilderberg. 1979. 340 p.

En los últimos años se ha incrementado el interés por las zonas semiáridas, las cuales constituyen ecosistemas frágiles expuestos a presiones de uso intenso, en razón de las poblaciones siempre en aumento que en ellas viven y de las que extraen su sustento. Prueba de ese interés es el programa sobre desertificación (o sea la degradación ecológica de las zonas áridas y semiáridas) que recientemente iniciaron las Naciones Unidas a escala mundial, luego de un largo proceso de estudios y reuniones preliminares.

Este volumen es también un reflejo de ese interés. Escrito por varios autores, principalmente profesores de la Universidad de California, describe en los primeros capítulos los sistemas agrícolas usados en la antigüedad, en las regiones secas tanto del viejo mundo como de América, y la forma como tales sistemas evolucionaron hasta los utilizados en la actualidad. Luego se extiende en la definición y distribución geográfica de los climas semiáridos para después entrar en los aspectos microbiológicos y bioquímicos de los suelos agrícolas que se encuentran en tales climas, su manejo, el control de la erosión, y la adaptación y manejo de cultivos en dichas condiciones ambientales.

Finalmente trata varios temas de menor amplitud o de interés geográfico localizado, tales como el transporte del agua a través del suelo, la planta y la atmósfera, y (referidos a las zonas semiáridas del Africa

Occidental, a la zona del Sahel y a otras regiones de ese continente), el control de malezas, las enfermedades y nemátodos que atacan los cultivos, la agroclimatología aplicada al manejo del agua y la interacción entre la producción de cultivos de escarda y la ganadería.

Como casi siempre ocurre en libros sobre asuntos técnicos y científicos escritos cooperativamente por numerosos autores, la obra que comentamos no cubre sistemáticamente los diversos aspectos del tema básico, sino que se asemeja más bien a un mosaico de contribuciones, casi todas valiosas, de diferente amplitud y profundidad, que en ocasiones se sobrepone y en otras profundizan innecesariamente en aspectos demasiados específicos y localizados. Por otra parte vale la pena anotar que de 23 contribuyentes 18 son profesores de la Universidad de California, uno es un experto australiano, tres africanos y uno francés.

Llama la atención y es uno de los aspectos más positivos de la obra que comentamos, la amplia y cuidadosa revisión bibliográfica que se ha hecho en muchos de los temas tratados. Las referencias fácilmente llegan en total a varios centenares y son abundantes y bien escogidas, especialmente en los capítulos sobre los antiguos sistemas agrícolas en las regiones secas, los aspectos microbiológicos y bioquímicos de los suelos agrícolas en regiones semiáridas, la adaptación y el manejo de cultivos a ese medio ecológico y la erosión del suelo y su control. El libro contiene, finalmente, sendos índices taxonómico y de materias, que ayudan mucho en la consulta de su contenido.

FERNANDO SUAREZ DE CASTRO
INSTITUTO INTERAMERICANO
DE CIENCIAS AGRICOLAS
SAN JOSE, COSTA RICA

Rationalising fertilizer rates for Sorghum I. Screening of suitable soil test methods¹*/ _____
 C. S. BALASUNDARAM**, U. S. SREE RAMULU**

Resumen

Se realizó un experimento de campo en suelos rojos de poca profundidad en Bhavanisagar, utilizando al sorgo como cultivo testigo para seleccionar las pruebas de suelo más apropiadas para la predicción precisa del estado de fertilidad del suelo. Se probaron 20 combinaciones diferentes, incluyendo dos métodos para N, dos para P y cinco para K, usando la técnica de regresión múltiple. Solo tres de las combinaciones se encontraron superiores a las otras. Estas combinaciones seleccionadas indicaron la superioridad del método de Olsen para el P disponible, y mostraron ser igualmente buenos para nitrógeno disponible tanto el permanganato alcalino de nitrógeno como el carbono orgánico. En el caso del K disponible, se encontró que el acetato de amonio y el ácido nítrico O.IN resultaron ser soluciones extractoras igualmente superiores.

Introduction

The yield of any crop plant and yield increases due to fertilizer additions depend upon many factors such as soil, plant, climate and cultural practices. The level of nutrient availability to plant is of prime importance in determining crop yields. The ability, dependability and rapidity to extract proportional amounts of available nutrients, are axioms of a successful soil test. Hence, screening for a suitable method and calibration of soil tests against crop response are essential for deciding on fertilizer requirements. In this paper, an attempt has been made to screen the suitable soil test methods for sorghum for the precise prediction of the fertility status of the soil.

Materials and methods

A field experiment was conducted in shallow red soils of Bhavanisagar (Typic Ustorthents). Fertility gradients were created adopting a methodology akin to that of Ramamoorthy and Velayutham (7) with Ganga 5 Maize. Then, the test crop trial with sorghum var. CSH 5 (having selected 12 treatments

including controls involving 5 levels of N and 4 levels of P and K) was superimposed and replicated three times for each of the four fertility gradients. The levels tested were 0, 50, 100, 150 and 200 kg/ha for N; 0, 13, 26 and 39 kg/ha for P and 0, 16, 32 and 48 kg/ha for K. Plotwise soil samples (0–15 cm) were collected and were analysed for available nutrients prior to sowing the sorghum, using the following methods:

Available N:

Alkaline permanganate — N : Subbiah and Asija (10)
 Organic carbon : Walkley and Black (11)

Available P:

Olsen's extractant : Olsen et al. (6)
 Bray's extractant : Bray and Kurtz (3)

Available K:

1 N Ammonium acetate : Stanford and English (9)
 0.1 N Nitric acid : Ramanathan (8)
 0.01 M Calcium chloride : Beckett (2)
 Morgan's Universal
 extractant : Morgan (5)
 Boiling 1 N Nitric acid : Wood and De Turk (12)

Multiple regression analysis was done to relate the soil test values with yield so as to study the number of parameters simultaneously, using Fortran IV language in an IBM 370/155-II Computer.

1/ Received for publication November 29, 1979.

* Former part of the thesis submitted for the award of the Ph.D. degree; permission accorded by the Tamil Nadu Agricultural University to publish the thesis is appreciated.

** Department of Soil Science & Agricultural Chemistry, Agricultural College & Res. Institute, Coimbatore... 641003, India.

0.1 N nitric acid and ammonium acetate extractants were found to be superior over the other three extractants used in the present study. Among the two, ammonium acetate is already widely used as an extractant; 0.1 N nitric acid has also been claimed to be superior by Ramanathan (8) in his studies on the dynamics of soil potassium.

Summary

A field experiment was conducted in shallow red soils of Bhavanisagar with sorghum as test crop to screen suitable soil tests for the precise prediction of the fertility status of soil. Twenty different combinations involving two methods for N, two for P and five for K were tested, adopting the multiple regression technique; only three combinations were found to be superior over others. These selected combinations showed the superiority of Olsen's for available P while for available N both alkaline permanganate nitrogen and organic carbon were found to be equally good. For available K, ammonium acetate and 0.1 N nitric acid extractants were found to be equally superior.

Literature Cited

1. ANONYMOUS. Annual progress report of Indian Council of Agricultural Research – Co-ordinated Scheme for Investigation on correlation of soil test with crop response (Co-ordinator's report) for the Year 1972-73, 1973.
2. BECKETT, P. H. T. Studies on soil potassium. I. Confirmation of ratio law: Measurement of potassium potential. *Journal of Soil Science* 15:1-8, 1964.
3. BRAY, R. H. and KURTZ, L. T. Determination of total, organic and available phosphorus in soils. *Soil Science* 59:39-45, 1945.
4. JACKSON, M. L. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall of India (P) Ltd., New Delhi, 1967.
5. MORGAN, M. F. Chemical soil diagnosis by the universal soil testing system. *Bulletin of Connecticut Agricultural Experiment Station*, 450, 1941.
6. OLSEN, S. R., COLE, C. V., WATANABE, F. S., and DEAN, L. A. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. United States Department of Agriculture, Circular 939, 1954.
7. RAMAMOORTHY, B., and VELAYUTHAM, M. Soil test crop response correlation work in India. *Soil resources report No. 41. Soil survey and Soil Fertility Research in Asia and Far Asia*, 14:96-105, 1971.
8. RAMANATHAN, K. M. Studies on dynamics of soil potassium. Ph.D. Thesis. Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, 1977.
9. STANFORD, S., and ENGLISH, L. Use of the flame photometer in rapid soil tests for K and Ca. *Agronomy Journal*, 41:446-447, 1949.
10. SUBBIAH, B. V., and ASIJA, G. L. A rapid procedure for estimation of available nitrogen in soils. *Current Science*, 25:259-260, 1956.
11. WALKLEY, A., and BLACK, I. A. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37:29-38, 1934.
12. WOOD, L. K., and DE TURK, E. E. The adsorption of K in soils in non-exchangeable forms. *Soil Science Society of America Proceedings*, 5:152-161, 1940.

Reseña de Libros

KATZ J. Ozone and chlorine dioxide technology for disinfection of drinking water. Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey. 1980. 659 p.

Este es el volumen 67 de la serie Pollution Technology Review y a la vez el número 164 de Chemical Technology Review. Los capítulos se presentan como reproducciones de los manuscritos mecanografiados originales.

Los temas generales que cubren son: Uso de otros desinfectantes; aspectos microbiológicos de la desinfección; determinación de residuos; química y costo del proceso de desinfección. La segunda parte del

libro trata de manera concreta los aspectos químicos, biológicos, de salud pública, y de ingeniería, en el uso del ozono y del dióxido de cloro en el tratamiento de aguas.

La información contenida en este libro es bastante completa, lo cual lo hace valioso como obra de referencia para personas que ya trabajan en el campo del tratamiento de aguas, ya que además presenta una extensa recopilación de información bibliográfica referente al uso del ozono y del dióxido de cloro en aguas. Los mecanismos de acción de estos oxidantes sobre la materia orgánica están descritos en forma adecuada, lo cual le da valor adicional a esta obra para aquellos lectores interesados en conocer, más a fondo, la naturaleza química de los procesos descritos.

VICTORIA EUGENIA PACHECO
APARTADO 579 MONTES DE OCA
SAN PEDRO

Rationalising fertilizer rates for sorghum II. Optimising the dose with relevance to the soil test values¹*/

C. S. BALASUNDARAM**, U. S. SREE RAMULU**

Resumen

Se realizó un experimento de campo en suelos rojos de poca profundidad en Bhavanisagar, utilizando al sorgo como cultivo testigo en la búsqueda racional de las dosis óptimas de fertilización del sorgo con base en las pruebas de suelo. La respuesta a K fue no significativa, por lo que se utilizaron ecuaciones que requirieron ajustes simplificados para N y P en los casos de rendimientos, tanto óptimos como máximos, a partir de la ecuación de regresión múltiple para las tres combinaciones seleccionadas de métodos de pruebas de suelo. También se determinaron las dosis de fertilización económicamente convenientes, sobre la base de máxima ganancia por inversión, en rupias, del fertilizante utilizado.

Introduction

A rational fertilizer programme is a strategic component of cultural practice. Soil test crop response studies form the kingpin in providing the quantitative relationship between nutrient supply from the soil and the fertilizer requirement. Thus, the philosophy of fertilization is to adjust the fertilizer rate in tune with the soil test value. An attempt has been made in this paper to relate the soil test with crop response coupled with economic aspects of fertilization so as to evolve a rational fertilizer programme for sorghum crop.

Materials and methods

Field experiments were conducted in shallow red soils of Bhavanisagar (Typic Ustorthents). Fertility gradients were created adopting the methodology akin to that of Ramamoorthy and Velayutham (4) with Ganga 5 Maize. Then the test crop trial with selected twelve treatments involving five levels of N and four levels of P and K was super imposed

and replicated thrice in each of the four fertility gradients. Plotwise initial soil samples were collected and analysed for available N by alkaline permanganate and organic carbon; available P by Olsen's and Bray and available K by ammonium acetate, 0.1 N nitric acid, 0.01 M calcium chloride, Morgan's and boiling 1 N nitric acid. Sorghum variety CSH 5 was sown adopting a spacing of 45 x 15 cm after the basal application of fertilizers. The entire dose of P and K and half the dose of N were applied basally and the remaining dose of N was top dressed 30 days after sowing. Routine cultural practices were followed and at harvest the plotwise yields were recorded.

Results and discussion

Influence of various levels of fertilizer application on sorghum grown under different fertility gradients has been depicted (Fig. 1). The best combinations of soil test methods were selected from twenty different combinations consisting of two methods for available N, two for available P and five for available K (1). The best combinations viz., SN₁ SP₁ SK₂, SN₂, SP₁ SK₂ and SN₂ SP₁ SK₁ chosen based on the type, magnitude of response and R² values showed a + - - response type for N and P while for K - + + for SN₁ SP₁ SK₂ and SN₂ SP₁ SK₂ and + + - for SN₂ SP₁ SK₁ combination. The response to K was not significant and hence simplified adjustment equations were worked out for N and P for maximum and optimum yields by partial differentiation of multiple regression equations following the approach adopted

1/ Received for publication November, 29, 1979.

* Former part of the thesis submitted for the award of Ph.D. and permission accorded by the Tamil Nadu Agricultural University to publish the thesis is appreciated.

** Department of Soil Science & Agrl Chemistry, Agrl. College & Res. Institute, Coimbatore - 641 003. India.

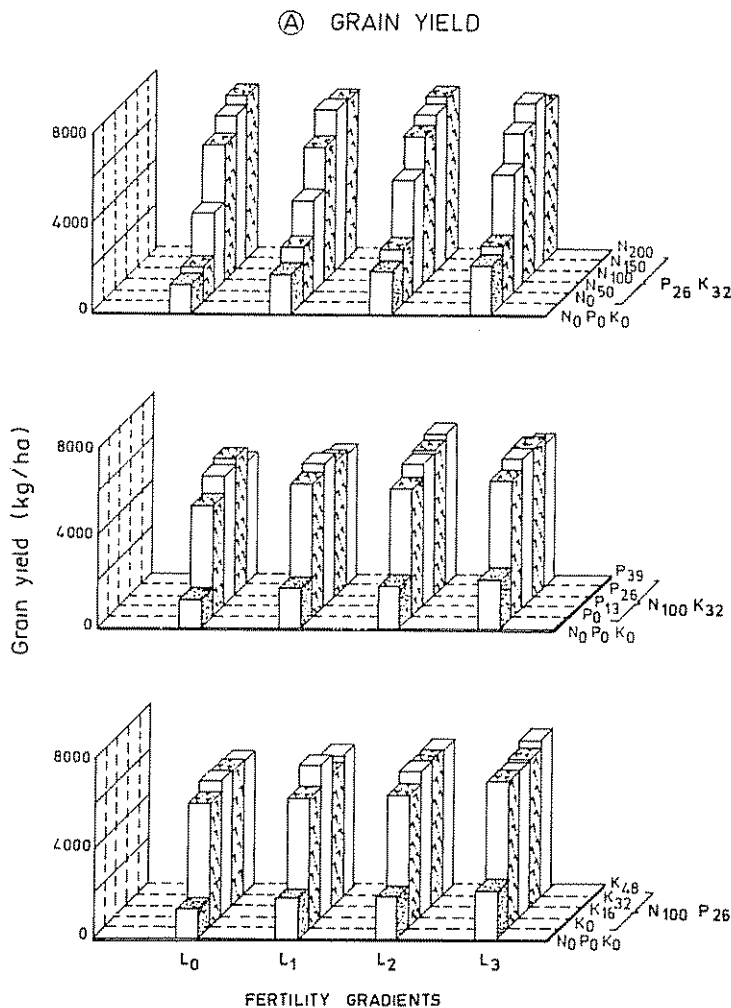


Fig. 1. Influence of various levels of fertilizer application on sorghum crop grown in different fertilizer gradients.

in the All India Co-ordinated Scheme on Soil test crop response correlation studies (5, 3). The fertilizer adjustment equations for the selected three combinations are as follows:

N dose for maximum yield:

$$\begin{aligned} FN &= 266 - 0.37 SN (SN_1 SP_1 SK_2) \\ FN &= 181 - 26.09 SN (SN_2 SP_1 SK_2) \\ FN &= 178 - 12.13 SN (SN_2 SP_1 SK_1) \end{aligned}$$

N dose for optimum yield:

$$\begin{aligned} FN &= 266 - 0.37 SN - \frac{R}{0.3} (SN_1 SP_1 SK_2) \\ FN &= 181 - 26.09 SN - \frac{R}{0.32} (SN_2 SP_1 SK_2) \\ FN &= 178 - 12.13 SN - \frac{R}{0.32} (SN_2 SP_1 SK_1) \end{aligned}$$

P dose for maximum yield:

$$\begin{aligned} FP &= 25.4 - 0.09 SP (SN_1 SP_1 SK_2) \\ FP &= 25.5 - 0.13 SP (SN_2 SP_1 SK_2) \\ FP &= 23.4 - 0.03 SP (SN_2 SP_1 SK_1) \end{aligned}$$

P dose for optimum yield:

$$\begin{aligned} FP &= 25.4 - 0.09 SP - \frac{R}{1.6} (SN_1 SP_1 SK_2) \\ FP &= 25.5 - 0.13 SP - \frac{R}{1.78} (SN_2 SP_1 SK_2) \\ FP &= 23.4 - 0.03 SP - \frac{R}{1.82} (SN_2 SP_1 SK_1) \end{aligned}$$

The dose for optimum yields were calculated taking the cost of one kg of N as Rs. 4/- and P as Rs. 7/- and one kg of sorghum grain as Rs. 1/-

(based on the prevailing market prices). For an average soil test value of 220 kg/ha of alkaline $\text{KMnO}_4 - \text{N}$, 0.2 per cent of organic carbon and 15.8 kg/ha of

Olsen's P, the fertilizer doses for N and P for maximum yields were calculated for the three chosen combinations and are given below:

Method	N dose kg/ha for			P dose kg/ha for		
	Maximum	yield	Optimum	Maximum	yield	Optimum
$\text{SN}_1 \text{ SP}_1 \text{ SK}_2$:	185		171	24.0		19.6
$\text{SN}_2 \text{ SP}_1 \text{ SK}_2$:	176		163	23.3		19.4
$\text{SN}_2 \text{ SP}_1 \text{ SK}_1$:	176		163	22.9		19.0

The actual fertilizer doses to be applied, calibrated based on the above adjustment equations for N and P

soil test values for the three combination are presented (Table 1).

Table 1. Calibrated fertilizer doses based on soil test values

Soil test value (Alk. $\text{KMnO}_4 - \text{N}$ kg/ha)	Fertilizer N kg/ha to be applied ($\text{SN}_1 \text{ SP}_1 \text{ SK}_2$)
150	197
175	188
200	179
225	170
250	160
275	151
300	142

Soil test value (Organic carbon %)	Fertilizer N kg/ha to be applied $\text{SN}_2 \text{ SP}_1 \text{ SK}_2$ $\text{SN}_2 \text{ SP}_1 \text{ SK}_1$	
0.1	166	164
0.2	163	163
0.3	160	161
0.4	158	160
0.5	155	159

Soil test value (Olsen's P kg/ha)	Fertilizer P kg/ha to be applied		
	$\text{SN}_1 \text{ SP}_1 \text{ SK}_2$	$\text{SN}_2 \text{ SP}_1 \text{ SK}_2$	$\text{SN}_2 \text{ SP}_1 \text{ SK}_1$
5	20.5	20.9	19.3
7	20.4	20.7	19.3
9	20.2	20.4	19.2
11	20.0	20.2	19.2
13	19.8	19.9	19.1
15	19.6	19.6	19.1
17	19.5	19.4	19.0

Fertilizer doses were also calculated taking into account the economic criteria viz., Maximum profit per rupee of investment on fertilizer. This was calculated for N and P for three combinations of methods discussed earlier using the following equations:

$$1. X = \frac{-k\beta_2 \pm \sqrt{(k\beta_2)^2 + (Q\beta_2 k\beta_1)}}{Q\beta_2} \quad \begin{array}{l} \text{Heady} \\ \text{and} \\ \text{Ray (2)} \end{array}$$

where,

- X = maximum rate of return
 β_1 = coefficient of linear term
 β_2 = coefficient of quadratic term
 Q = unit cost of fertilizer element

The application cost of fertilizer for sorghum was taken as Rs. 10/- per hectare for N which includes basal and top dressing and for other nutrients it was taken as Rs. 3/- (based on the prevailing labour cost).

$$2. X = \frac{a^2\beta_2 - aP(\beta_1 + \beta_3S)}{P\beta_2} \quad \begin{array}{l} \text{Ramamoorthy} \\ \text{et al. (5)} \end{array}$$

where,

- X = maximum rate of return
 β_1 = coefficient of linear term
 β_2 = coefficient of quadratic term with appropriate sign
 β_3 = Soil and fertilizer interaction term
 P = unit cost of fertilizer nutrient
 a = fixed cost of application of fertilizer
 S = soil test value of the concerned nutrient

Taking into consideration the soil test value of alkaline $KMnO_4$ - N as 220 kg/ha, organic carbon as 0.20 per cent and Olsen's P as 15.8 kg/ha, the maximum rate of return was calculated for the three combinations of methods and the doses are presented below:

It was found that both equations for the three combinations gave the N dose as 30 kg/ha excepting for the SN_1 SP_1 SK_2 combinations which gave 36.5 kg/ha with Heady and Ray approach. For P, the doses were found to range between 4.4 and 4.7 kg/ha for all the three combinations as well as for the two approaches tried. It is interesting to note that both the combinations chosen as well as the approaches tried gave almost identical fertilizer doses for N and P for predicting the maximum rate of return except in one case. These doses can give only a guideline on the amount that is minimum to get the maximum rate of return. This can be profitably advocated to tide over grave situations like fertilizer shortage to reap better profits by wider coverage with limited risks.

Summary

A field experiment was conducted in shallow red soils of Bhavanisagar with sorghum as test crop for rationalising the fertilizer rates of sorghum based on soil tests. Response to K was not significant and hence simplified adjustment equations were worked out for N and P for maximum and optimum yield from the multiple regression equation for the three selected combination of soil test methods. Fertilizer doses based on the maximum profit per rupee of investment on fertilizer were also worked out.

Literature Cited

- BALASUNDARAM, C. S., and SREE RAMULU, U. S. Rationalising fertilizer rates for Sorghum. I. Screening of suitable soil test methods Turrialba 30(4):385-389. 1980.
- HEADY, E. O., and RAY, H. E. Application of soil test data, fertilizer response research and economic model in improving fertilizer use. Proceedings of the International Symposium on Soil Fertility Evaluation, New Delhi 1:1073-1082, 1971.

Method	Nitrogen kg/ha		Phosphorus kg/ha	
	Ramamoorthy et al.	Heady & Ray	Ramamoorthy et al.	Heady & Ray
SN_1 SP_1 SK_2	30.6	36.7	4.6	4.7
SN_2 SP_1 SK_2	29.7	30.2	4.5	4.7
SN_2 SP_1 SK_1	29.7	29.9	4.4	4.5

3. RAMAMOORTHY, B. Making fertilizer recommendations based on soil tests. Fertilizer Association of India Proceedings Number Agronomy 3 pp. 39-47, 1975.
4. RAMAMOORTHY, B., and VELAYUTHAM, M. Soil test crop response correlation work in India. Soil resources report No. 41. Soil Survey and Soil Fertility Research in Asia and Far Asia. 14:96-105, 1971.
5. RAMAMOORTHY, B., VELAYUTHAM, M., and MAHAJAN, V. K. Recent trends in making fertilizer recommendations based on soil tests under fertilizer resource constraints in India. Proceeding of Fertilizer Association of India / Food And Agricultural Organization National Seminar, New Delhi. pp. 335-345, 1974.

Reseña de Libros

HAUPT, W. and FEINLEB, M. E. eds. Physiology of Movements. Encyclopedía of Plant Physiology. Vol. 7, New Series. Springer-Verlag Berlín, Heidelberg, New York, 1979. 731 p. (US\$ 108. aprox).

Desde que aparecieran entre 1959 y 1962 los dos volúmenes sobre movimientos de las plantas en la edición de la primera serie de la Enciclopedia de Fisiología Vegetal, ha habido mucho progreso en nuestros conocimientos sobre este tema, lo que se refleja en el presente volumen 7 de la Nueva Serie. Aún cuando algunas personas, en la época de la edición de la primera serie, consideraron al tópic del movimiento de las plantas como algo "clásico" o anticuado, que no podría contribuir gran cosa para hacer avanzar nuestros conocimientos de la biología moderna, el contenido del presente libro contradice fuertemente tales consideraciones. Muchos de los descubrimientos en este campo han contribuido de manera importante al mejor entendimiento de los procesos biológicos fundamentales. Especialmente, los aspectos abordados sobre los procesos moleculares revelaron que hay muchos conocimientos nuevos hasta ahora casi desconocidos, como por ejemplo la función de la actomiosina en el mecanismo básico del movimiento de animales y plantas.

Como indican los editores en el primer capítulo, las líneas recientes de progreso en la fisiología de los movimientos de las plantas son principalmente tres:

- a. Una mejor comprensión de las cadenas de reacción simple, la cual consiste de percepción, traducción y respuesta observada;
- b. el entendimiento de que los procesos fundamentales, similares o idénticos, forman la base de tipos completamente diferentes de movimientos, o forman parte de cadenas de reacciones diferentes;
- c. que, al contrario, el mismo proceso puede ser controlado por mecanismos completamente diferentes o en diferentes órganos.

En el presente volumen se ha tratado de uniformar, lo más posible, la terminología que frecuentemente es muy ambigua y variable en la literatura de este tópic. Uno de los ejemplos citados son los términos flagelo y cilio. El descubrimiento de los flagelos en procariotas y eucariotas, difiere fundamentalmente en ultraestructura y mecanismo, implica que en eucariotas (debido a la similitud con los cilios de los animales), los flagelos realmente deberían denominarse cilios, lo que causa problemas pues los fla-

gelados se caracterizarían por poseer flagelos y también cilios! El prefijo "geo", usado hasta ahora como sinónimo de la fuerza de gravedad de la tierra, fue reemplazado por "gravi", pues la respuesta de los organismos no solamente puede ser debida a las características de la tierra sino en general a la fuerza de aceleración de las masas, haciéndose necesario el cambio del prefijo.

Por lo que respecta al número y calidad de los autores participantes en la obra, baste decir que en total 27 científicos, la mayor parte de ellos de gran prestigio internacional, contribuyeron en la preparación del volumen que nos ocupa.

El contenido del libro está dividido en cinco capítulos grandes, en donde cada uno trata de un grupo diferente de movimientos, como se explica resumidamente a continuación:

Capítulo 1: Aspectos generales del movimiento de las plantas: Introducción; Percepción del estímulo; Recepción y traducción de estímulos eléctricos y mecánicos; Ritmos endógenos en el movimiento de las plantas. Capítulo 2: Movimientos intracelulares: Función de los microtúbulos en movimientos intracelulares; Actomiosina como el mecanismo básico del movimiento en animales y plantas; Movimiento citoplasmático en *Physarum*; Movimiento citoplasmático y rotación de cloroplastos; Migración de cloroplastos y núcleos. Capítulo 3: Locomoción en plantas microbianas, Parte 1: Flagelos de bacterias; Cilios de plantas; Movimientos de deslizamiento; Parte 2: Control de la locomoción, como Movimiento fótico; Quimiotaxis en bacterias; Quimiotaxis en eucariotas unicelulares; y Movimiento de mixomicetos. Capítulo 4: Movimientos debidos al mecanismo de turgencia, como Movimiento de estomas; y Movimientos de hojas y curvatura de zarcillos. Capítulo 5: Movimientos debido al crecimiento. Parte 1: Movimientos debido al crecimiento, influidos por la luz como Inducción de polaridad; y Fototropismo. Parte 2: Movimientos debidos al crecimiento, influidos por la fuerza de gravedad cini Gravitropismo en células individuales; Gravidipercepción en órganos multicelulares; y Mecanismos de control del crecimiento en el caso de gravitropismo. Parte 3: Movimientos debido al crecimiento, no controlados directamente por estímulos externos, como Circumnutación, y Epinastia.

Sigue un índice de autores y uno de las materias, y 3000 referencias completan muy bien los diferentes capítulos.

Como se aprecia al comparar los contenidos, no se trata de una revisión de la obra anterior sino que este volumen de la Nueva Serie enfatiza aquellos campos de los movimientos de las plantas en los cuales se ha hecho un gran progreso en los últimos 15 años, o en los cuales evolucionaron nuevos aspectos importantes.

A pesar de la magnitud de la obra se intentó incluir todas las referencias publicadas en este intervalo, quitándole así bastante de un aspecto "enciclopédico" tedioso y favoreciendo en cambio la uniformidad y fácil acceso de la presentación.

El tópico de los movimientos balísticos fue intencionalmente omitido, debido a la heterogeneidad de la materia y dificultad de una presentación fácil. Además los adelantos en esta área no fueron tan grandes como en las demás, habiendo sido muy bien cubiertos en la primera edición.

Aunque la información contenida en este valioso libro es la más reciente, quedan todavía por resolver muchos problemas y preguntas, al igual que en otros campos de la fisiología vegetal, ya que para el actual conocimiento en la materia aún subsisten diversas incógnitas importantes.

Este libro, debido a su contenido bibliográfico, representa una fuente de incalculable valor para cualquier persona interesada en mayores detalles sobre los movimientos de las plantas. La presentación, igual que en el caso de los demás volúmenes de la misma serie, es muy atractiva y sigue los patrones establecidos de la casa editora, de renombre mundial.

L. MULLER
CATIE, TURRIALBA
SAN JOSE, COSTA RICA

A model to define operational irrigation frequency for maximum yield of crops*¹ / _____
 AGUSTIN A. MILLAR**, ELIANE N. CHOUDHURY***

Resumo

Descreve-se um modelo para definir a frequência operacional de irrigação para máxima produção das culturas. As informações básicas usadas no modelo são respostas da planta às condições de umidade no solo, características de retenção e movimento da água no solo, evapotranspiração e demanda atmosférica.

Apresentam-se os resultados da aplicação do modelo nas culturas de tomate e feijão num solo franco arenoso. Discute-se o uso da informação mundial da relação entre rendimento das culturas e potencial matricial de água no solo.

Introduction

One of the most challenging problems facing irrigated agriculture is that of improving the on-farm water management.

For an efficient water management it is necessary to know adequately some basic data that characterize the irrigation method under operating conditions. Besides information on soil water retention and conducting properties, evapotranspiration and crop yield response to irrigation, and evaporative demand must be properly known. The final goal always deals with defining a criteria to guide irrigation scheduling which will favor optimum crop yields and efficient water use.

Several methods based on soil, plant and evaporative measurements have been described to establish irrigation frequency of crops (6, 10). Except for the plant water indicators, most methods do not take into account the crop yield response to irrigation.

The most common way to schedule irrigation is using the water balance of the soil profile. Lewin (12) used a water balance for the top 90 cm of the soil profile with inputs from rainfall and irrigation, drainage of any water in excess of field capacity, and a linear relationship between evapotranspiration and storage. He accounted for potential evapotranspiration and a crop factor by letting the coefficients have different values for each month of the growing season. He further assumed that the decrease in yield of winter wheat should be related to the number of days when soil water potential was less than -1.2 bars. Similar stress days concepts have been used in many other studies. Lewin (12) found a correlation of -0.864 between calculated number of stress days and percentage of potential yield.

Fischbach and Somerahlader (5) developed a method for scheduling irrigation with the primary objective of gradually depleting the available soil water during the growing season. They estimated evapotranspiration on the basis of weather records and crop coefficients, using Penman equation for potential evapotranspiration (19).

Water is the production complementary factor that most frequently limits crop yield. In general, most crops respond to variable conditions of soil water. In literature, there exist a sizable volume of experimental results dealing with irrigation effects on crop yield (6, 17, 20). This information is usually given in terms of soil suction levels for obtaining maximum yields. These results, though useful, do not provide elements for quantitative decisions which would allow a choice of a real production level according to the climate, crop, soil and irrigation method conditions and management possibilities.

* Received for publication May 22nd. 1980.

1/ Joint contribution from the Inter-American Institute of Agricultural Sciences (IICA), Irrigation Development Agency for the San Francisco Valley (CODEVASF), and Agricultural Research Center for the Semi-Arid Tropics (CPATSA) of the Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA). Contracts IICA/CODEVASF and CODEVASF/EMBRAPA.

** Ph D., Irrigation Specialist, IICA, P.O. Box 04-0381, Brasília D. F. Brazil

*** Researcher, CPATSA/EMBRAPA, P.O. Box 23, Petrolina, PE. Brazil

Millar (14) presented an analysis of world data of soil moisture level-yield experiments which allow a quantitative definition of the yield reduction at soil water potentials beyond optimum conditions. As a conclusion of Millar's work it is apparent that high frequency irrigation goes a long way towards meeting the conflicting requirements of maintaining a high soil water potential to attain maximum yields. This also is the prospect offered by Rawlins and Raats (16). The prior conditions could only be met through drip, trickle, and from solid-set to traveling sprinkler systems. Due to operation and water distribution problems, high-frequency principles become unfeasible under surface irrigation conditions.

This paper deals with a model to define irrigation management to obtain maximum operational crop yield under conditions of surface and high-frequency irrigation systems.

Materials and methods

1. Model description and components

The model uses climate, soil, crop and irrigation management information as inputs (Figure 1).

a. Climate Component

Crop evapotranspiration (ET) is the climate input of the model. ET is defined as a function of soil matric potential of the effective rooting zone of crop, $ET = ET(\psi)$. When this information is not available, ET can be obtained using crop coefficients and pan evaporation data (7).

b. Soil Components

Water Retention – The relationship between the volumetric content (θ) and the soil matric potential (ψ), $\psi = a\theta^{-b}$, becomes one of the most important inputs since ET and crop yield are defined as a function of soil matric potential.

Water Conducting Properties – There are two soil water transmission properties that are essential, the capillary conductivity (k) as a function of volumetric water content, $k = c \exp(d\theta)$, and the drainage rate (D), at the bottom of the root zone, as a function of the water storage (L) in the above soil profile, $D = r \exp(sL)$. Both properties are related through Darcy's Law, $D = -k(dH/dZ)$, where dH/dZ is the hydraulic gradient. Both parameters should be obtained under yield conditions using standard methods (2, 8).

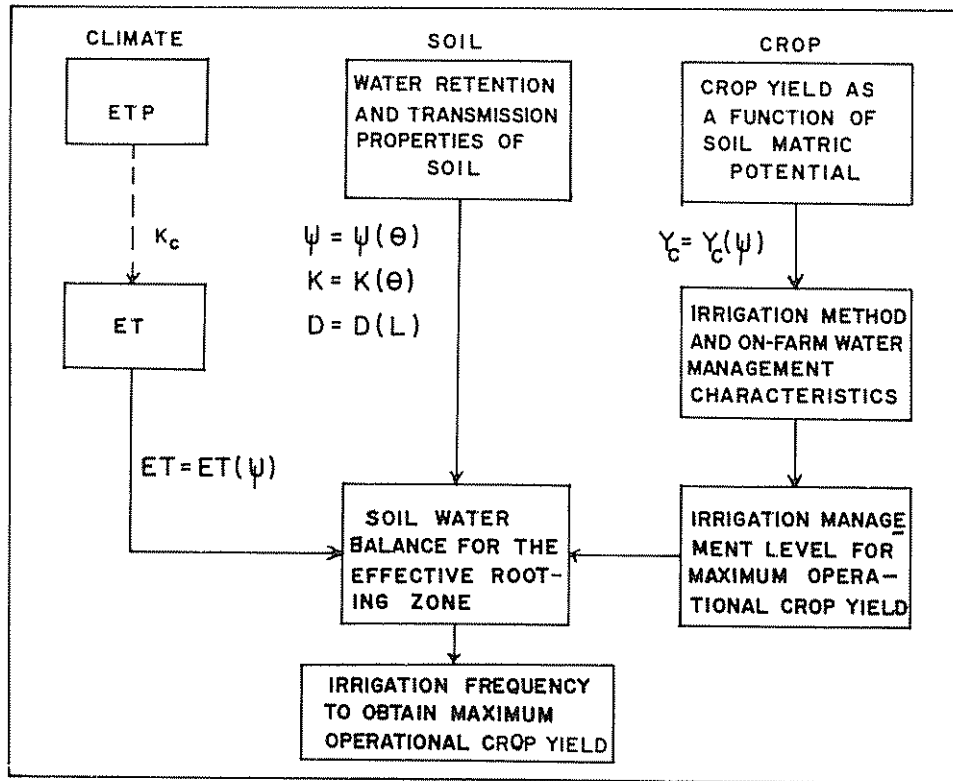


Fig. 1. Climate, soil and crop components of the MOF model.

The use of water storage to define the drainage rate at the bottom of the rooting zone works properly in coarse and medium textured soils as shown by Black et al. (1, 2). For heavy soils the drainage rate must be defined as a function of existing moisture conditions at the bottom of the root zone.

c. Crop Component

Crop yield as a function of soil matric potential is the essential relationship. This information becomes available through water trial experiments and can be inferred from world data as used by Millar (14).

The relationship is used in the model to define the best water management level in terms of soil matric potential to obtain maximum crop yield under the irrigation method and operational characteristics.

2. Model Sequence and outputs

Soil water balance for the effective rooting zone is run starting with soil water storage depth at field capacity level. The sequence of the model is shown in Figure 2. The operational irrigation frequency for maximum crop yield is obtained by superimposing a minimum attainable soil matric potential (ψ) which is a function of crop response, irrigation method and management characteristics.

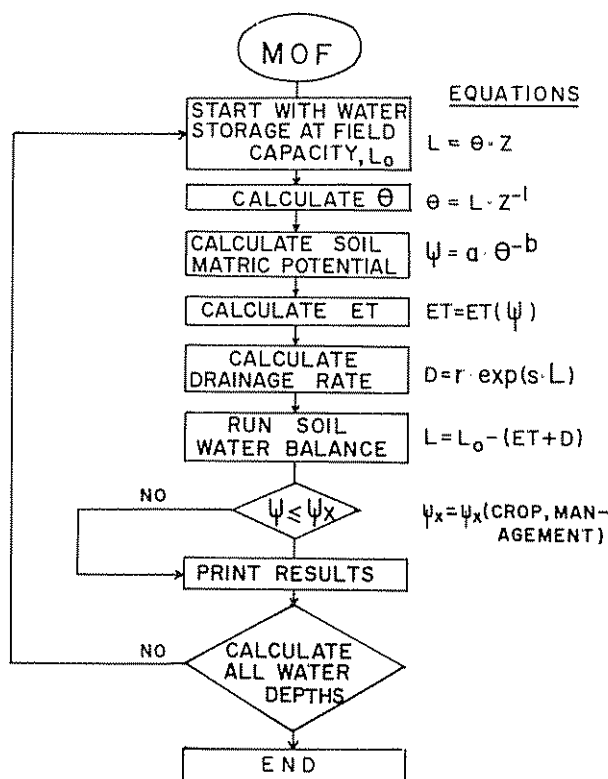


Fig. 2. Sequence of the MOF model.

3. Basic Data

The data used to test the model were collected through several studies conducted at the Bebedouro Experimental Station at the Research Center for Semi-Arid Tropics (CPATSA) in Petrolina, State of Pernambuco, Brazil.

Experimental data for tomatoes and beans collected in a sandy loam soil (oxisol unit 37BB) primarily were used to test the model. Figure 3 shows the soil water retention curve and Figure 4 shows the capillary conductivity as a function of soil water content for different soil layers. Figure 5 shows the drainage rate at different depths of soil profile as a function of water storage. All soil water retention and conducting properties data used in the model are being published by Choudhury and Millar (4).

Evapotranspiration data for the tomatoes as a function of soil matric potential (Figure 6) published by Millar et al. (15) were used in the model. The evapotranspiration of beans corresponds to data being published by Silva et al. (18). Figure 6 also includes crop coefficient as a function of soil matric potential, but these data were not included in the model since $ET = ET(\psi)$ was available.

Figure 7 shows the relationship between relative yield and soil matric potential for tomatoes and beans. These relationships were published by Choudhury et al. (3) and Magalhães and Millar (13).

The water management characteristics for surface irrigation systems (furrow method) were taken from the Bebedouro Irrigation Project managed by the Irrigation Development Agency for the San Francisco Valley (CODEVASF).

Results and discussion

Figure 8 shows graphically the results obtained by application of the MOF model to data of tomatoes and beans in an oxisol. From Figure 8, the irrigation frequency can be defined in terms of a minimum (more negative) soil matric potential which must be fixed using Figure 7, for the operational management characteristics.

In general, under surface irrigation conditions crops can only achieve 80 to 90% of potential production due to the fact that irrigation management can not be achieved at high soil water potential.

In tomatoes, for example, irrigation must be managed at -2.4 bar soil matric potential in the effective rooting zone to obtain 80% of the potential production, and at -1.6 bar for 90% of potential

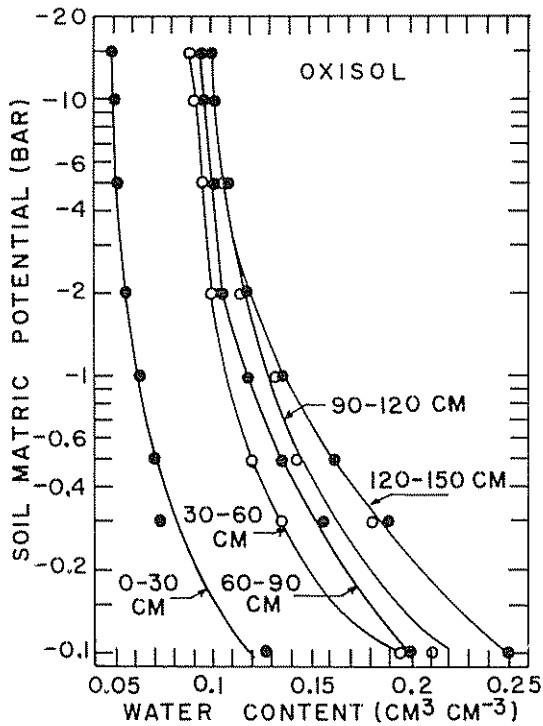


Fig. 3. Water retention curves for different layers of an oxisol.

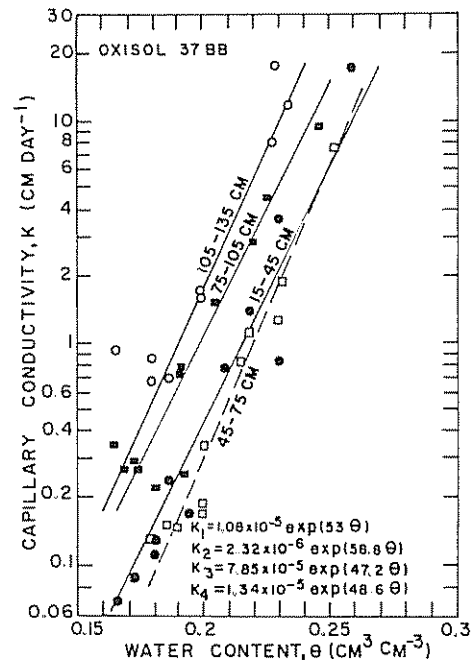


Fig. 4. Capillary conductivity of an oxisol as a function of water content.

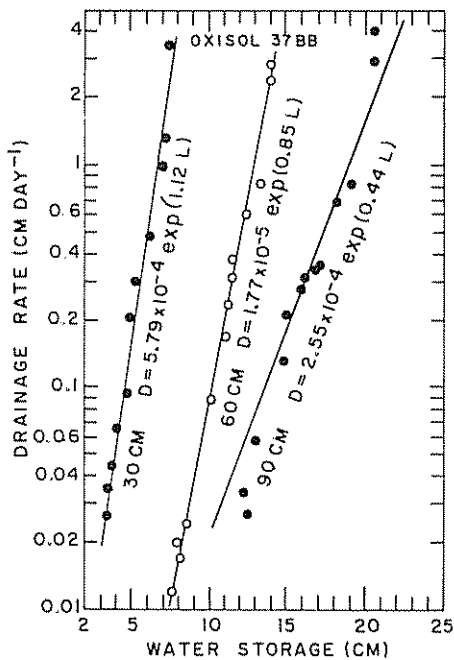


Fig. 5. Drainage rate of an oxisol as a function of water storage depth.

production (Figure 7). These management levels correspond to 7 and 6.5 days irrigation frequencies (Figure 8) and become the operational irrigation frequencies defined by the model. For beans, Figure 7 shows that 80 and 90% of potential production are obtained under irrigation management of -1.7 and -0.75 bar soil matric potentials, respectively. These values correspond to operational irrigation frequencies of 8 and 7.2 days, respectively.

For tomatoes, the soil water balance was run using evapotranspiration as a function of soil matric potential and an average constant value indicated by dots and circles, respectively (Figure 8). There is no clear difference between data points, which would allow use of a constant ET value, as was done for beans (Figure 8).

The levels for operational irrigation management in terms of soil matric potential for other crops can be defined from relationship obtained from application of world data. This has been done by Millar (14) and a summary of his findings are presented in Table 1. The indicated soil matric potential values were obtained from the smooth curves plotted through the experimental results.

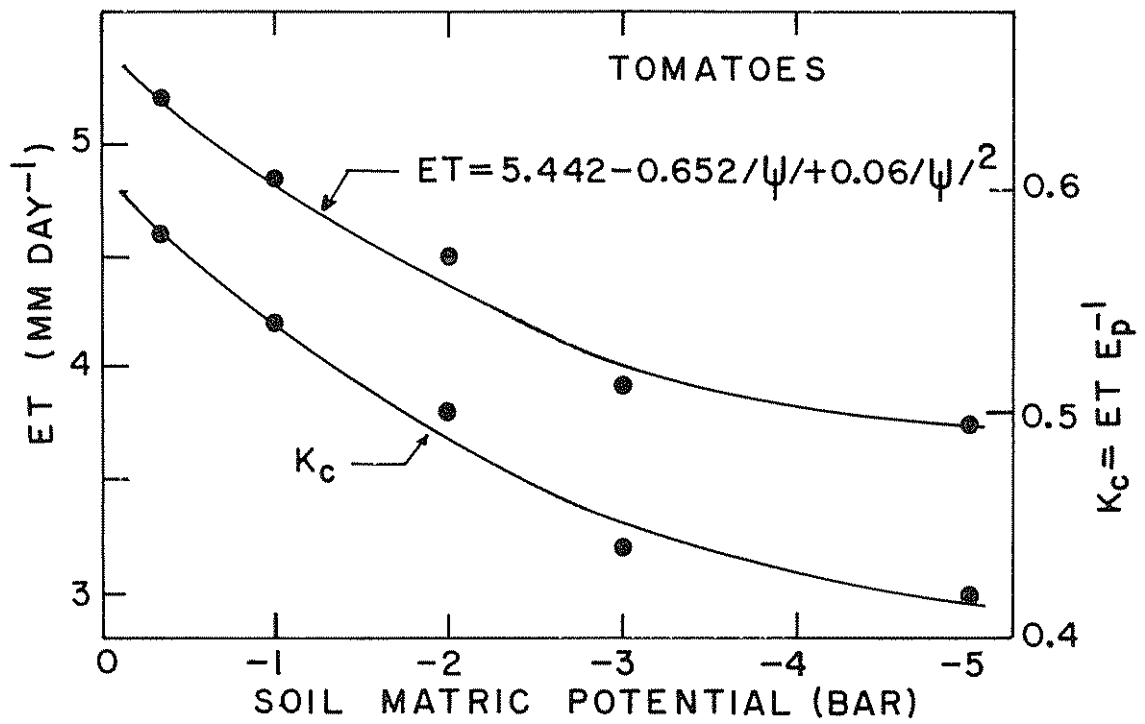


Fig. 6. Evapotranspiration of tomatoes as a function of soil matric potential of the effective root zone.

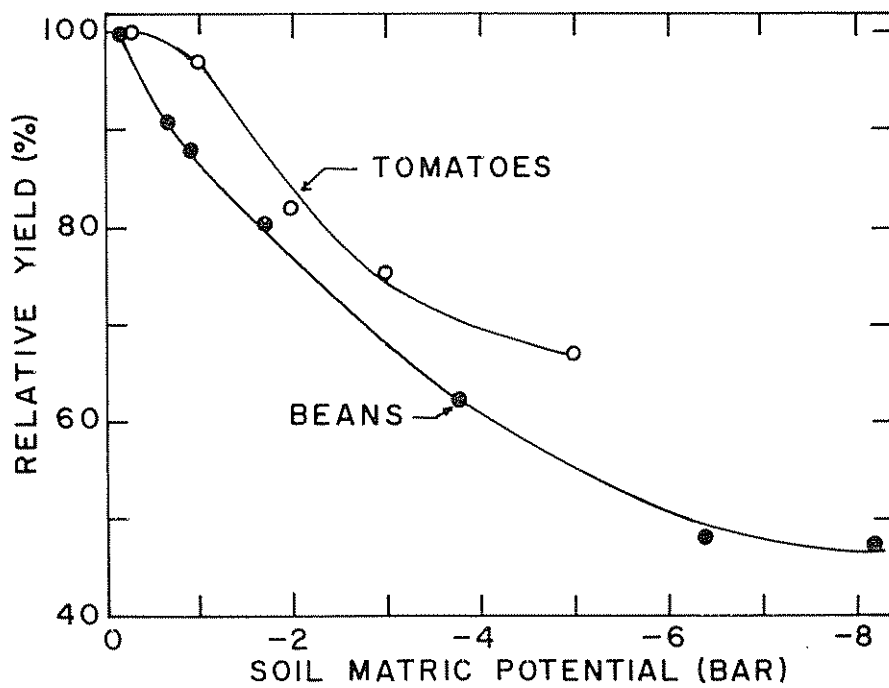


Fig. 7. Relative yields of tomatoes and beans as a function of soil matric potential.

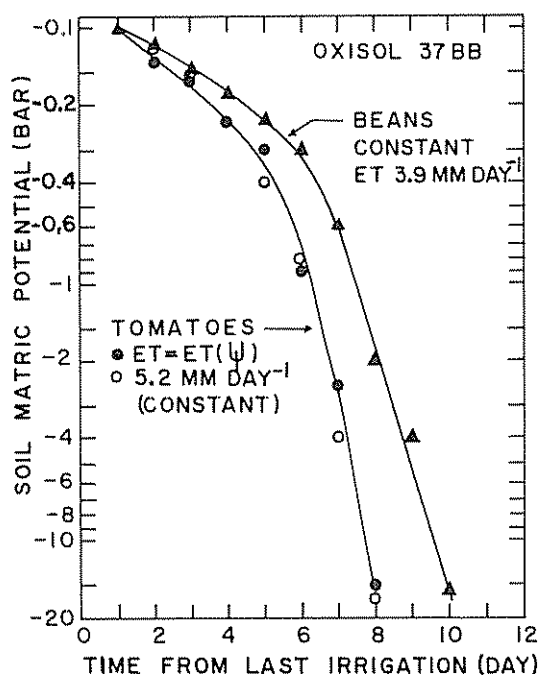


Fig. 8. Irrigation frequency of tomatoes and beans as a function of soil matric potential and crop evapotranspiration.

Many alternatives exist to scheduling irrigation (6, 9, 10, 11). In some areas, irrigation is set up on rotation schedules with constant intervals and either constant or variable amounts, but generally disregarding annual climatic variations and crop response to irrigation management.

As stated by Jensen et al. (10), the potential for better irrigation water management has increased substantially due to better water control and measurement facilities, improved system design criteria, more reliable methods for estimating evapotranspiration, increased knowledge of crop response to soil moisture levels, better knowledge and estimation of water conducting properties of soil, and commercially available soil moisture instrumentation for timing irrigations.

The model presented in this paper uses much of the available knowledge, and principally takes into account the crop yield response to water regimes. It can be used in high frequency systems as well as in surface irrigation where on-farm water management and operation conditions are beyond from optimal levels. It also indicates the type of research information that must be produced for efficient irrigation management.

Table 1. Yield levels for different crops when managed at irrigation levels indicated in terms of soil matric potential as obtained by Millar (14).

Crop	Yield level (%)					
	Potential	90	80	70	60	50
	Soil	matric		potential		(bar)
Cereal						
Wheat (Barley)	-0.50	-1.75	-3.2	-4.6	-6.3	-8.5
Corn	-0.50	-0.90	-1.6	-2.4	-3.4	-4.9
Horticulture						
Onions	-0.50	-1.6	-2.1	-2.9	-3.7	-5.0
Potatoes	-0.25	-0.65	-1.1	-1.6	-2.0	-2.6
Tomatoes	-0.50	-2.0	-3.0	-5.0	-10.0	-
Lettuce	-0.15	-0.3	-0.5	-0.75	-1.1	-1.5
Green beans	-0.40	-2.4	-3.3	-4.0	-4.5	-4.95
Melon	-0.50	-2.2	-3.6	-6.0	-9.5	-
Forage						
Alfalfa (hay)	-0.40	-0.9	-1.15	-1.65	-(3-4)	-
Alfalfa (seeds)	-(4-5)	-7.5	-9.1	-(10-11)	-	-
Clover (hay)	-0.5	-2.15	-3.1	-4.0	-5.0	-
Perennial	(0.25-1)	-2.75	-3.75	-4.6	-	-
Annual	-0.40	-1.0	-1.75	-3.0	-4.25	-
Fiber						
Cotton	-0.60	-2.5	-7.5	-9.75	-	-

Resumen

Se describe un modelo para definir la frecuencia operacional de riego para obtener máxima producción de los cultivos.

El modelo usa como información básica la respuesta de la planta a las condiciones de humedad en el suelo, características de retención y movimiento del agua en el suelo, evapotranspiración y demanda atmosférica.

Se presentan los resultados de la aplicación del modelo en cultivos de tomate y frijol, en un suelo franco arenoso. Se discute el uso de la información mundial de la relación entre rendimiento de los cultivos y el potencial matricial de agua en el suelo.

Summary

A model to define operational frequency for maximum yield of crops is described. Plant response to soil moisture conditions, soil water retention and transmission characteristics, evapotranspiration and atmospheric demand are the basic information used in the model. Results of the application of the model for tomatoes, and beans in a sandy loam soil are presented. The use of world data of the yield-water relationship is discussed.

Literature Cited

1. BLACK, T. A., W. R. GARDNER and G. W. THURTELL. The prediction of evaporation, drainage and soil water storage for a bare soil. *Soil Science Society of America Proceedings* 33:655-660. 1969.
2. BLACK, T. A., W. R. GARDNER and C. B. TANNER. Water storage and drainage under a row crop on a sandy soil. *Agronomy Journal* 62:48-51. 1970.
3. CHOUDHURY, E. N., A. A. MILLAR, M. M. CHOUDHURY e T. A. ABREU. Análise da produção de tomate sob diferentes regimes de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* (en prensa).
4. CHOUDHURY, E. N. e A. A. MILLAR. Características da retenção e movimento de água de dois oxisol irrigados. *Revista Brasileira da Ciência do Solo* (en prensa).
5. FISCHBACH P. E. and B. R. SOMERHLADER. Irrigation design requirements for corn. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineering* 17(1):162-165. 1974.
6. HAISE, H. R. and R. M. HAGAN. Soil, plant, and evaporative measurements as criteria for scheduling irrigation. pp. 577-604. In: R. M. Hagan et al. (ed), *Irrigation of Agricultural Lands*. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. (Monograph 11). 1967.
7. HARGREAVES, G. H. Consumptive use derived from evaporation pan data. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, American Society of Civil Engineering* 94 (IR 1): 97-105. 1968.
8. HILLEL, D., V. D. KRENTOS and Y. STYLIA-NOU. Procedure and test of an internal drainage method for measuring soil hydraulic conductivity "in situ". *Soil Science* 114: 395-400. 1972.
9. JENSEN, M. C., J. E. MIDDLETON and W. O. PRUITT. Scheduling irrigation from pan evaporation. Washington Agricultural Experiment Station. 14 p. (circular 386). 1961.
10. JENSEN, M. E., D. C. N. ROBB and C. E. FRANZOY. Scheduling irrigations using climate-crop-soil data. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, American Society of Civil Engineering* 96 (IR 1): 25-37. 1970.
11. JENSEN, M. E. and J. L. WRIGHT. The role of evapotranspiration models in irrigation scheduling. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineering* 21(1): 82-87. 1978.
12. LEWIN, J. A quantitative and qualitative case-study analysis of scientific productivity in agricultural research. *Israel Agricultural Research* 22(3):129-139. 1972.
13. MAGALHÃES, A. A. e A. A. MILLAR. Efeito do déficit de água no período reprodutivo sobre a produção do feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 13(2): 55-60. 1978.
14. MILLAR, A. A. Respuesta de los cultivos al déficit de agua como información básica para manejo de riego. Brasília, CODEVASF/FAO/USAID/ABID, 62 p. 1976. (Conferencia invitada para el Seminario sobre Manejo de Agua, Brasília, Mayo 1976).

15. MILLAR, A. A., E. N. CHOUDHURY e T. A. ABREU. Determinação da evapotranspiração no tomate industrial através do balanço completo de água sob diferentes regimes de irrigação. Anais do IV Congresso Brasileiro de Irrigação e Drenagem, 20 p. 1978.
16. RAWLINS, S. L. and P. A. C. RAATS. Prospect for high-frequency irrigation pp. 128-134. In: Abelson, P. H. (ed), Food: Politics, Economics, Nutrition and Research. American Association of the Advancement of Science. 1975.
17. SALTER, P. J. and J. E. GOODE. Crop responses to water at different stages of growth. Bucks, England, Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal. 267 p. 1967.
18. SILVA, M. A., A. A. MILLAR, S. BERNARDO e A. CONDE. Efeito da lâmina de água e da adubação nitrogenada sobre a produção de feijão "Macassar", utilizando o sistema de irrigação por espersão em linha. Anais do IV Congresso Brasileiro de Irrigação e Drenagem, 20 p. 1978.
19. TANNER, C. B. Evaporation of water from plants and soil. pp. 73-106, In: Kozlowski, T. I. (ed), Water deficit and plant growth, volume 1, Development, Control, and Measurement. New York, Academic Press Inc. 1968.
20. TAYLOR, S. A. Managing irrigation water on the farm. American Society of Agricultural Engineering Transactions 8:433-436. 1965.

The effects of added fertilizer and carbon source on the persistence of carbaryl in two types of soil¹ /
 _____ RODOBIKO HIRATA*, KENNETH ALAN LORD**, LUIZ CARLOS LUCHINI***,
 TEREZINHA BONANHO MESQUITA***, ELZA FLORES RÜEGG****

Compendio

El efecto de la adición de fertilizantes y una fuente de carbono en la persistencia de carbaril fue estudiada en dos tipos de suelos usando la técnica de centelleo líquido.

En los dos suelos, la adición de fertilizantes (NPK), tuvo un pequeño efecto en la degradación de carbaril.

En contraste, la adición de sacarosa con o sin fertilizante incrementa grandemente la degradación de carbaril en el suelo Latosol Rojo-Amarillo pobre en materia orgánica pero tuvo un pequeño efecto en la degradación en el suelo Gley Húmico, rico en materia orgánica.

Introduction

Carbaryl is perhaps the most widely used member of the group of N-methyl carbamate insecticides for the control of pests in Brazil. Although not used as a soil insecticide much carbaryl may reach the soil because it has been employed in great quantities as a substitute for DDT, a substance which poses considerable residue problems (3).

As more areas of Brazil are brought into cultivation, pesticides are applied to an increasingly wide range of soils and if residue and other hazards are to be avoided, it is necessary to know how pesticides

behave in these soils. With cultivation, the soils will be modified by the use of fertilizers and the incorporation of plant materials, which will influence the soil flora and fauna and which in turn may be expected to modify the persistence and behaviour of pesticides.

This paper describes the initial tests in a programme to investigate changes in populations of soil microorganisms which may be induced by the addition of fertilizers and carbon sources. This work, comparing the separate and combined effects of fertilizer and sucrose on the degradation of carbaryl in two soils, forms part of a systematic investigation by radiometric techniques of the fate and behaviour of pesticides in soils under Brazilian conditions.

Materials

Soils

Two types of soil collected in the grounds of the Biological Institute were used in the experiments. One of them, the Humic Gley soil, is characterised by being rich in organic matter and the other, the Yellow Red Latosol, by being poor in organic matter. A full description of the two soils is given in Table 1. Before use, both soils were air-dried and passed through a 2-mm sieve to remove stones and other large pieces of materials.

Radiolabelled pesticide

¹⁴C-carbaryl (1-naphthyl N-methyl¹⁴C-carbamate) was obtained from the Radiochemical Centre,

1. Received for publication 20 February 1980. Research work jointly supported by the International Atomic Energy Agency – IAEA, VIENNA, Austria (Research Contract No. 2161/SD) and by an Agreement with the Brazilian Government Bureau for International Economical and Technical Cooperation – SUBIN, to whom the authors are much indebted. The authors wish to thank Dr. Richard H. Bromilow for reading the manuscript and useful discussions.

* Chemist, Radioisotope Centre, Biological Institute, São Paulo, Brazil.

** Chemist, head of Chemical Liaison Unit, seconded from Rothamsted Experimental Station, England. In Brazil, sponsored by the Brazilian Government Bureau for International Economical and Technical Cooperation – SUBIN.

*** Fellows of SUBIN, Radioisotope Centre.

**** Scientific Researcher, Encharged of the Radioisotope Centre

Table 1. Soil properties

Characteristics		Humic Gley	Yellow Red Latossol
Physical*	Clay	57	77
	Silt	12	9
	Fine sand	19	10
	Coarse sand	12	4
Chemical**	Total Fe ₂ O ₃	4.30	8.90
	Free Fe ₂ O ₃	1.70	1.90
	Organic carbon	2.52	0.21
	Organic matter	4.33	0.36
	Total nitrogen	0.24	0.07
	Carbon/Nitrogen ratio	10.50	3.00
	pH (Water)	5.70	6.40
	pH (KCl)	4.85	4.90
Texture		Clay	Heavy Clay

* Determined by the Agronomical Institute, Soil Division, Pedology Section; Campinas, São Paulo

** Determined by the School of Agriculture "Luiz de Queiroz", Soil, Geology, and Fertilizer Department; Piracicaba, São Paulo

Amersham, England, in benzene solution. The radiochemical purity was 99% and the specific activity 57 mCi/mmol.

For tests, an aqueous solution of technical-grade carbaryl was prepared containing 2 µg/ml unlabelled carbaryl to which labelled carbaryl was added to give solutions containing 23,370 dpm/ml.

Fertilizer (NPK)

Commercial fertilizer was dissolved in water to give a solution containing 1.1 mg/ml (NH₄)₂SO₄, 1.6 mg/ml Ca (H₂PO₄)₂, and 0.27 mg/ml KCl. Portions of this solution (2.3 ml) were added to soil samples (10 g) giving soil concentrations of 250 mg/kg, 375 mg/kg and 62 mg/kg equivalent to the rates of application of 200 kg/ha, 300 kg/ha and 50 kg/ha respectively, used in São Paulo for beans, assuming incorporation to a depth of 20 cm (5).

Methods

Soil treatments

Ten gram samples of the soils were weighed into 250-ml glass-stoppered bottles. Then, either 2.3 ml of water or aqueous sucrose solution (3.5 mg/ml) or fertilizer solution, with or without the addition of sucrose (3.5 mg/ml), were added to each bottle.

The soils were kept for a week at ambient temperature to allow the development of microorganisms

and then 1.0 ml of the radiolabelled aqueous carbaryl solution was added. This raised samples of Humic Gley soil to 2/3 field moisture capacity but a further 1.0 ml of water was added to achieve this moisture content for the Yellow Red Latossol. At intervals, duplicate samples of each treatment were analysed.

Analytical procedures

Extraction

Each 10 g of soil was extracted by shaking with 20 ml dichloromethane for 2 hours. The mixture was allowed to separate and the solvent decanted. The remaining soil was extracted twice more with further 20 ml portions of dichloromethane, the extracts combined and the volume adjusted to 50 ml in a volumetric flask by evaporation in a gentle air stream. 5.0 ml of the extract was evaporated to dryness in a scintillation vial and 10 ml of scintillator liquid added.

Thin layer chromatography

A further 5.0 ml aliquot of the soil extract was dried over anhydrous sodium sulphate before concentrating to 1.0 ml for examination by thin layer chromatography on silica gel with fluorescent indicator using hexane-acetone 4:1 as solvent. The plates were divided into sections and the silica gel scraped into vials for liquid scintillation counting. Most of the radioactivity had the same R_f (0.38) as reference samples of authentic unlabelled carbaryl which were located by the quenching of fluorescence under UV light.

Wet combustion of soil

After extraction, the radiocarbon remaining in the soil was determined by wet combustion to $^{14}\text{CO}_2$, the procedure used being essentially that of Smith et al. (6).

The $^{14}\text{CO}_2$ from 2.0 g samples of Yellow Red Latossol and 1.0 g of Humic Gley soil was absorbed in 2.0 ml monoethanolamine dissolved in 20 ml scintillation cocktail containing 5.5 g/l PPO in toluene (2 parts by volume) and ethyleneglycol monomethyl-ether (1 part).

Determination of radioactivity

The radioactivity in the evaporated extracts was determined using 10 ml scintillator cocktail composed of 200 mg POPOP, 4 g PPO, 500 ml Triton X and 500 ml xylene or toluene per litre of mixture. Radioactivity measurements were made in a Nuclear Chicago Mark I model liquid scintillation spectrometer. Samples were counted for at least 10 minutes. Results were corrected for background activity and quench, which was estimated using an external standard and the channel ratio method.

Results and discussion

The decrease with passage of time in the amount of radioactivity which could be extracted from the Humic Gley soil and the Yellow Red Latossol after the various treatments is shown in Figure 1. Thin layer chromatography of the extracts showed that over 95% of the radioactivity extracted had the same R_f as carbaryl so that in these tests the radioactivity extracted may be regarded as unchanged carbaryl.

Carbaryl is sorbed more strongly on the Humic Gley soil, rich in organic matter, than in the Yellow Red Latossol which contains little organic matter (2).

Although concentrations of carbaryl available in the soil water would thus be lower in the Humic Gley soil, when no additions but carbaryl are made to the soils, carbaryl is degraded faster in this soil. This is perhaps to be expected since generally organic matter is associated with microbial activity (1, 4).

The addition of fertilizer (NPK) has little effect on the degradation of carbaryl in either soil. In contrast, the addition of sucrose greatly increases degradation of carbaryl in the Yellow Red Latossol poor in organic matter whilst having little effect on degradation in the other soil. Presumably, much microbial activity

is to be expected in soil rich in organic matter so that the addition of sucrose has little effect but when indigenous carbon sources are scarce, as in the Yellow Red Latossol, then a readily available carbon source has a larger effect on microbial activity. However, the effects of the addition of sucrose persist only for a short time, 4 weeks after addition, degradation having almost ceased in the Yellow Red Latossol. Where the degradation of carbaryl is stimulated (Yellow Red Latossol) by addition of sucrose, fertilizer added at the same time diminishes degradation of carbaryl. This is possibly the result of competition for the added carbon source (sucrose) stimulated by the fertilizer diminishing the growth achieved by carbaryl-degrading organisms.

Additional evidence for this hypothesis is provided by combusting the soils to determine the ^{14}C remaining after extraction (Table 2). In the Humic Gley soil, rich in organic matter, the residual radiocarbon is generally small and is increased only slightly by the separate or joint addition of sucrose and fertilizer. In contrast, although the amount of ^{14}C remaining after extraction of the Yellow Red Latossol without added sucrose is only about half that remaining in the Humic Gley soil, addition of sucrose alone increases this about 7 fold. Fertilizer alone has little effect but in conjunction with sucrose it increases the amount of unextracted ^{14}C about 10 times, although slightly less carbaryl seems to be degraded. Presumably addition of sucrose stimulates microbial activity in Yellow Red Latossol and some of the ^{14}C from the carbaryl is used as a carbon source, the addition of NPK increasing the utilisation of the radiolabelled carbon although the fertilizer slightly diminishes the rate of degradation of carbaryl.

These results suggest that the biological degradation of carbaryl may be increased by addition of carbon or energy sources to soils poor in organic matter, and improved cultivation resulting in increases in organic matter in such soils may initially decrease the persistence of carbaryl. It remains to be seen whether this is a general phenomenon and whether other, less readily available carbon sources such as cellulose or other plant components, will also stimulate carbaryl-degrading organisms.

Although carbaryl is unlikely to cause a major residue problem in soils because it is readily degraded and is not used as a soil insecticide these investigations provide evidence that the persistence of pesticides may be modified by soil treatments likely to affect soil microbial activity. Thus modifying soil fertility may provide possibilities for avoiding unwanted pesticide residues in addition to increasing crop yields.

FIGURE 1: DECLINE OF CARBARYL EXTRACTED FROM TWO SOILS AFTER ADDITION OF SUCROSE AND NPK

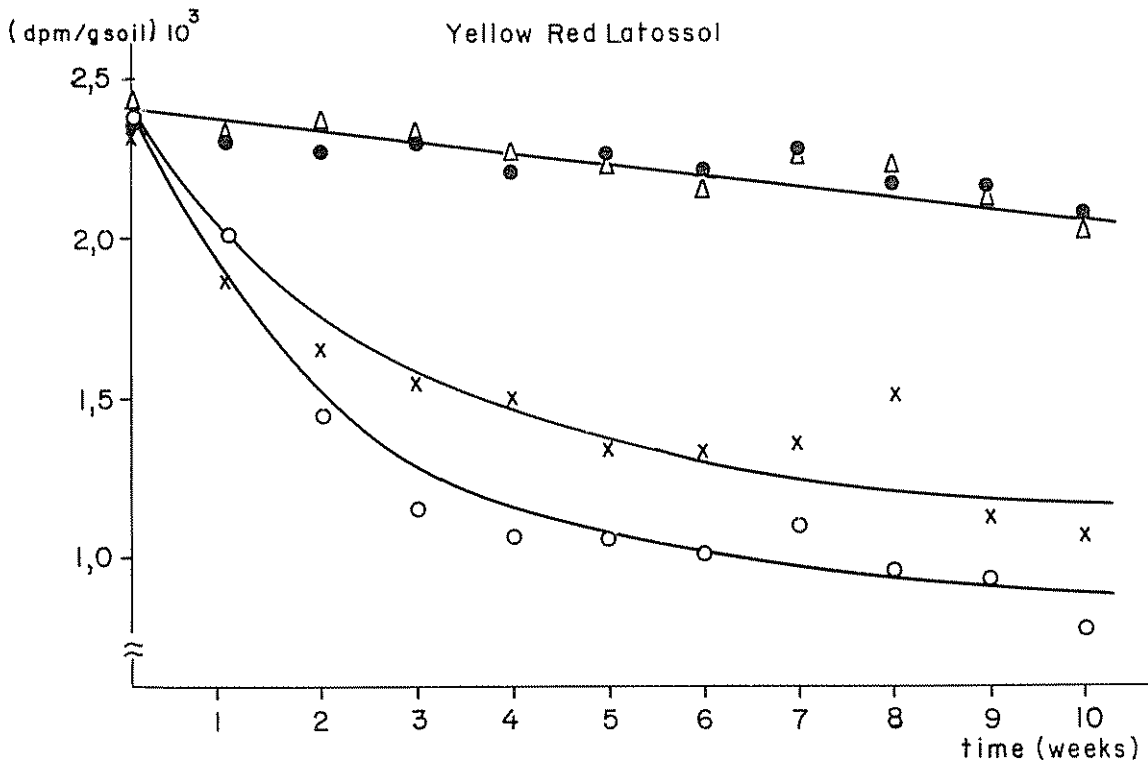
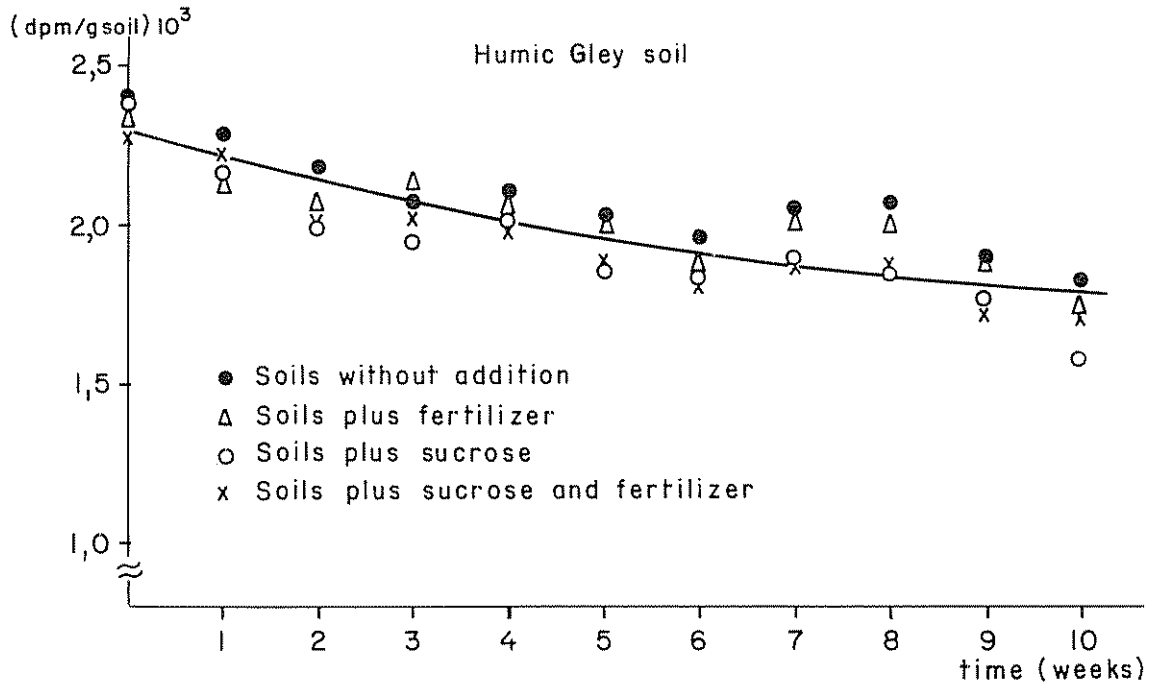


Fig 1. Decline of carbaryl extracted from two soils after addition of sucrose and NPK.

Table 2. Effects of additions of fertilizer and sucrose on distribution of radiocarbon extracted and remaining in 2 soils 8 weeks after application of ^{14}C -carbaryl (23,370 dpm/ml).

Soil addition	^{14}C recovered as % of applied					
	Humic Gley			Yellow Red Latossol		
	Extracted(a)	Combusted	Total	Extracted(a)	Combusted	Total
None	92	9.8	101.8	94	5.0	99
Sucrose	79	13	92	42	33	75
Fertilizer	86	17	103	95	4.3	99.3
Sucrose + Fertilizer	80	11	91	48	54	102

(a) Examination of the extracts by thin layer chromatography showed that at least 95% of the extracted ^{14}C was carbaryl.

Resumo

Os efeitos da adição de fertilizantes e fonte de carbono sobre a persistência do carbaril foi investigado em dois tipos de solos, usando cintilometria em líquido.

Nos dois solos, a adição de fertilizantes (NPK) tem pouco efeito sobre a velocidade de degradação do carbaril.

Em contraste, a adição de sacarose, com ou sem fertilizante, aumenta acentuadamente a degradação do carbaril no Latossolo Vermelho-Amarelo pobre em matéria orgânica, mas tem pouco efeito sobre a degradação no solo Gley Humico rico em matéria orgânica.

Summary

The effects of added fertilizer and a carbon source on the persistence of carbaryl was investigated in two types of soils, using liquid scintillation counting. In both soils, the addition of fertilizer (NPK) had little effect on the rate of degradation of carbaryl. In contrast, the addition of sucrose, with or without fertilizer increases degradation of carbaryl in a Yellow Red Latossol poor in organic matter, but has little effect on degradation in a Humic Gley soil rich in organic matter.

Literature Cited

- ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1977, 2nd ed. 148-162.
- CARAZO, E., LORD, K. A. and RÜEGG, E. F. The sorption of carbaryl on soils determined by spectrophotometric and radiometric techniques. Turrialba, 29:159-162, 1979.
- GORING, C. A. I. and HAMAKER, J. W. ed. Organic chemicals in the soil environment. New York, Marcel Dekker, 1972. 2v., 512-568.
- KUHR, R. J. and DOROUGH, H. W. Carbamate Insecticides: Chemistry, Biochemistry and Toxicology. CRC Press, Inc., Cleveland, Ohio, 1976, 143-200.
- SILVEIRA, R. I., MELLO, F. A. F., Brasil Sobr^o, M. O. C. e ARZOLLA, S. Fertilizantes e Fertilização das Culturas Brasileiras. Ed. Luiz de Queiroz Ltda., Piracicaba, SP., 1975, 2V, 195-289.
- SMITH, G. N., LUDWIG, P. D. WRIGHT, K. C., and BURIEDEL, W. R. Simple apparatus for combustion of samples containing ^{14}C -labelled pesticides for residue analysis. Journal Agriculture Food Chemistry, 12(2):172-175, 1964.

ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION

ORGANO OFICIAL DE LA
SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE NUTRICION

VOL. XXX	JUNIO 1980	No. 2
CONTENIDO		
		Pág.
EDITORIAL		163
ARTICULOS GENERALES		
Estado actual de la enseñanza superior de la tecnología de alimentos en la Argentina, con referencia al lugar de la nutrición en los planes de estudio. — <i>Alfredo Salibián y Nelda Marcilla de Parada</i>		171
TRABAJOS DE INVESTIGACION		
Efecto de diferentes tratamientos dietéticos sobre el consumo de dietas a base de tubérculos y leguminosas. — <i>Walter S. Jorge João, Luiz G. Elías y Ricardo Bressani</i>		187
Métodos de eliminación de alcaloides en la semilla de <i>Lupinus mutabilis</i> , Sweet. — <i>Félix Torres Tello, Alejandrina Nagata y Walter Dreifuss Spiegel</i>		200
Morphometric study of the effect of hypervitaminosis A on the sublingual gland of the rat. — <i>Ruveral A. Lopes, José Renán V. da Costa, Geraldo Maia Campos, Sérgio O. Petenusci and Ana María Piccolo</i>		210
Utilización de la proteína proveniente de subproductos agropecuarios en la alimentación de la trucha arco iris <i>Salmo gairdnerii</i> durante el período de alevinaje. — <i>Jorge Grumberg N., Miguel Burgos W. y Osvaldo González C.</i>		223
Evaluación química de harinas de morro o jícara (<i>Crescentia alata</i>) preparadas por ensilaje y/o deshidratación. — <i>Roberto A. Gómez-Brenes, Irma Contreras, J. Edgar Braham y Ricardo Bressani</i>		236
Influencia del medio en la desnutrición infantil. — <i>M. L. Alvarez, J. Alvear, L. Cousiño y M. T. Saitúa</i>		254
GRUPO PERMANENTE DE TRABAJO DE LA SLAN EN SISTEMAS DE VIGILANCIA ALIMENTARIA-NUTRICIONAL		265
CARTAS AL EDITOR		273
BIBLIOGRAFIA LATINOAMERICANA		279
NUEVOS LIBROS		283
NOTAS		287
CONTENIDO DE LA REVISTA TURRIALBA: Volumen 30, enero-marzo 1980, No. 1		291
INFORMACION PARA LOS AUTORES		293

Abstract

Maize rayado fino virus (MRFV) was isolated in Venezuela from plants showing dwarfing and parallel leaf stripes along the veins. The virus particles are isometric with 33 μm in diameter and became separated in two bands by sucrose density gradient which indicates that there are differences in their nucleic acid content. The virus reacted positively against antisera prepared with MRFV from Costa Rica and virus of the maize rayado fino colombiano (MRFCV) from Colombia. Dalbulus maidis transmitted the virus in a persistent fashion. However, Peregrinus maidis was unable to transmit the disease. Virus particles were found in the cytoplasm and vacuole in sections of the infected cells. The disease seems to be prevalent at an altitude of 400 m in Venezuela in contrast with Costa Rica and Colombia where the disease has been observed over the 1.000 m.

Introducción

El virus rayado fino del maíz (MRFV) fue descrito por primera vez en 1969 en Centro América (2). A partir de esa fecha ha sido estudiado en varios países del continente (4) y recientemente se le ha encontrado en los Estados Unidos de América (1). Este virus parece ser similar o estar muy relacionado al virus "corn streak" descrito por Costa y colaboradores en Brasil (BCSV) (3), y al virus del rayado fino colombiano (MRFCV) (7). En Venezuela existen varias enfermedades virales que afectan el maíz (6), sin embargo el MRFV no ha sido aún consignado. Recientemente se encontró en el Estado Aragua una enfermedad cuya sintomatología se podría confundir con la producida por el enanismo rayado del maíz (maize mosaic virus), aunque pruebas serológicas y de microscopía electrónica indicaron que este agente patógeno no era el causante de la enfermedad.

El presente trabajo se llevó a cabo con el fin de identificar el agente causal de esta enfermedad del maíz en Venezuela.

¹ Recibido para publicación el 5 de junio de 1980. Se agradece al CENIAP por facilitarnos el uso de su campo experimental de la escuela práctica de agricultura.

* Laboratorio de Virus de Plantas, Centro de Microbiología y Biología Celular, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Apartado 1827, Caracas, VENEZUELA.

Materiales y métodos

Recolección del material

En el Estado Aragua se recolectaron plantas de maíz que mostraban enanismo y un rayado clorótico a lo largo de las nervaduras, síntomas de una probable infección por virus, y traídas al laboratorio para la identificación del agente causal de la enfermedad.

Microscopía electrónica

Con el fin de observar la presencia de partículas virales en el extracto de plantas enfermas, se prepararon muestras del extracto utilizando la técnica de "dipping", que se colocaron sobre rejillas de microscopía electrónica previamente cubiertas con colodión, tratadas con una capa de carbón evaporado y coloreadas con ácido fosfotúngstico al 2%, pH 7,0. Para el examen del tejido vegetal se cortaron pedazos de hojas de 1 mm² y se fijaron en glutaraldehído al 2% en bufer cacodilato, seguido por una postfijación en tetraóxido de osmio al 2%. El tejido fue deshidratado en una serie de alcohol etílico e incluido en resina Epon 812. Los cortes fueron coloreados con acetato de uranilo y citrato de plomo, y las rejillas observadas en un microscopio electrónico JEOL JEM 100 B.

Purificación de las partículas virales

Se homogeneizaron de 50 a 100 g de hojas de maíz que presentaban síntomas de la enfermedad. La

homogeneización se hizo con bufer fosfato 0,01 M pH 6,9 conteniendo 0,002 M dietilditiocarbamato de sodio (DIECA). El extracto se clarificó mediante la adición de cloroformo al 10% seguida por una centrifugación a baja velocidad (13.000 g, 10 min). El virus se concentró mediante precipitación con 6% polietilén glycol 6000 + NaCl 0,2 M seguida, una hora después, por centrifugación a baja velocidad. El precipitado se resuspendió en bufer fosfato 0,01 M pH 7,8 y se sometió a una nueva centrifugación a baja velocidad. Las partículas virales se concentraron mediante centrifugación a 85.000 g durante 2 horas. Para una mayor purificación del virus se colocaron las partículas virales concentradas sobre un gradiente preformado de sacarosa 20-50% centrifugándose a continuación durante 3 horas a 56.000 g y después de la centrifugación se pudieron observar 2 bandas en los tubos del gradiente. Los gradientes se fraccionaron mediante un sistema automático marca ISCO y las fracciones que contenían a las bandas se dializaron contra bufer fosfato 0,01 M pH 7,8.

Serología

Se preparó antisuero contra el virus purificado mediante inyección subcutánea sobre la escápula de un conejo, con 1 cc del virus purificado, homogeneizado con adyuvante completo de Freund y seguido por dos inyecciones de virus con el coadyuvante incompleto de Freund a intervalos de un mes. Al animal se le sangró a periodos regulares para seguir la titulación de los anticuerpos y una vez alcanzada la concentración deseada se le extrajo la sangre mediante punción cardíaca. El suero se conservó liofilizado o en una mezcla de 1:1 con glicerina. Las pruebas serológicas se realizaron utilizando la técnica de la doble difusión en agar y los sueros de referencia fueron gentilmente cedidos por el Dr. Rodrigo Gámez (Universidad de Costa Rica) contra el MRFV y por el Dr. Gerardo Martínez, (ICA, Colombia) contra el virus MRFCV.

Transmisión por insectos

La transmisión se realizó utilizando los insectos *Dalbulus maidis* (De Long & Wolcott) y *Peregrinus maidis* Ashm, provenientes de crías, libres de virus, mantenidas en el laboratorio. Los insectos fueron colocados sobre hojas provenientes del campo y que mostraban síntomas de la enfermedad. Luego de mantenerse durante 5 días sobre hojas enfermas a 30°C, los insectos en número de 10 se colocaron en una microjaula que fue colocada sobre una planta de maíz sana, transfiriéndose la microjaula a una nueva planta cada 5 días. Una vez inoculadas, las plantas fueron tratadas con un insecticida sistémico y colocadas en un invernadero a prueba de insectos para seguir el desarrollo de los síntomas.

Resultados

La enfermedad se manifestó mediante un enanismo marcado de las plantas afectadas y un rayado clorótico longitudinal a lo largo de las nervaduras. Estos síntomas pueden ser fácilmente confundidos con los correspondientes al enanismo rayado del maíz (virus del mosaico del maíz). El examen del extracto de las plantas enfermas, realizado en el microscopio electrónico, resultó en la presencia de algunas partículas de forma isométrica con un tamaño de 33 μm . Las partículas virales fueron visibles en el citoplasma y vacuolas de células infectadas (Figura 1). El método de purificación produjo una gran cantidad de partículas del tamaño y forma anteriormente mencionadas (Figura 2) y luego de la centrifugación en gradiente de sacarosa tales partículas virales resultaron ordenadas en 2 bandas de acuerdo con su densidad de flotación. Las observaciones en el microscopio electrónico de la banda superior mostraron la presencia de un alto porcentaje de partículas que fueron penetradas por el colorante al carecer de ácido nucléico, por lo cual se denominan "vacías". En cambio, en banda inferior el porcentaje mayor corresponde a partículas completas o "llenas", o sea que contienen ácido nucléico, aunque también se observaron partículas en proceso de desintegración (Figura 2), lo cual parece indicar que las partículas son lábiles. El virus reaccionó positivamente contra el antisuero preparado para el MRFV de Costa Rica y el MRFCV de Colombia; sin embargo, las reacciones fueron más fuertes y llegaron a una titulación más alta contra el antisuero homólogo preparado por nosotros.

El insecto *Dalbulus maidis* transmitió el virus en forma persistente luego de un período de incubación en el insecto de aproximadamente 20 días y las plantas comenzaron a mostrar los síntomas de la enfermedad 15 días después de ser inoculadas por el vector. En cambio, el insecto *Peregrinus maidis*, vector del enanismo rayado del maíz, no transmitió el virus en experimentos paralelos.

Discusión

Los resultados observados acerca de la morfología y tamaño de las partículas virales, de la separación de las mismas en dos bandas en gradiente de sacarosa, de la reacción serológica positiva con los antisueros contra MRFV y MRFCV, y de la transmisión mediante *Dalbulus maidis*, nos llevan a la conclusión de que el virus del rayado fino del maíz está presente en Venezuela. Esta situación era de esperarse debido a la presencia tanto del insecto vector en el país como de este virus en países vecinos como Colombia y Brasil (4). Los síntomas que presenta esta virosis en Venezuela tienden a ser más severos que los observados en Costa Rica y son muy semejantes a los producidos por el enanismo rayado del maíz. Esta similitud hace difícil la identificación visual de la enfermedad

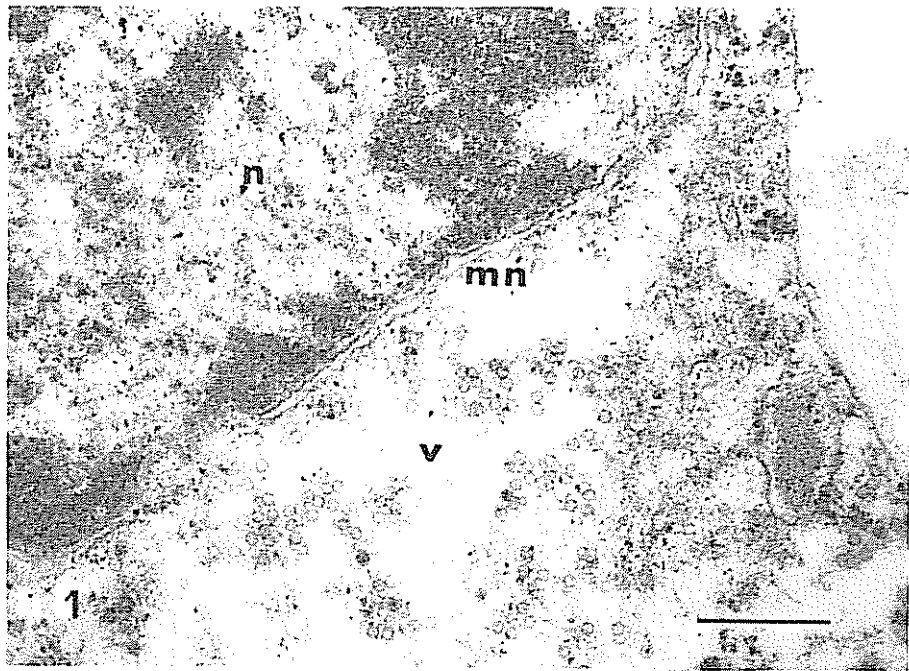


Fig. 1. Sección transversal de una célula de maíz infectada con el virus rayado fino del maíz. Se observa el núcleo (n) con su membrana nuclear (mn) y partículas virales en citoplasma de la célula (v). La barra representa 200 μ m.

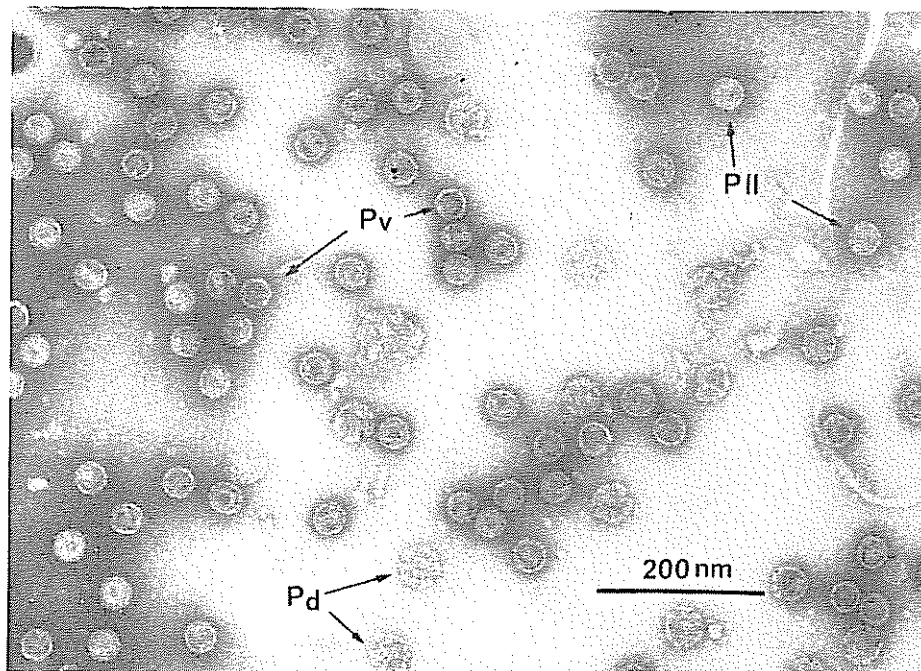


Fig. 2. Partículas virales del rayado fino del maíz luego de su purificación. Se pueden observar partículas "vacías" (pv) carentes de ácido nucleico y partículas "llenas" (pl) con su contenido normal de ácido nucleico. La barra representa 400 μ m.

debiendo recurrirse a la microscopía electrónica o serología para un diagnóstico confiable. La diferencia en cuanto a la sintomatología y a la intensidad de reacción de los diferentes antisueros puede ser debida a la presencia de diferentes cepas del virus. Otra diferencia consiste en la altitud en la cual el virus es prevaeciente en Colombia, donde generalmente se le encuentra por encima de los 1000 metros (7), existiendo una situación similar en Costa Rica (Gámez, comunicación personal), en tanto que en Venezuela el virus fue localizado en zonas con una altitud de alrededor de los 400 metros.

Resumen

Se aisló el virus rayado fino del maíz (MRFV) en Venezuela, de plantas que mostraban enanismo y rayas paralelas a lo largo de las nervaduras de las hojas. Se encontró que las partículas del virus son isométricas, de 33 μm de diámetro, y se les separó en dos bandas por medio del gradiente de densidad de la sacarosa, lo que indica que tienen diferencias en sus contenidos de ácido nucléico. El virus reaccionó positivamente contra el antisuero preparado con MRFV de Costa Rica y virus rayado fino colombiano de maíz (MRFCV). Se observó una transmisión persistente del virus mediante *Dalbulus maidis* y el hecho de que *Peregrinus maidis* no fue capaz de transmitir la enfermedad. Se encontraron partículas del virus en el citoplasma y vacuolas de secciones de células infectadas. La enfermedad parece prevalecer en altitudes de 400 m en Venezuela, en contraste con Costa Rica y Colombia donde se ha manifestado sobre los 1000 m.

Literatura Citada

1. BRADFUTE, O. E., L. R. NAULT, D. T. GORDON, D. C. ROBERTSON, R. W. TOLER y C. W. BOOTHROYD. Identification of maize rayado fino virus in the United States. *Plant Disease* 64:50-53, 1980.
2. GAMEZ RODRIGO. Transmission of rayado fino virus of maize (*Zea mays*) by *Dalbulus maidis*. *Annual Applied Biology* 73:285-292, 1973.
3. GAMEZ, R. Leafhopper -- Transmitted maize rayado fino virus in Central America. *Proc. Int. Maize Virus Dis. Coll. and Workshop. OARDC. Wooster, Ohio, Aug. 15-19, 1976.*
4. GAMEZ, R., E. W. KITAJIMA and M. I. LIN. The geographical distribution of maize fino virus. *Plant Disease Report* 63(10): 830-833, 1979.
5. KITAJIMA, E. W. y R. GAMEZ. Histological observations on maize leaf tissue infected with rayado fino virus. *Turrialba* 27(1): 71-74, 1977.
6. LASTRA, R. J. Maize mosaic and other maize viruses and virus-like diseases in Venezuela. *Proc. Int. Maize Virus Dis. Colloq. and Workshop. OARDC, Wooster, Ohio, Aug. 10-19, 1976.*
7. MARTINEZ LOPEZ, G., L. M. RICO DE CUJIA y C. S. DE LUQUE. Una nueva enfermedad del maíz en Colombia transmitida por el saltahoja *Dalbulus maidis*. (De Long & Wolcott), *Fitopatología* 9(2):93-99, 1974.

Semen quality of Permer x West African Dwarf rams*

O. CHIBOKA**, B. SOMADE**

Resumen

Se colectó semen de ejemplares de carneros de la cruce Permer x West African Dwarf (Permer x WAD) por un período de seis semanas durante la época seca (diciembre/enero) y por otro período de seis semanas en la época húmeda (mayo/junio). Se evaluó el semen en cada una de tales épocas, respecto a volumen, porcentaje de motilidad progresiva, porcentaje de células espermáticas anormales, porcentaje de esperma vivo y concentración de células espermáticas.

La semana en que se recolectó el semen afectó la anomalía espermática total del semen y el porcentaje de esperma vivo durante la época seca solamente. El volumen del semen, el porcentaje de motilidad progresiva y la concentración de células espermáticas, determinados en la época seca, no fue diferente de los valores respectivos en la época de lluvias. El porcentaje total de células espermáticas normales fue del 70 por ciento aproximadamente para la época seca, en contraste con el 90 por ciento en la época de lluvias.

Además, el porcentaje de células espermáticas vivas, aunque relativamente alto en la época seca, fue más bajo que el valor correspondiente en la época lluviosa.

Introduction

There is a paucity of information on semen characteristics of West African Dwarf (WAD) rams and even more so on the semen quality of crosses between these rams and exotic breeds. This lack of basic information constitutes an obstacle towards improving the reproductive potential of the indigenous breeds of rams in the humid tropics. Pilot work (4) indicates that rams have best semen quality in rainy season.

The present study is aimed at evaluating the quality of Permer x WAD ram semen collected during the peak of two seasons (dry and rainy) to establish to what extent crossing has affected semen characteristics. The Permer breed of sheep is a cross between Persian and Merino breeds. It is hoped that in the event that the semen quality of these rams proves promising, semen of exotic breeds will be imported to artificially inseminate the local stock in a programme to improve the overall productivity of the local sheep.

Material and methods

Semen was collected by means of an electro-ejaculator (SPE - Ejaculator, Standard Precision Electronics, Denver, Colorado) from Permer x WAD rams once a week, every Thursday (9.00 A. M.) for six weeks in dry season. The routine housing, feedings, and management of the rams has already been described (3). The mean ambient temperature (maximum and minimum), rainfall and relative humidity for the periods of the experiment are given in Table 4. Test rams were confined and were prevented from mating between semen harvests.

During the dry season, semen was collected from the second week of December through the first three weeks of January, 1979; for the rainy season, from the second week of May through the first three weeks of June, 1979. Before the experimental readings were taken, semen was harvested and evaluated once a week (every Thursday, 9.00 A.M.), for three weeks, to standardise experimental procedure and ensure normal semen output and that aged sperm cells stored in the epididymis were not harvested and used in the evaluation. This work was carried out on the Teaching and Research Farm of the University of Ife, Ile-Ife, Nigeria. Two of the seasons for semen collection and evaluation coincided, respectively, with periods of

* Received for publication June 18, 1980.

** Ile-Ife, Nigeria.

Table 4: Temperature, rainfall and relative humidity distribution for the periods of the experiment

Periods		Temperature °C		Rainfall (mm)	Relative humidity %
		Maximum	Minimum		
December	1978	32.2	21.1	0.1	83.0
January	1979	31.1	21.2	0.0	84.0
May	1979	31.0	21.1	261.1	81.0
June	1979	29.1	21.0	140.6	86.2

intense drought and rain in this part of Nigeria. The dry season usually is a period when all forages are dry; while the best grazing conditions abound during the rainy season.

Each ejaculate was examined for volume, progressive motility, total abnormality, live sperm cells and sperm cell concentration. The pH was determined using hydrion paper immediately after harvest; sperm concentration was determined photometrically using a Bauch and Lomb (Spectronic 20) spectrophotometer set at a wavelength of 560 millimicrons. A total of five smears of semen stained with negrosin-eosin were prepared per ram, to determine the number of live-dead and morphologically abnormal spermatozoa. The mean of the five observations was recorded in each case.

The design was considered as completely randomized and was analyzed as such. The semen volume, progressive motility, percentage abnormal cells, percentage live sperm and sperm cell concentration were analyzed by analysis of variance and the means were compared by Duncan's New Multiple Range Test (8, 9).

Results

There were significant week effects ($P < .05$) in percentage total abnormal sperm cells during both dry and rainy seasons and in percentage live sperm in dry season. The other variables measured did not differ significantly ($P > .05$) within seasons. Semen volume, percentage progressive motility and sperm cell concentration in dry season did not differ ($P > .05$) from those of rainy season; the remaining criteria, in dry season, differed from those in rainy season which proved to be superior (Tables 1 and 2).

By Duncan's test, there were significant week differences ($P > .05$) in semen volume, percentage sperm cell motility, and sperm cell concentration for dry and rainy seasons and in percentage abnormality and percentage live sperm for rainy season. The remaining variables showed significant ($P < .05$) differences (Table 3).

Discussion

Ordinary seasonal fluctuations have been found to markedly affect semen quality in rams (1, 2, 4, 5, 6, 7). Breeds of rams exist which can breed throughout the year (1). Examination of Tables 1, 2, and 3 shows that, all things being equal, the Permer x WAD rams semen can be effectively fertile in both dry and rainy seasons though greater volume of semen might have to be inseminated to offset the apparently lower percentage of live sperm in the dry season, unlike the findings of pure WAD rams in which percentage live sperm appeared significantly lower in dry season than its counterpart Permer x WAD ram semen (4). A project is currently underway to establish the ovulation pattern of both WAD ewes and their crosses with Permer throughout the year.

During the dry season especially in December/January in Nigeria, there is usually a spell of Harmattan, when the relative humidity is reasonably low though the temperature still remains high. This allows the rams to lose some evaporative heat or latent heat of evaporation which tends to offset the detrimental effect of hyperthermia. This might account for some of the absence of differences between dry and rainy seasons in some of the variables measured.

Since breeds of rams exist which can breed throughout the year (1), besides improving semen quality of the progeny of crosses between indigenous and exotic

Table 1: Semen characteristics of Permer x West African Dwarf rams.

Variable	Periods of collection	
	December/January (D)	May/June (R)
Volume (ml)	1.09 ± 0.08*	1.14 ± 0.20
Motility %	62.80 ± 1.10	59.16 ± 0.08
Total abnormality %	27.70 ± 1.20	10.06 ± 0.12
Live sperm %	65.00 ± 0.09	84.16 ± 1.00
Sperm conc x 10 ⁹ /ml	1.30 ± 0.30	1.27 ± 0.15

D = Dry season

R = Rainy season

Mean pH value = 7.20 (D) and 7.30 (R)

* SEM = Standard Error of the Mean

Table 2: Analysis of variance – Permer x WAD Dec/Jan (D) and May/June (R) collections.

Source	df	Mean Squares									
		Volume (ml)		Motility %		Total abnormal %		Live Sperm %		Sperm conc x 10 ⁹ /ml	
		D	R	D	R	D	R	D	R	D	R
Weeks	5	0.39	0.10	63.00	1.40	911.82*	1.90*	246.80*	1.47	0.48	0.90
Error	24	0.19	0.28	42.20	0.80	70.22	0.69	39.40	1.30	0.35	0.13
S.D.		± 0.20	± 0.50	± 2.80	± 0.40	± 3.70	± 0.37	± 2.80	± 1.10	± 0.30	± 0.14
Mean		1.09	1.14	62.80	59.16	27.70	10.10	65.00	84.20	1.30	1.30

* P < .05

D = Dry season

R = Rainy season

Table 3: Duncan's new multiple range test - Permer x WAD rams

Week	Volume (ml)		Motility %		Total abnormality %		Live Sperm %		Sperm conc x 10 ⁹ /ml	
	D	R	D	R	D	R	D	R	D	R
1.	1.14 ^a	1.24 ^a	60.20 ^a	58.60 ^a	24.40 ^a	12.40 ^a	57.40 ^a	84.80 ^a	1.16 ^a	1.19 ^a
2	1.04 ^a	1.00 ^a	57.40 ^a	58.40 ^a	23.40 ^b	13.60 ^a	61.20 ^a	84.20 ^a	1.30 ^a	1.40 ^a
3	1.08 ^a	1.06 ^a	67.60 ^a	59.40 ^a	13.00 ^a	12.80 ^a	57.80 ^a	84.00 ^a	1.28 ^a	1.32 ^a
4	0.86 ^a	1.24 ^a	64.00 ^a	59.60 ^a	25.60 ^c	13.40 ^a	69.80 ^b	84.40 ^a	1.30 ^a	1.31 ^a
5	0.96 ^a	1.00 ^a	63.00 ^a	59.60 ^a	25.80 ^b	12.40 ^a	73.40 ^b	84.40 ^a	0.90 ^a	1.04 ^a
6	1.60 ^a	1.30 ^a	64.40 ^a	59.40 ^a	26.20 ^b	13.80 ^a	70.40 ^a	83.20 ^a	1.80 ^a	1.40 ^a

D = Dry season

R = Rainy season

Means with the same superscript are not significantly different (P > 0.5).

breeds of rams in Nigeria, there is a possibility of getting offspring that will be so adapted that they could be fertile almost all year round, through artificial insemination with imported semen from the right breed of rams. This approach to sheep improvement will not only be useful to Nigeria but also to countries with similar sheep production problems.

Summary

Semen was collected from Permer x West African Dwarf (Permer x WAD) rams for six weeks in dry season (December/January) and for another six weeks in rainy season (May/June). In each season, semen was evaluated for volume, percentage progressive motility, percentage abnormal sperm cells, percentage live sperm and sperm cell concentration.

The week in which semen was collected affected total sperm abnormality and percentage live sperm during dry season only. Semen volume, percentage progressive motility and sperm concentration in dry season did not differ from those of rainy season. Total percentage normal sperm cell in dry season was about 70 as opposed to 90 in the rainy season. Percentage live sperm though fairly high in dry season was lower than the corresponding value in rainy season.

Literature Cited

1. AMIR, D. and VOLCANI, R. Seasonal fluctuations in the sexual activity of Awasi German Mutton Merino, Corriedale, Border-Leicester and Dorset Horns. I. Seasonal changes in semen plasma volume and its fructose and citric acid concentrations. *British Journal of Agricultural Science* 64:115-120. 1965.
2. CHIBOKA, O. Breed differences in seasonal reproductive pattern of rams. M. S. Thesis, University of Wisconsin, Madison. 1 - 93. 1973.
3. CHIBOKA, O. Effect of age at breeding on reproduction in local sheep. *Ife Journal of Agriculture* 2:183-195. 1979.
4. CHIBOKA, O. Semen characteristics of West African Dwarf rams. *Animal Reproduction Science*. In press. 1980.
5. CUPPS, P. T., MCGOWAN, B., FAHLMAN, D. F., REDDON, A. R., and WEIR, S. C. Seasonal changes in the semen of rams. *Journal of Animal Science* 19:208-213. 1960.
6. DUTT, R. and SIMPSON, E. C. Environmental temperature and fertility of Southdown rams early in the breeding season. *Journal of Animal Science* 16:136-143. 1957.
7. SCHANBACHER, B. C. and LUNSTRA, D. D. Seasonal changes in sexual activity and serum levels of L. H. and testosterone in Finnish Landrace and Suffolk rams. *Journal of Animal Science* 43:644-648. 1976.
8. SNEDECOR, G. W. and COCHRAN, G. *Statistical Methods* (6th ed.), The Iowa State University Press, Ames, Iowa, 259-298. 1967.
9. STEEL, R. G. D. and TORRIE, J. H. *Principles and Procedures of Statistics*. McGraw-Hill, New York, N. Y. 88-109. 1960.

La ultraestructura de la superficie foliar de cultivares de maíz infectados con el virus del rayado fino*
 ANA M. ESPINOZA**, RODRIGO GAMEZ**

Abstract

The ultrastructural alterations induced by rayado fino virus in the foliar lamina of infected maize plants vary with plant genotype. The chlorotic spots or short stripes, typical of the macroscopic disease symptom, do not necessarily correlate with number and size of the altered areas visible only under the scanning electron microscope in the maize cultivars examined. The nature and degree of the morphological distortion differs also with the genetic constitution of the plant. These include modifications in size, shape and arrangement of cells, hypertrophy, atrophy or compression of epidermal cells, depression of cells in certain areas of the lamina, loss of definition of cell walls, and structural modifications of the stomata. The degree of stomatal alteration is possibly associated with modifications in hydric balance, gaseous exchange and photosynthesis. The modifications suffered by cells in localized areas of the foliar lamina could be related to the physiology of growth and development, and explain the macroscopic symptoms and gross changes associated with the rayado fino virus infection.

Introducción

Los virus inducen cambios macroscópicos usualmente muy notorios en la forma, coloración y tamaño de las plantas infectadas. Es común observar alteraciones morfológicas de la lámina foliar de estas plantas que incluyen distorsiones en el crecimiento de las venas y de las áreas entre venas, frecuentemente acompañadas de cambios en la pigmentación que provocan mosaicos, amarillamientos, estriados y otras malformaciones.

Se han hecho numerosos estudios de la ultraestructura de células de plantas infectadas por virus utilizando microscopía electrónica de secciones ultrafinas (1, 2, 8, 11); no obstante, se tiene poca información sobre las modificaciones morfológicas de la superficie de la hoja enferma.

El rayado fino del maíz es una enfermedad causada por un virus (VRFM) de amplia distribución e importancia en los trópicos americanos (6, 7).

Los síntomas típicos del rayado fino son pequeñas manchas cloróticas que se desarrollan paralelas a las venas de las hojas y forman líneas de puntos. La severidad de los síntomas varía con el genotipo de la planta y la edad en que ocurre la infección (6, 7, 9).

En un estudio preliminar de Flores (3) y Flores y Gámez (4) en que utilizaron microscopía electrónica de rastreo, se describieron alteraciones foliares de plantas de maíz infectadas con el VRFM que incluían ausencia de macropelos, proliferación de micropelos, reducción, malformación y obliteración de los estomas y desarrollo anormal de varios tipos de células epidérmicas. Con el propósito de profundizar las investigaciones sobre los cambios morfológicos inducidos por el VRFM, en el presente trabajo se emplearon diferentes genotipos de maíz que reaccionan a la infección viral mostrando síntomas foliares severos de la enfermedad. Se buscó una relación entre los síntomas macroscópicos, el grado de alteración ultraestructural y la frecuencia de aparición de zonas de

* Recibido para su publicación el 16 de diciembre de 1980. Esta investigación es parte del Proyecto "Biología y Caracterización del Virus del Rayado Fino del Maíz" financiado por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. Los autores son becarios científicos de este último.

Parte de este trabajo fue efectuado en la Unidad de Microscopía Electrónica de dicha Universidad, establecida con el apoyo de la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA) del Gobierno del Japón.

Se agradece al Dr. Yoshimichi Kozuka su valiosa colaboración técnica en la realización de este trabajo y al Ing Carlos Salas el suministro de los materiales de maíz infectados bajo condiciones de campo.

** Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular y Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria, Costa Rica.

características anormales. Además se quiso saber si estas modificaciones ocurren tanto en la haz como en el envés de la hoja. Los estudios previos sobre la morfología foliar de plantas sanas de maíz (5) sirvieron de base para establecer cuáles cambios son debidos a la infección viral. Nuestros resultados evidencian diversas alteraciones novedosas provocadas por la infección viral y no confirman varias de las observaciones anteriores de Flores (3) y Flores y Gámez (4).

Materiales y Métodos

Se utilizó material proveniente de plantas infectadas bajo condiciones de invernadero y campo de los cultivares Tico H-4, Amarillo Cristalino HE-2, Tuxpeño, Peruano y el híbrido Antioqueño X República Dominicana, pertenecientes a la colección de maíz de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Costa Rica.

Las hojas se fijaron con glutaraldehído al 2,5% en un amortiguador del fosfato de sodio 0,2 M, pH 7,2

por 4 horas y luego en tetraóxido de osmio al 1% durante 16 horas. Posteriormente el material se deshidrató en series de etanol que luego se substituyó por acetato de amilo. Los especímenes se colocaron en un secador de punto crítico Hitachi Modelo HCP-1 hasta alcanzar el punto de secado crítico con CO₂. Después se montaron en soportes de aluminio y se fijaron a la base con cinta de doble superficie adhesiva y pintura de plata. Se cubrieron con oro en un cobertor iónico EICO IB-3 y se observaron luego con un microscopio electrónico de rastreo Hitachi HHS-2R.

Resultados

Los síntomas macroscópicos típicos del rayado fino aparecen en la Figura 1. Las manchas cloróticas y estrias que se forman al coalescer dichas manchas se observan principalmente en las áreas intercostales (entre venas), aunque con cierta frecuencia parecen abarcar también el área costal (vena) o centrarse sobre ésta (Fig. 2). Los síntomas macroscópicos son simila-

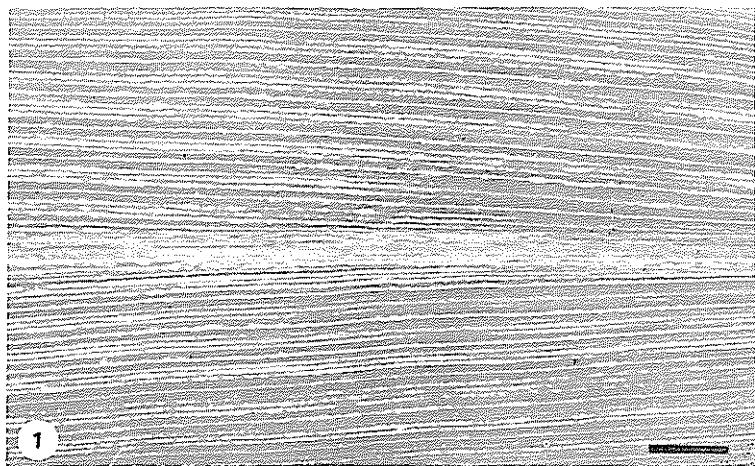


Fig. 1

Síntomas típicos del rayado fino en la lámina foliar de plantas de maíz del cv. Tico H-4. Los puntos y estrias cloróticas corren paralelos a las venas. La línea representa 1,5 cm.

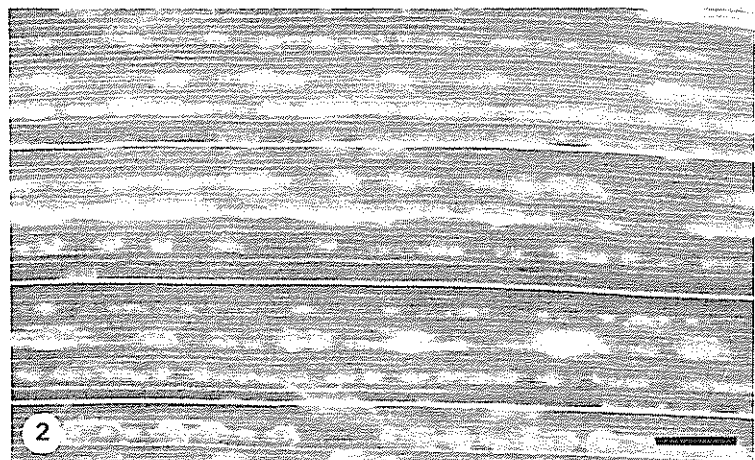


Fig. 2.

Vista de la Figura 1, a mayor aumento. Se distinguen manchas cloróticas localizadas en áreas intercostales y su coalescencia para formar estrias. La línea representa 0,3 cm.

res en todos los cultivares estudiados detectándose tanto en la haz como en el envés de la lámina foliar. Al observar el material infectado con el microscopio electrónico de rastreo a bajo aumento (25 a 50X) aparecen zonas alteradas que en forma, distribución y número, son similares a las manchas y estrias cloróticas macroscópicas en los cvs. Amarillo Cristalino y

Peruano (Figs. 3, 4). Sin embargo el cv. Tico H-4 y el híbrido Antioqueño X República Dominicana, que también presentan síntomas macroscópicos severos, muestran únicamente pocas zonas alteradas con malformaciones leves (Fig. 5, 6). Todos los cambios observados aparecen tanto en la haz (superficie adaxial) como en el envés de la lámina (superficie abaxial)

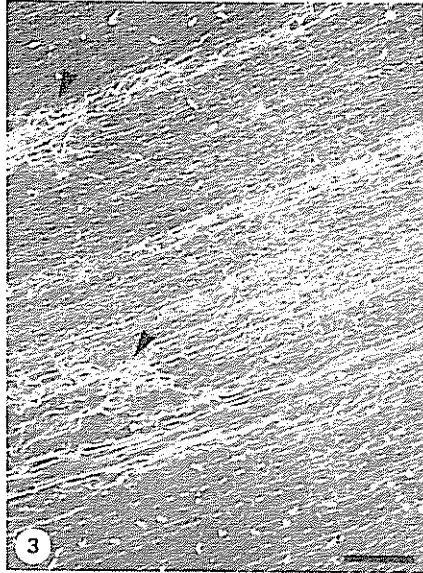


Fig. 3. Vista panorámica de la superficie abaxial (envés) de la lámina foliar del cv. Amarillo Cristalino infectada con el VRFM. La flecha indica las malformaciones severas sufridas por el tejido epidérmico. La línea representa 310 μm .

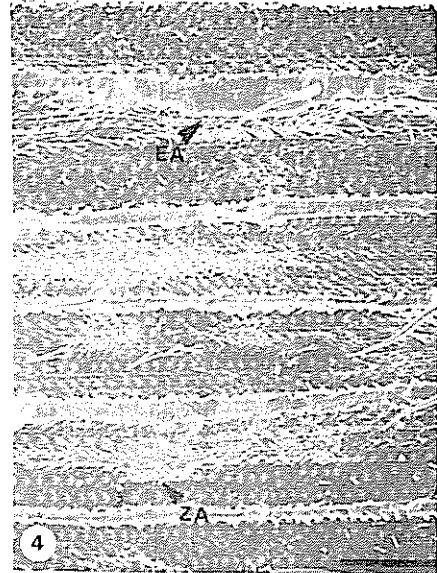


Fig. 4. Vista panorámica de la superficie adaxial (haz) de la lámina foliar del cv. Peruano infectado con el VRFM. Aparecen extensas zonas alteradas (ZA) del tejido intercostal y engrosamientos anormales (EA) de ciertas venas. La línea representa 689 μm .

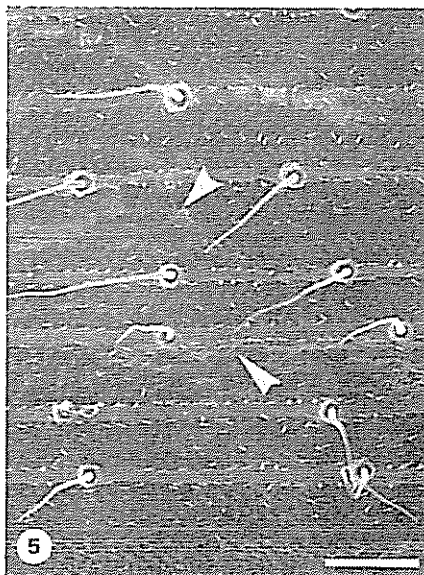


Fig. 5. Vista panorámica de la superficie adaxial de la lámina foliar del cv. Tico H-4 infectada con el VRFM, que muestra la presencia normal de macropelos. Se señalan pequeñas zonas con leves alteraciones en el tejido intercostal. La línea representa 733 μm .

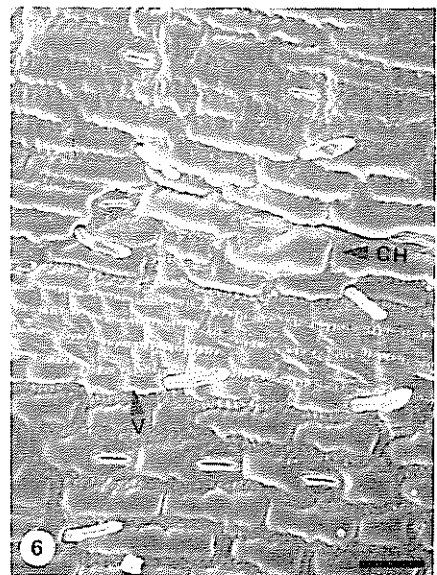
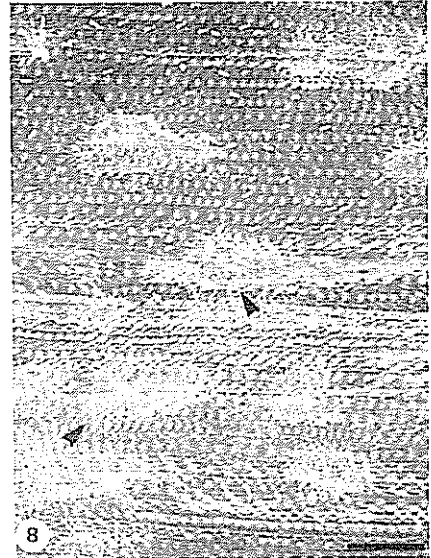
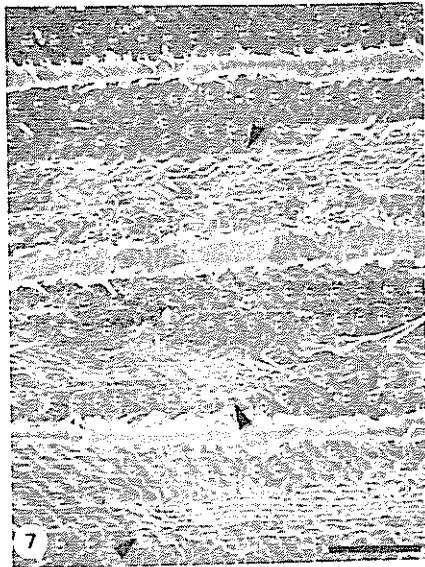


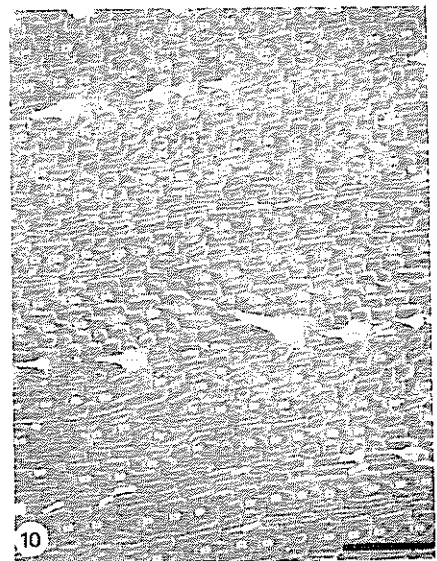
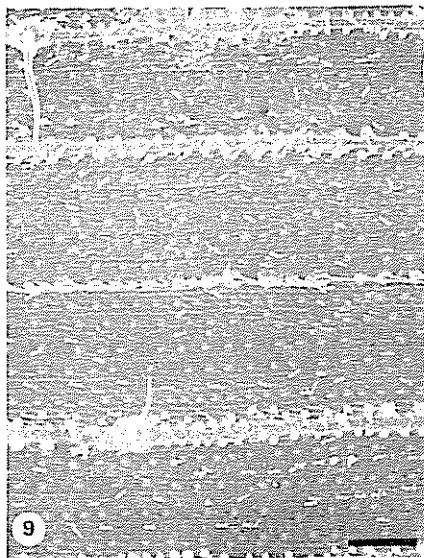
Fig. 6. De talle de una zona levemente alterada de la Fig. 5. Se señalan pequeños grupos de células hipertrofiadas (CH) y una vena (V) de apariencia normal. La línea representa 64 μm .

(Figs. 7, 8) y no ocurren en el tejido sano (Figs. 9, 10). La localización aparente de una mancha sobre una vena (Fig. 2) podría deberse a la coalescencia de dos manchas adyacentes y opuestas a una misma vena (Fig. 4). Sin embargo, éstas ocasionalmente muestran

engrosamientos anormales (Figs. 3, 4). Las hojas infectadas tienen numerosos macropelos y micropelos similares en número y distribución a los de la planta sana (Figs. 4, 5, 7, 9). Estas observaciones son válidas para todos los cultivares estudiados.



Figs 7 y 8 Lámina foliar del cv. Peruano. Se señalan múltiples lesiones debidas a la infección viral: (Fig. 7) superficie adaxial, la línea representa $372 \mu\text{m}$, (Fig. 8) superficie abaxial, la línea representa $498 \mu\text{m}$.



Figs. 9 y 10. Lámina foliar sana del cv. Peruano. Se destaca el ordenamiento y uniformidad en el tamaño y morfología del patrón de desarrollo de las células epidérmicas: (Fig. 9) superficie adaxial, la línea representa $435 \mu\text{m}$, (Fig. 10) superficie abaxial, la línea representa $320 \mu\text{m}$.

Si se examinan muestras del cv. Tico H-4, tomadas secuencialmente en la lámina de una misma hoja, puede verse un mayor número de zonas alteradas en la región proximal de la lámina. Este número disminuye en forma progresiva hacia el extremo distal.

Al comparar hojas infectadas de plantas de diversos genotipos, se encontraron diferencias en el número de áreas distorsionadas y en el tipo de alteración. Los cambios más notables se detectaron en los cvs. Amarillo Cristalino y Peruano (Figs. 3, 4, 7, 8). Al trabajar a un mayor aumento (100 a 300X) con el cv. Peruano, las áreas distorsionadas aparecen muy bien delineadas y en nivel inferior que el tejido circundante de apariencia normal (Fig. 11). Es probable que las células de dichas zonas experimenten cambios en la cutícula, ya que, al prepararse los especímenes, no fue posible lograr en éstas una cobertura adecuada con oro. Las células epidérmicas de las lesiones evidencian cambios notorios en la forma, tamaño y ordenamiento. Algunas células aparecen hipertrofiadas mientras que otras adyacentes se atrofian y presentan una apariencia comprimida en el eje longitudinal. Los estomas que en hojas sanas tienen un arreglo lineal, se hunden quedando confinados en el fondo de fisuras longitudinales (Fig. 12). Ocurre además desaparición o pérdida parcial de las ondulaciones omega de la pared celular, característica de células sanas. A diferencia de las malformaciones sufridas por el cv. Peruano, los cvs. Amarillo Cristalino y Tuxpeño muestran a

bajo aumento una mayor distorsión en la forma, tamaño y ordenamiento de las células, mientras que el relieve de la lesión es variable y de periferia indefinida (Fig. 13). A mayor aumento (Fig. 14) se aprecia que en ciertas zonas las células han experimentado tal transformación que pierden su delimitación y se aplastan. El cv. Tico H-4 y el híbrido Antioqueño X República Dominicana muestran respuesta leve a la infección ya que las áreas afectadas aparecen muy dispersas en la lámina, abarcan pocas células y el grado de distorsión es menor (Fig. 6). En estos genotipos las células exhiben alteraciones similares a las descritas para los otros cultivares. Por otra parte, se evaluó la severidad de la enfermedad determinando en las fotografías al microscopio de rastreo, el porcentaje de tejido dañado en una área de 4,3 x 3 mm. En los cultivares de reacción severa dicho porcentaje fue de 24 mientras que en los de reacción leve fue de 3%. Estos resultados son válidos para especímenes tomados de regiones de la lámina foliar cercanas a la vaina, donde los síntomas macroscópicos son más severos.

Los estomas del cv. Tico H-4, de reacción leve, únicamente experimentan una ligera reducción en el tamaño del poro. Se midieron 20 poros de hojas sanas e infectadas. El tamaño del eje mayor de la abertura estomática osciló entre 24 y 57 μm con una moda de 34 μm en hojas sanas, mientras que en el tejido infectado varió entre 18 y 38 μm con una moda de 26 μm . No se detectaron disminuciones importantes en

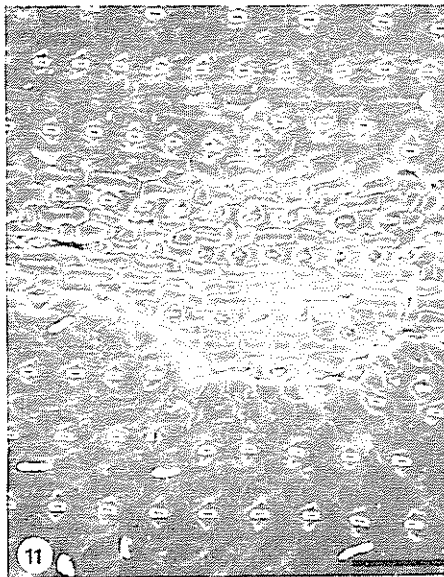


Fig. 11. Ampliación de una área distorsionada de la Fig. 4. La lesión aparece bien delineada y en nivel inferior que el tejido circundante de apariencia normal. La línea representa 178 μm .

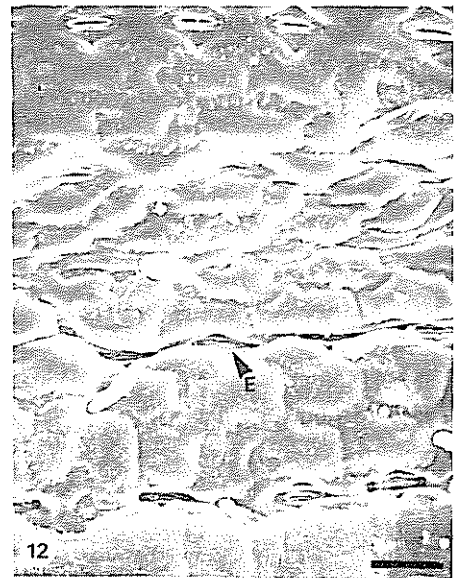


Fig. 12. Ampliación de una área de la Fig. 7. Se destacan cambios notorios en el tamaño, forma y ordenamiento de las células. Los estomas (E) quedan confinados en fisuras longitudinales. La línea representa 63 μm .

el tamaño del poro estomático ni oclusión o ausencia de estomas en este cultivar, a diferencia de lo informado por Flores (3) y Flores y Gámez (4). Por otra parte, en el cv. Tico H-4 y el híbrido Antioqueño X República Dominicana, los poros de los estomas localizados en una lesión muestran un marcado engrosamiento de los bordes internos (Fig. 15), lo cual contrasta notablemente con la apariencia del poro normal (Fig. 16). Además puede apreciarse en las áreas alteradas del cv. Amarillo Cristalino una mayor disminución en el tamaño de algunos estomas, unos se observan parcialmente colapsados, e inclusive otros no son visibles en ciertas regiones de la lesión (Fig. 14).

Discusión

Nuestros resultados evidencian que las alteraciones estructurales de la lámina foliar de plantas de maíz infectadas con el VRFM varían con el genotipo de la planta. Las manchas o estrias cloróticas no se correlacionan necesariamente en número y tamaño con las zonas alteradas, visibles al microscopio electrónico de rastreo. Fue posible establecer dicho grado de correlación al tomar fotografías, a bajo aumento, de áreas extensas de la lámina foliar y al cuantificar, por medición directa, el porcentaje total de área afectada. En los cvs. Peruano y Amarillo Cristalino los síntomas macroscópicos parecen correlacionarse con el área afectada, mientras que esto no sucede en el caso de el cv. Tico H-4 y el híbrido Antioqueño X República Dominicana. El cv. Tuxpeño ocupó una posición

intermedia entre ambos grupos. Estos resultados sugieren que las alteraciones descritas para el Tico H-4, y atribuidas a las áreas cloróticas en el estudio de Flores (3), ocurren con poca frecuencia, lo cual pareciera confirmarse en la vista panorámica de la lámina foliar publicada en ese trabajo (Fig. 2 ref. 3).

La naturaleza y el grado de distorsión morfológica difirió también con la constitución genética de la planta. Aunque en todos los cultivares estudiados las alteraciones muestran algunas características en común, tales como tamaño y forma de las células, la morfología general de las áreas afectadas si varía con el genotipo. En el presente estudio el cv. Tico H-4 (Figs. 4, 5, 7) no muestra ausencia de micropelos y macropelos, proliferación de micropelos, deformaciones severas y obliteración de los estomas, ni el tipo de crecimiento anormal descrito anteriormente por Flores (3) y Flores y Gámez (4). Nuestros resultados se basan en una extensa búsqueda de cambios ultraestructurales en diversos genotipos que incluían los empleados en los estudios anteriores (3, 4), infectados bajo las mismas condiciones ambientales y con el mismo aislamiento del virus. Se ignoran las razones por las cuales los resultados preliminares (3, 4) no pudieron ser confirmados, pero podría especularse que representan fenómenos aislados de naturaleza desconocida encontrados fortuitamente en plantas infectadas con el VRFM.

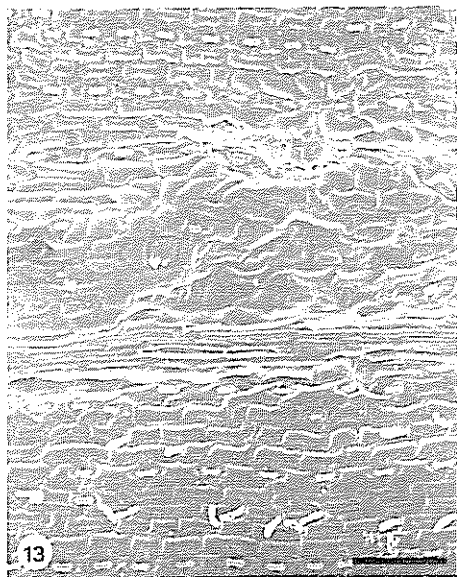


Fig. 13. Ampliación de una área alterada de la Fig. 3. Se observan severas distorsiones en la forma, tamaño y ordenamiento de las células. A diferencia de la Fig. 11 la lesión tiene relieve variable y periferia indefinida. La línea representa 186 μm .

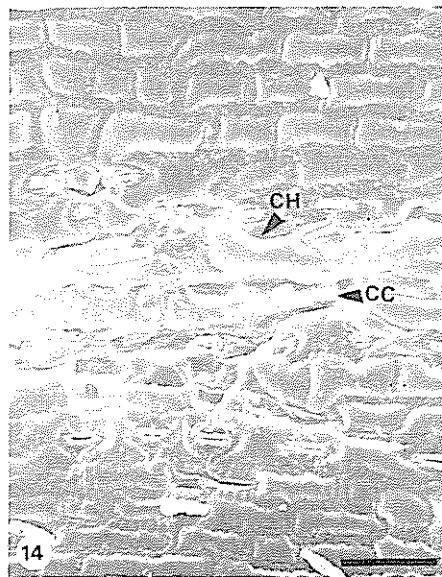


Fig. 14. Ampliación de una sección de la Fig. 3. Las células pierden su forma y delimitación, algunas sufren hipertrofia (CH) y otras se aplastan (CC). La línea representa 94 μm .

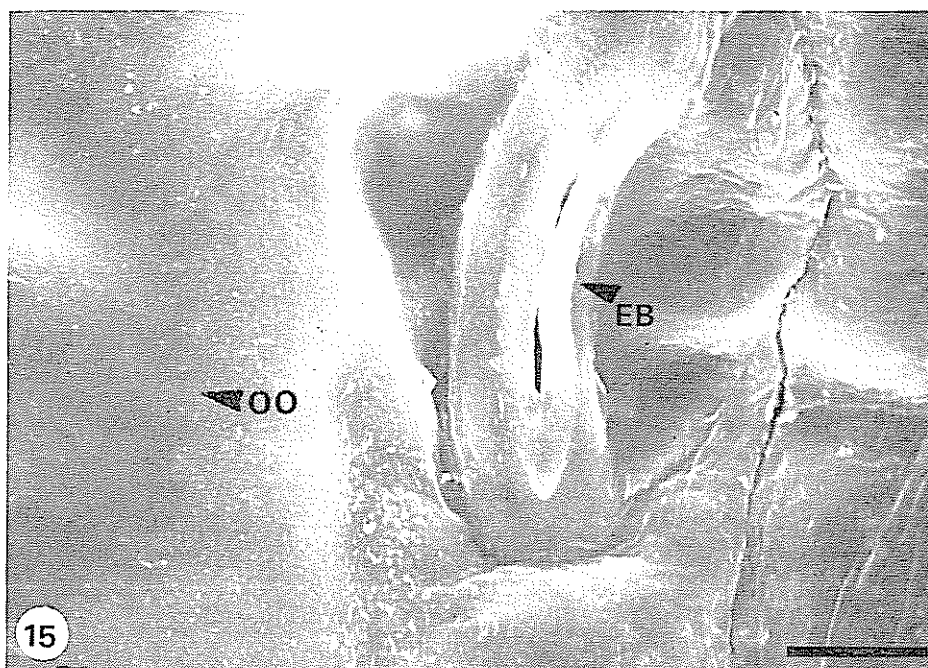


Fig. 15 Detalle de un estoma alterado de la lámina foliar del cv. Tico H-4. Ocorre engrosamiento de los bordes del poro (EB) y pérdida parcial de las ondulaciones omega (OO) de la pared de células epidérmicas vecinas. La línea representa 8,5 μ m.

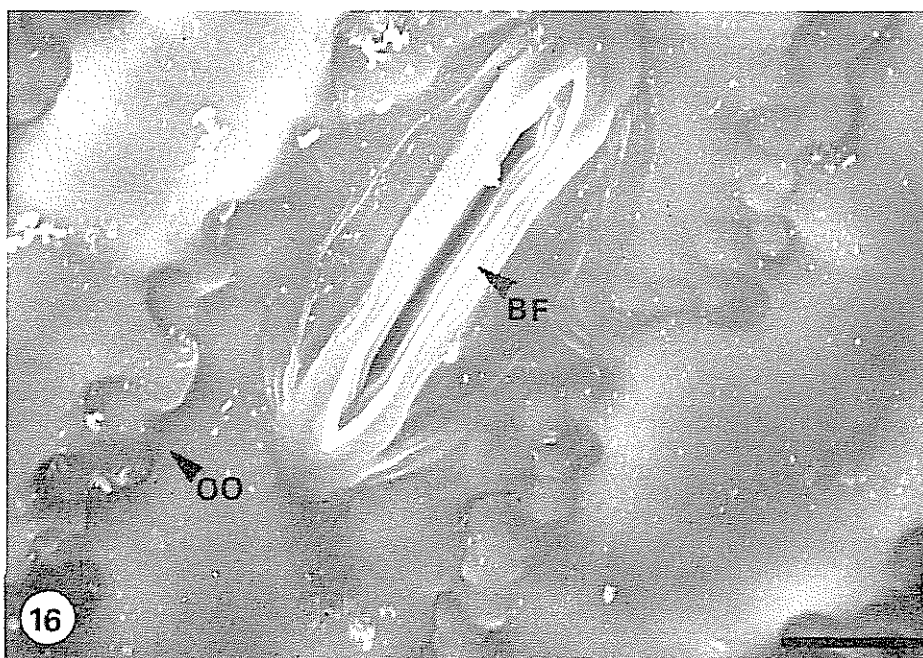


Fig. 16 Estoma de la lámina foliar sana del cv. Tico H-4. Se distinguen sus bordes finos (BF) y las ondulaciones omega (OO) de la pared celular en las células epidérmicas circundantes. La línea representa 11 μ m.

Es obvio que el virus induce desequilibrios en el crecimiento y desarrollo de algunas células epidérmicas y probablemente afecte tejidos internos de la hoja. Quizás tales alteraciones no se apreciaron en los estudios citológicos previos de Kitajima y Gámez (8) debido a que en ellos se utilizó un cultivar de maíz de racción leve, como es el Tico H-4.

Las modificaciones estructurales sufridas por los estomas son de particular interés desde el punto de vista morfológico y fisiológico. Se encontró una correlación entre el grado de alteración estomática y el genotipo de la planta. Los cultivares de reacción leve exhiben solamente ligeras reducciones en el tamaño del estoma acompañadas de engrosamientos de los bordes internos del poro. Sin embargo, los cultivares de reacción severa sufren mayores reducciones en el tamaño del estoma y un colapso provocado aparentemente por compresión de las células del tejido circundante. Al perder los estomas su capacidad normal de apertura y cierre, la planta afectada probablemente tenga dificultad de mantener un balance hídrico apropiado, afectándose el intercambio de gases y la fotosíntesis. Podría también existir una relación entre la alteración de la lámina foliar en áreas localizadas y la fisiología del crecimiento y desarrollo de la planta, que incluye clorosis localizada, marchitamiento y reducción en el tamaño de la planta, de la mazorca, del área foliar, así como del número y peso de los granos por mazorca (7, 9, 10). Nuestros resultados sugieren que esta relación se presenta en el caso del cv. Tico H-4, que al examinarse con el microscopio electrónico de rastreo muestra alteraciones leves y por otra parte se comporta como tolerante a la enfermedad bajo condiciones de campo (D. Mora y R. Gámez, información no publicada). Es necesario realizar estudios adicionales en otros cultivares para establecer si este tipo de relación se da consistentemente tanto en nivel morfológico externo como citológico.

Literatura citada

1. CHRISTIE, R. G. y EDWARDSON, J. R. Light and electron microscopy of plant virus inclusions. Florida Agricultural Experiment Stations. Monograph Series. No. 9. 1977.
2. ESAU, K. Viruses in plant hosts: Form, distribution and pathological effects. The University of Wisconsin Press. 1968. 225 p.
3. FLORES, EUGENIA M. Morphological changes of the leaf surfaces of *Zea mays* induced by rayado fino virus infection. *Revista Biología Tropical* 27(1):145-154. 1979.
4. FLORES, EUGENIA M. y GAMEZ, R. Morphological changes of the foliar lamina of *Zea mays* induced by rayado fino virus infection. In Abstracts Fourth International Congress for Virology: The Hague, The Netherlands. 1978. 270 p.
5. FLORES, EUGENIA M., ESPINOZA, ANA M. y KOZUKA, Y. Observaciones sobre la epidermis foliar de *Zea mays* L. al microscopio electrónico de rastreo. *Revista Biología Tropical* 25(1):123-135. 1977.
6. GAMEZ, R. Rayado fino virus. Commonwealth Mycological Institute/Association of Applied Biologists. Descriptions of Plant Viruses. No. 220. 1980.
7. GAMEZ, R. Rayado fino virus disease of maize in the American tropics. *Tropical Pest Management* 26(1):26-33. 1980.
8. KITAJIMA, E. W. y GAMEZ, R. Histological observations on maize leaf tissues infected with rayado fino virus. *Turrialba* 27(1):71-74. 1977.
9. MARTINEZ-LOPEZ, G. New maize virus diseases in Colombia. In Proceedings International Maize Virus Disease Colloquium and Workshop, OARDC, Wooster, Ohio, USA. pp. 20-29. 1977.
10. MORA, D. Estudios preliminares sobre la epifitología e importancia agronómica del virus del rayado fino del maíz. Tesis, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 1979. 56 p.
11. SHIKATA, E. Electron microscopic studies on plant viruses. *Journal Faculty of Agriculture Hokkaido University* 55 (Pt-1) 1966. 110 p.

Determinação ao microscópio eletrônico das dimensões das partículas do vírus da poliedrose nuclear de *Anticarsia gemmatalis* Hübner em *Bombyx mori* L.¹ /

M. G. ONGARELLI* D. M. SILVA** I. M. GATTI DE ALMEIDA*

Abstract

A nuclearpolyhedrosis in caterpillars of A. gemmatalis was transmitted to the silkworm, B. mori. This might explain the occurrence of nuclear polyhedrosis in useful insects, acquired from other insects.

An examination of the infected material by the electron microscope revealed the presence of particles of the virus (NPV), both in the nuclear polyhedra and the nucleoplasm of the midgut. Statistical analysis of length and width of the NPV particles for both B. mori and A. Gemmatalis indicated that they are wider in B. mori than in A. gemmatalis.

NPV particles in B. mori nucleoplasm were longer and wider than those found in the polyhedra.

Introdução

Uma virose afetando células de intestino médio de lagartas de *Anticarsia gemmatalis*, procedentes de Rolândia-PR, foi relatada por Gatti et al (4), tratando-se de um vírus causador de poliedrose nuclear (NPV).

Esse NPV isolado de células doentes de *A. gemmatalis* quando inoculado em lagartas de *B. mori*, procedentes de Charqueada-SP, produziu alguns sintomas característicos da poliedrose nuclear do bicho da seda (1).

A fim de investigar a ocorrência do NPV proveniente de *A. gemmatalis* em núcleos de células de intestino médio de *B. mori*, secções histológicas de material infectado foram examinadas ao microscópio eletrônico. Semelhantes secções foram realizadas com lagartas de *A. gemmatalis* também afetadas.

1 Recebido para publicação el 21 de setembro 1979. Os autores agradecem as Indústrias de Seda Rivaben S. A. de Charqueada-SP, pelas lagartas de bicho da seda gentilmente cedidas.

* Bolsista da CNEN-CENA, Caixa Postal 96, Piracicaba, SP. - Brasil.

** Professor Adjunto do Departamento de Química-ESALQ-USP e Responsável pelo Setor de Microscopia Eletrônica-CENA.

Em vista dos diversos valores apresentados na literatura para o NPV, foram medidas partículas encontradas tanto em *A. gemmatalis* como em *B. mori* e aplicados testes estatísticos para observar a influência que o hospedeiro ou condições citológicas podiam ter sobre as dimensões das partículas.

Materiais e métodos

Cristais de NPV de *A. gemmatalis* foram inoculados intrahemocelicamente em lagartas de *B. mori* no 3º estágio de desenvolvimento e quinze dias após essa inoculação apareceram os sintomas da doença.

Porções do intestino médio das lagartas infectadas foram fixadas em glutaraldeído 6,5% e tetróxido de ósmio 2%, ambos em tampão de cacodilato 0,125 M pH 7,2 a 4º C. Após a pré-coloração com acetato de uranila 2% em acetona a 75%, seguiram-se a desidratação em acetona a 90 e 100% e a inclusão em Epon 812, para a obtenção dos blocos para microtomia.

As secções ultrafinas obtidas num ultramicrotomo MT-1 Sorvall, foram coloridas com acetato de uranila a 2,5% e citrato de chumbo (10) e observadas ao microscópio eletrônico Elmiskop IA da Siemens operando a 80.000 V.

Após a obtenção das eletrofotomicrografias foram realizadas medidas de comprimento e largura das par-

tículas de vírus através de um ampliador fotográfico Focomat-II C da Leitz-Wetzlar, utilizando os negativos correspondentes.

Partículas de vírus completas encontradas em núcleos de células de intestino médio de *B. mori* foram comparadas estatisticamente com partículas encontradas em *A. gemmatalis* nas mesmas condições.

Comparam-se também o comprimento e largura das partículas de *B. mori* encontradas nos poliedros e nos respectivos nucleoplasmas.

Resultados

Das eletrofotomicrografias obtidas pôde-se observar a ocorrência de partículas de vírus tanto em poliedros nucleares (Fig. 1A) como em nucleoplasmas (Fig. 1B) de células de intestino médio de *B. mori* afetadas com NPV de *A. gemmatalis*. Essas partículas isoladas ou em feixes (9), apresentaram-se na forma de bastonetes envolvidos ou não por dupla membrana (2).

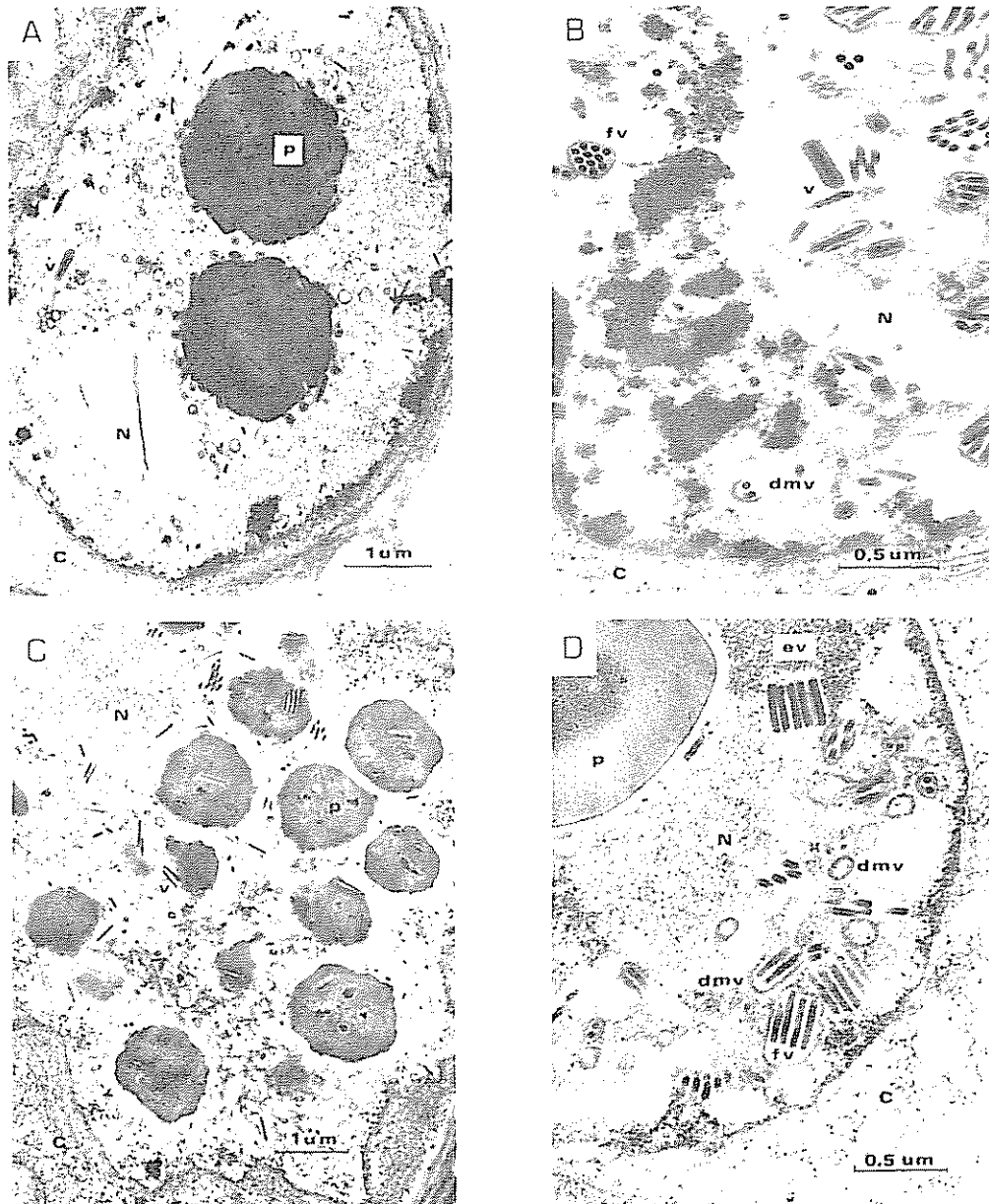


Fig. 1. Eletrofotomicrografias mostrando poliedros nucleares e partículas do NPV em *B. mori* (A, B) e em *A. gemmatalis* (C, D) p = poliedros, v = partículas de vírus, N = núcleo, C = citoplasma, dmv = dupla membrana do NPV, fv = feixes de vírus, ev = estroma virogênico.

Os dados das medidas efetuadas são encontradas nas Quadros 1 e 2.

Discussão

As análises dos testes F e de Tukey realizadas com partículas de NPV encontradas em células de intestino médio de *B. mori*, (Fig. 1A e 1B) quando comparadas com partículas do NPV encontradas em células de intestino médio de *A. gemmatalis* (Fig. 1C e 1D) mostraram não haver diferenças significativas entre os comprimentos dessas partículas tanto com dupla como sem membranas.

As análises dos testes F e de Tukey realizadas para as medidas de largura, demonstraram que as particu-

las encontradas em células de intestino médio de *B. mori*, apresentam largura maior que as encontradas em células de intestino médio de *A. gemmatalis*.

Levando-se em consideração que o NPV de *A. gemmatalis* foi o mesmo inoculado em *B. mori*, torna-se interessante considerar as prováveis causas da diferença significativa encontrada na largura da partícula, quando transmitido a outro hospedeiro.

Pelos resultados obtidos pode-se inferir que o NPV procedente de lagartas de *A. gemmatalis* é capaz de infectar lagartas de *B. mori*, e que as dimensões relativas ao comprimento e largura típicos do NPV podem depender do tecido em que se desenvolve, quer por um processo de seleção, quer por condições da célula hospedeira. Isto talvez seja o motivo pelo qual

Quadro 1. Comprimento e largura das partículas de NPV com e sem membranas encontradas em *B. mori* e *A. gemmatalis* e os resultados dos testes F e Tukey para as dimensões das mesmas nos dois hospedeiros.

Partículas		hospedeiros		F	Tukey (Δ)
		<i>B. mori</i>	<i>A. gemmatalis</i>		
Comprimento (nm)	c/membr.	356,3	339,9	1,01 ^{ns}	32,73 ^{ns}
	s/membr.	293,8	284,6	1,92 ^{ns}	13,26 ^{ns}
Largura (nm)	c/membr.	106,7	90,2	32,69**	5,81**
	s/membr.	50,4	46,1	7,64**	3,08**

ns não significativo.

** significativo a nível de 1% de probabilidade

Quadro 2. Comprimento e largura das partículas de NPV encontradas nos nucleoplasmas de *B. mori* e os respectivos resultados dos testes F e Tukey.

Partículas	nucleoplasma	poliedro	F	Tukey (Δ)
Comprimento s/membr (nm)	300,2	270,9	36,83**	9,78**
Largura s/membr (nm)	47,3	43,3	6,86*	3,09*

* significativo à nível de 5% de probabilidade

** significativo à nível de 1% de probabilidade

as dimensões do NPV apresentadas na literatura para um mesmo hospedeiro tenham sido variáveis e pode também explicar os dois tipos de partículas relatados por Khosaka et al. (7) em *B. mori*.

Bergold (3), tratando do NPV em geral, enquadra-o entre os comprimentos de 200 a 400 nm e largura variando de 20 a 50 nm. Para o NPV de *B. mori* os mesmo autor apresenta as dimensões de 330 x 85 nm enquanto Koslov e Alexeenko (8) relata os valores de 400 x 90 nm e Khosaka et al. (7) distingue dois grupos de partículas com as dimensões de 330 nm x 80 nm e 360 x 60 nm.

No presente trabalho, as médias de 40 repetições das medidas de comprimento e largura do NPV com dupla membrana foram de 356,3 x 106,7 nm; para o comprimento e largura sem membrana foram de 293,8 x 50,4 nm.

Entretanto deve ser ressaltado que partículas de NPV com dupla membrana, cujas médias no tecido de *A. gemmatalis* foram 339,9 x 90,2 nm passaram a ter 356,3 x 106,7 nm em tecido de *B. mori*. Com respeito às partículas nuas, as dimensões encontradas nos tecidos de *A. gemmatalis* foram de 284,6 x 46,1 nm e em *B. mori* 293,8 x 50,4 nm.

As análises dos testes F e de Tukey realizadas com partículas nuas de NPV, encontradas no nucleoplasma de células de *B. mori* e nos poliedros desses mesmos núcleos, revelaram que as do nucleoplasma, com 300,2 x 47,3 nm, são maiores que as dos poliedros, com 270,9 x 43,3 nm.

Uma explicação para o fato poderia ser a de que apenas partículas imaturas seriam utilizadas na formação de poliedros, apresentando assim menor tamanho quando comparadas com as encontradas no nucleoplasma. Outra possibilidade seria a de que as partículas encontradas dentro dos poliedros, estariam submetidas a pressões capazes de reduzir o tamanho das mesmas (6).

Vale lembrar ainda que o intestino médio não é o local mais comum para a replicação do NPV de insetos, mesmo quando a infecção se dá por via oral (5). Os locais mais afetados pelos vírus são as células de sangue, células gordurosas, hipoderme e epitélio da traquéia.

Do ponto de vista prático é importante observar que a transmissão do NPV proveniente de *A. gemmatalis* para *B. mori* constitui um exemplo concreto de que insetos de outras espécies podem ser reservatórios de vírus e portanto uma potencial ameaça às culturas de *B. mori*.

Resumo

A poliedrose nuclear de lagartas de *A. gemmatalis* foi transmitida para lagartas de *B. mori*, fato este que pode explicar a ocorrência de poliedrose nuclear em insetos úteis a partir de outros insetos.

O exame ao microscópio eletrônico do material infectado evidenciou a presença de partículas de vírus (NPV) tanto em poliedros nucleares com em nucleoplasma de células do intestino médio e análises estatísticas do comprimento e largura das partículas de NPV tanto em *B. mori* como em *A. gemmatalis* indicaram que a largura das mesmas em *B. mori* é maior que em *A. gemmatalis*.

As partículas de NPV no nucleoplasma de *B. mori* apresentaram largura e comprimento maiores do que as encontradas em poliedros.

Literatura citada

1. AIZAWA, K. The nature of infections caused by nuclear polyhedrosis viruses. In STEINHAUS, E. A. Insect Pathology. 2nd. New York, Academic Press, 1963. vol. 1, pp. 381-412.
2. BERGOLD, G. H. Insect viruses. Advanced Virus Research. 1:91-139. 1953.
3. BERGOLD, G. H. The nature of nuclear polyhedrosis viruses. In STEINHAUS, E. A. Insect Pathology. 2nd. New York, Academic Press, 1963. vol. 1, pp. 413-456.
4. GATTI, I. M.; D. M. SILVA; I. C. CORSO. Polyhedrosis occurrence in caterpillars of *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818) in the south of Brazil. IRCS Medical Science. 5: 163 p. 1977.
5. HARRAP, K. A.; J. S. ROBERTSON. A possible infection pathway in the development of a nuclear polyhedrosis virus. Journal of General Virology. 3:221-225. 1968.
6. HARRAP, K. A. The structure of nuclear polyhedrosis viruses. III - Virus assembly. Virology. 50:133-139. 1972.

7. KHOSAKA, T.; M. HIMENO, K. ONODERA. Separation and structure of components of nuclear polyhedrosis virus of the silkworm. *Journal of Virology*. 7(2):267-273. 1971.
8. KOZLOV, E. A.; I. P. ALEXEENKO. Electron microscope investigation of the structure of the nuclear polyhedrosis virus of the silkworm, *Bombyx mori*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 9:413-419. 1967.
9. RAGHOW, R.; T. D. C. GRACE. Studies on a nuclear polyhedrosis virus in *Bombyx mori* cells in vitro. I — Multiplications kinetics and ultrastructural studies. *Journal of Ultrastructure Research*. 47:384-399. 1974.
10. REYNOLDS, E. S. The use of the lead citrate at high pH as an electron opaque stain in electron microscopy. *Journal of Cellular Biology*. 17:208-212. 1963.

Reseña de Libros

FITZPATRICK, E. A. Soils. Their formation, classification and distribution. Longman. New York. 1980. 353 p.

Este libro viene a llenar la necesidad sentida de un texto de pedología que incluya, además de los aspectos básicos de esa ciencia, una exposición comparada de los diferentes sistemas de clasificación de suelos en boga actualmente.

La pedología, como ciencia, posiblemente nació con los trabajos de Dokuchaev, sobre los chernozem rusos, llevados a cabo a fines del siglo XIX. Hasta esa época los estudios sobre suelos se habían limitado a investigaciones sobre su fertilidad y la nutrición de

las plantas y se había omitido, casi por completo, el estudio de ellos como un fenómeno natural tomando en cuenta su composición, distribución y maneras como se han formado. El sistema ruso se usó por numerosos años en todo el mundo, con modificaciones más o menos notorias dirigidas a adaptarlo a condiciones locales. Los trabajos de Marbut en Estados Unidos son un buen ejemplo de esa acción llevada a cabo, en este caso, por uno de los más grandes pedólogos occidentales de este siglo.

Pero luego de la Segunda Guerra Mundial y del período que la siguió de amistad meliflua entre las potencias vencedoras, vino el deshielo y la guerra fría y con ella el afán de independizarse de toda sospecha de sujeción tecnológica o científica de cualquier potencia a otra; y en 1951 surgió en los Estados Unidos un nuevo sistema de clasificación que ha evolucionado a través de numerosas "aproximaciones" o ajustes (en la actualidad se utiliza ya la "séptima aproximación") hasta la forma actualmente en uso.

En adición, Kubiëna, pedólogo alemán, en 1953, y otros seis o siete científicos de diversos países (Avery, Inglaterra; Del Villar, España; Mac Vicar et al., Africa del Sur; Leeper y Northcote, Australia; FitzPatrick, Inglaterra) se sintieron animados a producir sistemas de clasificación que comenzaron por tímidos esquemas regionales, para luego transformarse en ambiciosas propuestas de carácter universal; la FAO al entrar a producir un mapa de suelos del mundo, agregó otro sistema de clasificación que más que un ordenamiento taxonómico "es una lista de unidades de suelo no agrupadas en categorías superiores a diferentes niveles de generalización". Fácil es calcular la confusión que existe en la actualidad en el campo de la clasificación de suelos, en donde, además, los conceptos básicos, inteligibles hasta mediados del siglo actual, han sido ahora envueltos en una jerga para iniciados que busca, se nos ocurre, fortalecer el esoterismo para agregarle visos de profundidad científica.

El libro que comentamos es el primero que conocemos en el cual se hace un esfuerzo serio por comparar los diferentes sistemas de clasificación de suelos que hemos mencionado, buscando similitudes, señalando diferencias, intentando compatibilizaciones y, lo que no es menos importante, criticando las debilidades e inconsistencias de cada sistema como instrumentos básicos de agrupación de los suelos del mundo.

La conclusión primera de este examen a que el autor llega es la de que han fallado los "intentos de producir sistemas jerárquicos de clasificación de suelos basados en principios de morfogenética" y que los nuevos sistemas de Northcote y el USDA "son poco más que claves incompletas y engorrosas".

La segunda conclusión es la de que se necesita un enfoque nuevo, en el cual se examinen los suelos como fenómenos separados y diferentes, a fin de establecer aquellos rasgos comunes a todos, para luego determinar cómo estos rasgos diferentes y específicos pueden usarse para construir un sistema de organización para los suelos. El primer rasgo que todos los suelos poseen es un perfil; pero como Jones lo señaló en 1959, los perfiles tienen apenas dos dimensiones, lo cual los hace inutilizables para cualquier sistema de ordenación. El segundo rasgo

común a todos los suelos es el horizonte; este existe en tres dimensiones tangibles: longitud, anchura y profundidad. El tercer rasgo común es el de que los horizontes se intergradúan lateral y verticalmente, y en el tiempo, con otros horizontes; la intergraduación lateral es, posiblemente, la más importante ya que en muchas situaciones todos los horizontes no se intergradúan lateralmente a la misma tasa. Los suelos, por lo tanto, deben organizarse a nivel de sus horizontes constituyentes y cualquier intento de hacerlo a un nivel más alto "puede ser solo "ad hoc" y falto de significado fundamental pues sacrifica las situaciones de intergraduación, cayéndose así en la omisión del continuum espacial y abandonándose el concepto de evolución del suelo".

En los últimos capítulos de la obra se presentan las clases de suelos más importantes a escala mundial, procurando comparar la nomenclatura del sistema FAO, que es el usado como base, con otros seis o siete sistemas de clasificación. Algunas de esas clases se ilustran con fotografías a colores de los perfiles típicos, lo cual agrega claridad y hace aún más valiosa esta obra para los estudiosos de la pedología. Finalmente, se examinan a espacio las relaciones de los suelos con diversos factores (espaciales; el material parental; el clima; los organismos; la topografía; el tiempo; las relaciones entre horizontes y entre propiedades).

La obra contiene tres apéndices referidos a los materiales minerales secundarios en los suelos; a las definiciones de los horizontes del suelo de acuerdo con FitzPatrick (el autor); y a las formas de suelo en Africa del Sur y sus secuencias de horizontes. Contiene también un glosario bastante amplio, una abundante lista de referencias bibliográficas y un índice analítico.

Nos atrevemos a creer que el libro que comentamos será, en un futuro muy próximo, de consulta obligada para todos los estudiantes y estudiosos de la pedología.

FERNANDO SUAREZ DE CASTRO
 INSTITUTO INTERAMERICANO DE
 CIENCIAS AGRICOLAS
 SAN JOSE, COSTA RICA

Predicción del rendimiento de maíz a través de análisis probabilísticos para una localidad dada y sus interrelaciones con el manejo¹ */

JAVIER GARCIA B,** ANTONIO TURRENT F.**

Abstract

Methods and procedures are presented to estimate the yield probability in a particular area. This is basic in crop zonification or in the agroecological characterization of areas using quantitative analyses. In the same way the inter-relationships between yield and management recommendations were included. Because of the importance of the relationships between these recommendations and climate variability, a broad spectrum of crop responses can be found for a particular recommendation. The relationships between rain probability, recommendations and crop yields must be established, in other words, the probability of success of a particular recommendation for a given area in which the climate variability is known, must be indicated. Corn yield probability was calculated as a function of varying levels of fertilization and rain; the last variable were treated as estocastic variable. The selected area was the Huejotzingo region within the Plant Puebla in México.

Precipitation records were analyzed in a monthly basis and adjusted to continuous probability distributions. These were normal, Galton and incomplete gamma. In the same way isoquanta as a function of levels of three months of rain (April, May and June) and different recommendations for pre-established yields, were calculated through the volume of the trivariate probability in a side of the surface of the isoquanta of the yield produced by the three months of rain.

Introducción

El estudio de la predicción del rendimiento y sus probabilidades de ocurrencia, se logra a través de la introducción de las componentes estocásticas (climáticas) en las funciones de producción. Los rendimientos así obtenidos y sus probabilidades, estarán referidos siempre a los niveles de manejo empleados, de tal manera que para distintos manejos, se obtendrán distintas distribuciones de frecuencia de los rendimientos a esperarse en una serie larga de años. El estudio de la predicción del rendimiento y su distribución probabilística, debe llevarse a cabo considerando las interrelaciones ambientales con el manejo y de esta manera se puede averiguar también qué probabilidades de éxito tiene una recomendación de manejo, de obtener un rendimiento establecido bajo una condición ambiental dada (clima y suelo).

En este artículo se pretende entonces estudiar, tanto la estimación y probabilidad de los rendimientos, como la selección de recomendaciones de manejo, que permitan rebasar rendimientos preestablecidos a un nivel de probabilidad aceptable para las condiciones ambientales dadas.

El ensayo tradicional de estudio de la respuesta al manejo, circunscrito a una o varias zonas, aun con matrices experimentales adecuadas, no da en realidad suficientes elementos de juicio para resolver el problema anterior y no aporta los datos primarios necesarios para poder evaluar el éxito probabilístico de una dada recomendación. Para esto último, lo cual constituye per se el fin práctico e idóneo de la investigación en aumento de la productividad a través de enmiendas, se hace necesario disponer de un conjunto de ensayos regionales o bien grupos de ensayos de punto, suficientemente distribuidos, para captar la variabilidad edáfica y climática, que permitan configurar un espacio exploratorio amplio donde poder relacionar niveles de manejo, variables de sitio y variabilidad climática a través de sus funciones de respuesta. Por lo tanto se evaluará la probabilidad

¹ Recibido para publicación el 18 de abril de 1980.

* Trabajo presentado a la XI Reunión de ALCA. Acapulco, México. 1979.

** Colegio de Postgraduados. Chapingo, México

de éxito de determinados niveles de manejo y la predicción del rendimiento, teniendo como base una función de respuesta empírica obtenida experimentalmente a partir de ensayos pertenecientes al Plan Puebla en México.

Antecedentes

La investigación agrícola tradicional, generalmente no toma en cuenta las interrelaciones clima-suelo-manejo en el estudio de la respuesta al rendimiento. Por lo tanto, las recomendaciones de manejo se dan tradicionalmente en fórmulas "rígidas". En la revisión bibliográfica se encuentran muy pocos trabajos dirigidos al cálculo de las probabilidades de éxito de un determinado nivel de fertilización. En México se destaca el de Laird y Rodríguez (7). Estos autores al estudiar la fertilización del maíz de temporal en regiones de Guanajuato, Michoacán y Jalisco, consideraron importante estudiar funciones de respuesta a nitrógeno correspondientes a diferentes índices de sequía. Señalaron la reducción del rendimiento correspondiente a índices de sequía para los niveles de 0,40 y 80 kg/ha de fertilización nitrogenada y asimismo establecieron una familia de funciones de respuesta a nitrógeno y sus probabilidades.

Un trabajo importante sobre temas relacionados es el de Janvry en Argentina (2). En él se estudia como punto principal el análisis económico de la fertilización en determinadas regiones argentinas, se realizan estudios probabilísticos de la lluvia y humedad del suelo y se calculan las probabilidades de obtener niveles de productividad media y marginal del nitrógeno aplicado.

En la Rama de Suelos del Colegio de Postgraduados, se llevaron a cabo en los últimos años, una serie de estudios tendientes a generar tecnologías para agricultura de temporal. De estos trabajos pueden extraerse una serie de funciones empíricas de producción donde están relacionadas variables de sitio, niveles de fertilización y variables climáticas (1) (3) (4) (11) (12). De las anteriores funciones de producción la presentada por Volke (12) es la más completa al interrelacionar mayor número de variables para explicar la respuesta del cultivo.

Materiales y métodos

Características del Area

El área seleccionada para el estudio fue la correspondiente a la localidad de Huejotzingo, estado de Puebla, cuyas características climáticas y edáficas se indican a continuación:

Lat.	19° 09' N.	Temperatura mín. media	7,0°C
Long.	98° 24' 0.	Precipitación anual	839 mm
Altura promedio	2291 msnm	Precipitación en el ciclo:	
		Mayo - Sept.	715 mm
Temperatura máx. media	23,4°C	Junio - Oct.	725 mm

Se presentan en general suelos profundos y pumíticos del volcán Popocatepetl, con texturas predominantes de migajón-arenoso a arenosas. Una propiedad importante de estos suelos es su capacidad para conservar la humedad del ciclo anterior cuando se les somete a prácticas de manejo adecuadas; por ésta razón son sembrados antes del inicio de la época lluviosa, generalmente en abril.

Función de Producción

La función de producción empleada fue la ecuación empírica generalizada calculada por Volke (12) para una región amplia del Plan Puebla en México, en que se localiza Huejotzingo. Dicha función final consta de 29 términos y presenta un coeficiente de determinación del 72,2% ($R^2 = 0,722$).

$$R = f(N, F, D, n, \dots, P_A, P_M, P_J)$$

El número de factores que intervienen en la función son 18; de los 29 términos o variables de la función, 9 interaccionan con alguno de los 3 factores climáticos (estocásticos) empleados (P_A , P_M , y P_J) que se refieren a la precipitación total de los meses de abril, mayo y junio respectivamente.

En la función de producción anterior fueron sustituidos los factores de sitio por sus valores promedios para la localidad, con lo cual la nueva función de producción reajustada tiene la forma:

$$R = f(N, F, D, P_A, P_M, P_J)$$

donde:

R	=	Rendimiento del maíz en kg/ha
N	=	Nitrógeno aplicado en kg/ha
D	=	Número de plantas en miles/ha
F	=	fósforo aplicado en kg/ha
P_A	=	lluvia del mes de abril en mm/10
P_M	=	lluvia del mes de mayo en mm/10
P_J	=	lluvia del mes de junio en mm/10

Niveles y rendimientos seleccionados

Los niveles de tratamientos seleccionados son aquéllos que pertenecen a un factorial 4^3 para los factores, N, F y D y los niveles siguientes:

N	60	90	120	150
F	0	20	40	60
D	30	40	50	60

Lo cual origina 64 distintos grados de tecnología por aplicar.

De acuerdo a la función de producción donde se interrelacionan los niveles de manejo, la lluvia y el rendimiento, al sustituir los valores mínimos y óptimos probables de lluvia a esperar, puede calcularse el espacio de exploración de ocurrencia de los rendimientos probables para cada una de las 64 tecnologías. El intervalo considerado fue de 250 kg. Para las tecnologías más bajas y altas, respectivamente se encontró que:

Con 60 - 0 - 30 y deficiente temporal = 1000 kg/ha
Con 150 - 60 - 60 y adecuado temporal = 6500 kg/ha

es decir, que para la más baja tecnología y precipitación deficiente pueden obtenerse al menos 1000 kg/ha y para la tecnología más alta y adecuadas precipitaciones puede llegar el rendimiento a 6500 kg/ha; luego tales niveles fueron los extremos seleccionados del espacio de exploración para el rendimiento:

1000, 1250, 1500, ... 6250, 6500. kg/ha

Ecuaciones de los Isocuantos

Las variables estocásticas en juego, como se indicaba anteriormente, son las lluvias de abril, mayo y junio. Un isocuento sería la línea o superficie, en este caso, donde para cualquier combinación de ocurrencia de las tres precipitaciones se obtuviera un mismo rendimiento prefijado. Las ecuaciones de los isocuantos para las 64 tecnologías y los rendimientos indicados anteriormente, se calculan sustituyendo en la función de producción final, los distintos niveles de tecnología y empleando como variable dependiente una de las variables estocásticas:

$$P_J = f(R, P_A, P_M)$$

Para un rendimiento R_i dado, cualquier combinación de las variables estocásticas que iguale la relación:

$$P_J = f(P_A, P_M)$$

producirá un rendimiento R_i , luego la anterior es la ecuación del isocuento para una tecnología y rendimiento dados y que tendrá una configuración tridimensional.

Distribuciones de probabilidad continua

Las distribuciones de probabilidad continua a las cuales fueron ajustados los datos de precipitación fueron: normal, Galton y gamma incompleta truncada. Todas ampliamente divulgadas. En este caso se empleó un programa de computadora realizado por León Z. (8), en el Colegio de Postgraduados.

Cálculo de las probabilidades de obtener determinados rendimientos para una recomendación dada.

El nivel de probabilidad de exceder un rendimiento prefijado es la integral en el espacio de probabilidad a un lado del isocuento de las probabilidades conjuntas de P_J, P_M y P_A .

Al disponer del conocimiento de la frecuencia acumulativa de las variables estocásticas se puede obtener la frecuencia de ocurrencia de un nivel prefijado de rendimiento, la cual teóricamente se escribe:

$$P(R \geq R_i) = \int_{P_A=0}^{\infty} \int_{P_M=0}^{\infty} \int_{P_J=0}^{\infty} f(P_A) \dots \\ \dots f(P_M) f(P_J) dP_A dP_M dP_J$$

La integración se efectuó por un algoritmo, donde el volumen de probabilidad conjunta de las tres variables, se obtiene por sumatoria de sucesivas multiplicaciones de la probabilidad conjunta de dos de ellas por el intervalo correspondiente a la tercera.

Los valores extremos en la integración de límites de la misma fueron aquellas cantidades de lluvia correspondientes a un período de retorno de 100 años (Probabilidad = 0,99 ó 0,01).

Relaciones entre probabilidades, rendimientos y manejos, a través de regresiones múltiples

Al conocerse por el procedimiento metodológico anterior, las probabilidades de obtener rendimientos prefijados para recomendaciones dadas, se pretende, luego, efectuar la relación entre ellos por medio de regresiones múltiples y obtener la función general:

$$\text{Prob} = f(R, N, F, D)$$

donde Prob = probabilidad de obtener un rendimiento (R) dado, para un manejo (N, F, D) también dado.

Los anteriores son los factores primarios, de los cuales se crearán variables secundarias que son combinaciones de los primeros y que se ajustan a la forma de distribución de la variable dependiente. Para lo anterior es conveniente graficar los valores de probabilidad de obtener un rendimiento \underline{vs} ese rendimiento para distintas combinaciones de N, F y D.

Para la relación entre Prob y R se eligió un polinomio de tercer grado:

$$\text{Prob} = f(R, R^2, R^3)$$

Para la explicación del impacto de los distintos niveles de N, F y D a través del rendimiento en la probabilidad de éxito, se usó un modelo completo de segundo grado. Es decir, las componentes lineales, cuadráticas y cúbicas de R en la ecuación anterior, así como el término independiente, están afectadas por los valores de N, F y D, los cuales entran a formar parte de la ecuación teórica general como un modelo de segundo grado. Lo anterior genera 36 variables a las cuales se le añadieron las que integran el polinomio básico de tercer grado:

$$\begin{array}{l} R, R^2, R^3 \\ (N, F, D, N^2, F^2, D^2, NF, ND, DF) \\ R (N, F, D, N^2, F^2, D^2, NF, ND, DF) \\ R^2 (N, F, D, N^2, F^2, D^2, NF, ND, DF) \\ R^3 (N, F, D, N^2, F^2, D^2, NF, ND, DF) \end{array}$$

que conformarán el cuadro total de variables a considerar y a someter a eliminación.

Selección de variables

De las 39 variables anteriores muchas no tendrán un suficiente poder predictivo para ser consideradas como tales. Con objeto de seleccionar aquellas variables que mejor contribuyen con la estimación de la probabilidad, se aplicó el procedimiento "Stepwise" o técnicas de selección de variables, de estas la de mayor incremento del r^2 fue la elegida. Esta técnica está contenida en el paquete científico, Sistema de Análisis Estadístico (S.A.S.) (10).

Límites prácticos de las distribuciones

La probabilidad conjunta de ocurrencia indicada por la integral triple anterior presenta límites teóricos entre 0 y ∞ (o entre $-\infty$ y $+\infty$ dependiendo de la función empleada). Con objeto de ajustarse a la realidad fueron seleccionados como límites los períodos de retorno de 100 años.

El período de retorno se calcula generalmente como el inverso de la frecuencia empírica. Esta frecuencia empírica acumulada de $F(X)$ comprendida entre $\frac{m}{n}$ y $\frac{m-1}{n}$, cuando los valores X_i son dispuestos en orden creciente, es igual a $\frac{m}{n+1}$ pero otras

aproximaciones son posibles, como las de Alekseev $\frac{m-0,25}{n+0,50}$, Chegodayev $\frac{m-0,3}{n+0,4}$ etc. (13); donde $n =$ número de observaciones y $m =$ lugar que ocupa el valor X_i en una serie ordenada crecientemente.

El período de retorno se calcula como:

$$T(X) = \frac{1}{1 - F(X)}$$

donde para una probabilidad no superior al 0,99 (99%), corresponde un valor de $T(X) = 100$ años.

Resultados y Discusión

Ecuaciones de los isocuantos

Un ejemplo de ecuaciones de los isocuantos se puede observar en el Cuadro 1, en que aquellas presentan una configuración tridimensional ya que son función en este caso de tres variables.

En la Figura 1 se presentan como ejemplo algunos isocuantos bidimensionales para 3000 kg/ha de rendimientos y la tecnología (120 - 20 - 40).

Estos isocuantos representan tres cortes en la superficie tridimensional a las alturas $P_M = 0,60$ y 120 mm.

P_J y P_M están afectadas en la ecuación por coeficientes de un fácil manejo, por lo tanto, cualquiera de esas variables pudiera escogerse como dependiente (eje y). Se seleccionó P_J debido a que como se indicará más adelante, tuvo un mejor ajuste a una distribución normal al igual que P_A sin embargo la variable P_M se ajustó a una distribución gamma incompleta. De esta manera la pareja P_J, P_A y su probabilidad de ocurrencia conjunta puede interpretarse a través del cálculo de una normal bivariada. Por su complejidad de forma P_A que tiene efectos lineales, cuadráticos y de raíz cuadrada sobre el rendimiento, debe considerarse como variable independiente para facilitar su manejo (eje X).

Distribuciones de probabilidad conjunta de mejor ajuste.

Las precipitaciones de los tres meses se ajustaron a funciones gamma incompletas truncadas y norma-

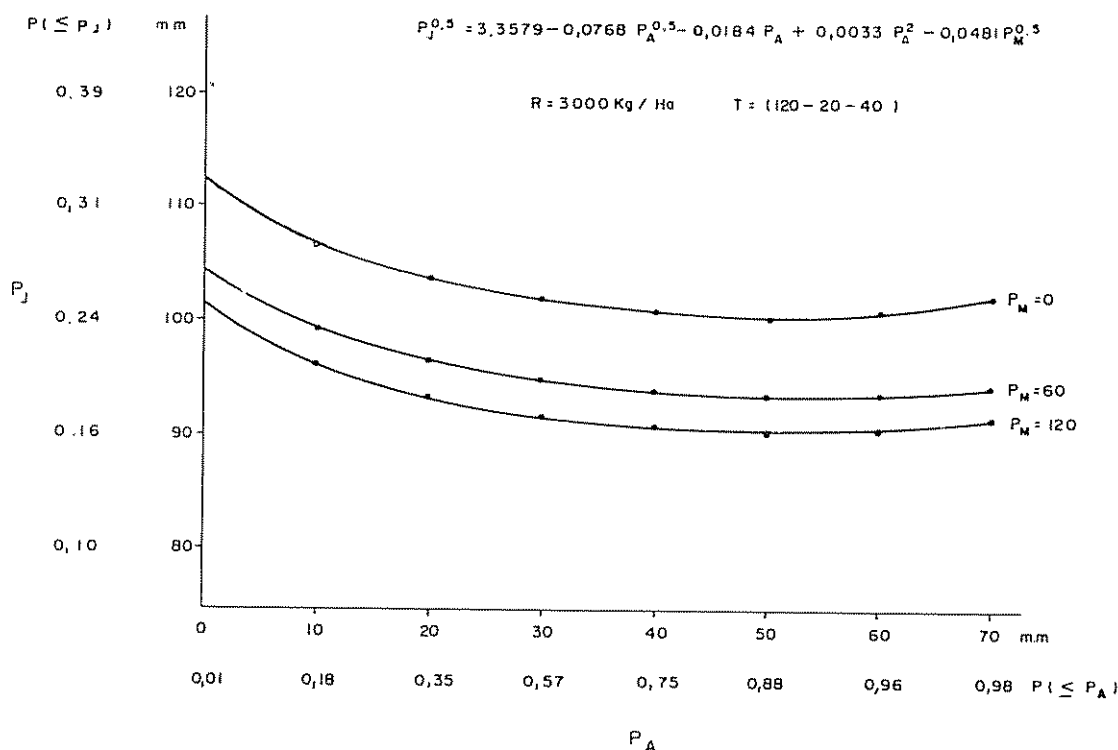


Fig. 1. Isocuantos bidimensionales o cortes en el isocuento tridimensional en los puntos $P_M = 0,60$ y 120 . Cualquier combinación conjunta produce 3000 kg/ha para la recomendación $(120-20-40)$.

les efectuándose la comparación en este caso, por ser las muestras suficientemente grandes, por medio del test de Pearson. Para lo cual la amplitud de las observaciones se divide en k intervalos de clase mutuamente excluyentes. A cada intervalo de clase le corresponde una frecuencia observada y una esperada, calculadas en base a la muestra y a la distribución ajustada respectivamente. Los valores de χ^2 obtenidos son:

P_A	P_M	P_J	
Gamma 32	16	24	
Normal 20	20	13	$\chi^2 = \frac{(O - E)^2}{E}$

$n = 26, GL = n-3 = 23$

el valor $\chi^2_{0,05} = 25,0$, luego ambos modelos son

Cuadro 1: Ejemplo de ecuaciones de isocuantos generados para una dada recomendación de manejo y rendimientos prefijados, en función de las tres variables estocásticas.

(150 - 60 - 40)	$P_J^{0,5} = (0,0013 R_i - 1,2281) - 0,0593 P_A^{0,5} - 0,0177 P_A + 0,0032 P_M^2 - 0,04664 P_M^{0,5}$
*(130 - 40 - 40)	$P_J^{0,5} = (0,0015 R_i - 1,5689) - 0,0694 P_A^{0,5} - 0,0179 P_A + 0,0032 P_M^2 - 0,0471 P_M^{0,5}$
(120 - 20 - 40)	$P_J^{0,5} = (0,0017 R_i - 1,7699) - 0,0768 P_A^{0,5} - 0,0184 P_A + 0,0033 P_M^2 - 0,0481 P_M^{0,5}$
*(100 - 0 - 40)	$P_J^{0,5} = (0,0021 R_i - 2,09) - 0,0946 P_A^{0,5} - 0,0188 P_A + 0,0034 P_M^2 - 0,0493 P_M^{0,5}$
*(80 - 0 - 40)	$P_J^{0,5} = (0,0026 R_i - 2,4284) - 0,1183 P_A^{0,5} - 0,0188 P_A + 0,0034 P_M^2 - 0,0494 P_M^{0,5}$
(60 - 0 - 40)	$P_J^{0,5} = (0,0035 R_i - 2,8445) - 0,1578 P_A^{0,5} - 0,0188 P_A + 0,0034 P_M^2 - 0,0494 P_M^{0,5}$

* Recomendaciones estudiadas preliminarmente y no presentadas en este artículo (6).

capaces de representar la distribución real, no obstante la normal presenta mejores ajustes en abril y en junio. Solamente gamma en abril no presenta buen ajuste.

Los parámetros de la forma para la distribución gamma fueron:

P_A	P_M	P_J
α 2,12	3,45	6,66

A medida que el parámetro de forma es superior, la distribución tiende hacia la simetría; por lo tanto, no resulta extraño que una distribución normal se ajuste bien en julio. El mejor ajuste de mayo (y no abril) a la función gamma, en comparación a la normal, es más inesperado. En la Fig. 2 se muestran las representaciones gráficas de las frecuencias empíricas y las distribuciones normal y gamma para los tres meses en estudio; puede observarse un buen ajuste en ambas. En el mes de abril se detecta un mejor ajuste de la normal en casi toda la distribución excepto en una cola, lo cual se debe al truncamiento ya que $F(0) \neq 0$.

Los parámetros de la normal para los tres meses son:

	P_A	P_M	P_J
\bar{X} (mm)	27	67	146
σ (mm)	19	36	59

Los dos meses que presentaron mejor distribución normal fueron ajustados a una distribución de Galton y comparadas ambas distribuciones por la prueba de Shapiro y Wilk (9), la cual se considera de potencia para medir el grado de propiedad con que el modelo se ajusta a la distribución real, en el caso de normalidad.

Los valores del estadístico W de Shapiro y Wilk tuvieron los siguientes valores:

	P_A	P_J
Normal	0,934 (ns 0,10)	0,922 (ns 0,05)
Galton	0,790 (s 0,01)	0,9755 (ns 0,50)

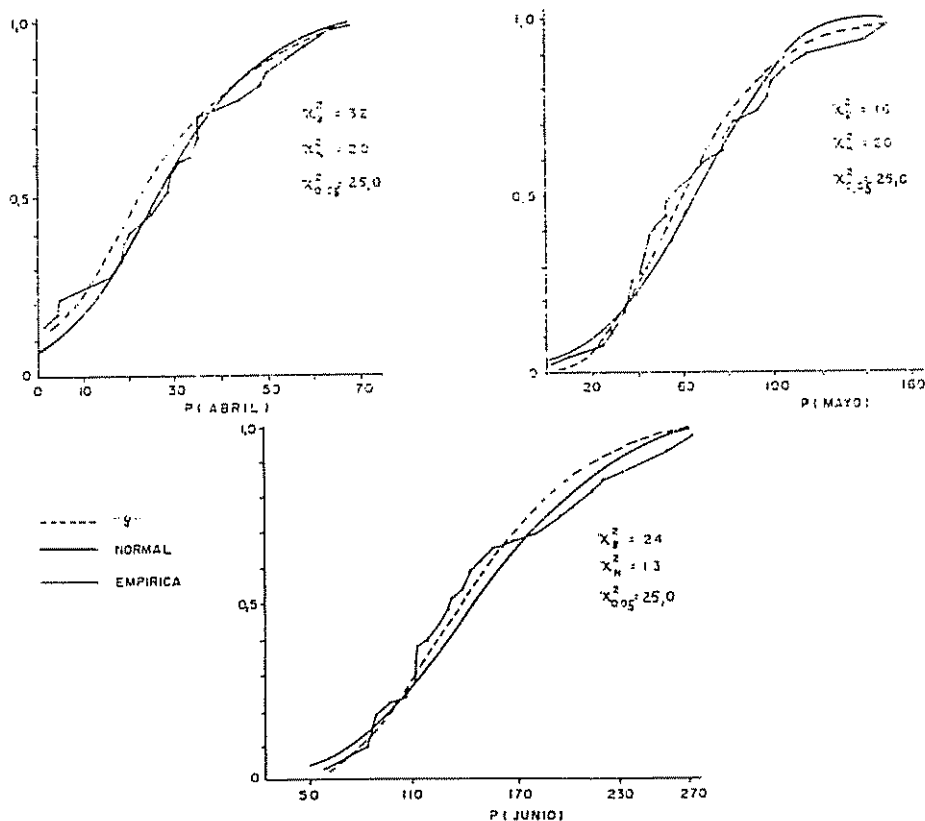


Fig. 2. Funciones empíricas observadas y ajustadas para las distribuciones normal y gamma.

ns = no significativo, indica normalidad al nivel indicado, un nivel de 0,05 puede considerarse aceptable; a mayor nivel mayor consistencia con la normal.

s = significativo, indica no normalidad.

De lo anterior podemos ver cómo la lluvia en junio mejora su ajuste al trabajar con la transformación de Galton. El valor de la transformada z fue:

$$z = 5,91 \log x - 12,59 \quad x = \text{lluvia en mm}$$

no ocurre lo mismo con abril, ya que su distribución se ajusta mejor a la normal. Los límites de las distribuciones se calcularon en base a un período de retorno de 100 años, el cual equivale a las probabilidades teóricas de 0,99 y 0,01. Los periodos de retorno fueron:

Prob	P _A	P _M	P _J	
0,99	71	160	343	(mm)
0,01	0	9	53	

Probabilidades de obtener determinados rendimientos para una recomendación dada

Para el cálculo de las probabilidades de ocurrencia conjunta de distintos niveles de las tres variables estocásticas, puede considerarse que existe, o no, una relación de dependencia entre ellas; es decir que la precipitación de un mes está, o no, relacionada con la precipitación del mes anterior.

La matriz de correlación entre variables se ve así:

	P _A	P _M	P _J	
P _A	1,00			r = 0,218, t = 1,094
P _M	0,218	1,00		r = 0,036, t = 0,176
P _J	0,036	0,329	1,00	r = 0,329, t = 1,706 t _(0,05) = 2,064

En la Figura 3 se observa gráficamente la independencia entre parejas de variables. Los coeficientes de correlación no son significativamente diferentes de r = 0, al realizar la prueba correspondiente de diferencias entre coeficientes de correlación. Asimismo, como prueba, se realizó el cálculo de la probabilidad conjunta para una pareja de variables a través de una normal bivariada con las alternativas r = 0 y r = 0,329 en un isocuanto, obteniéndose una diferencia de 4% de probabilidad. De lo anterior puede suponerse en un sentido práctico que las variables son totalmente

independientes, lo cual facilita el cálculo de las probabilidades trivariadas.

Considerando la independencia entre variables, la probabilidad conjunta de varios eventos será el producto de sus respectivas probabilidades:

$$P(P_A \geq P_{Ai}; P_J \geq P_{Ji}; P_M \geq P_{Mi}) = P(P_A \geq P_{Ai}) \times P(P_J \geq P_{Ji}) \times P(P_M \geq P_{Mi})$$

Es decir, que la probabilidad de que un valor de lluvia de abril, mayo y junio sean superiores a ciertos valores prefijados (P_{Ai}, P_{Ji}, P_{Mi}) es igual al producto de sus respectivas probabilidades individuales.

La probabilidad conjunta se realizó en dos partes:

1) Cálculo de la integral (solución numérica)

$$P(R \geq R_i) = \int_{P_A=0}^{\infty} \int_{P_J=f(P_A)}^{\infty} f(P_A) f(P_J) dP_A dP_J$$

La cual corresponde a un isocuanto definido por P_A y P_J para un valor fijo de P_M.

El espacio de exploración de P_A se fijó entre 0 y 75 milímetros y se dividió dicho espacio en 16 puntos (0, 0,5, 1,0, ..., 7,0, 7,5). Los valores de lluvia están codificados en la ecuación original en mm/10. Estos 16 puntos exploratorios de P_A originaron 16 respectivos valores de P_J que conforman los puntos en el espacio (P_A, P_J) a partir de los cuales se calcularon las probabilidades como cuantificación del espacio a un lado del isocuanto.

2) El espacio exploratorio de mayo se dividió en 15 puntos (9, 9,5, 10, ..., 15,5, 16), los cuales sustituyéndolos en las ecuaciones principales originan 15 isocuantos o funciones P_J = f(P_A). La sumatoria del producto de las probabilidades conjuntas a un lado del isocuanto definido por cada isocuanto anterior, por la probabilidad del intervalo de P_M correspondiente, (16-15,5, 15,5-15, ..., 9,5-9) define la probabilidad conjunta o volumen definido por las tres precipitaciones. Lo anterior equivale a la solución numérica de la integral triple indicada anteriormente.

El número de combinaciones trivariadas de las precipitaciones en este caso logradas fue de 16 x 16 x 15 = 3840 que equivale a una simulación de la lluvia de 3840 años. La experiencia lograda por simulaciones estocásticas de la lluvia a niveles mensuales, indican que generalmente es suficiente simular poblacio-

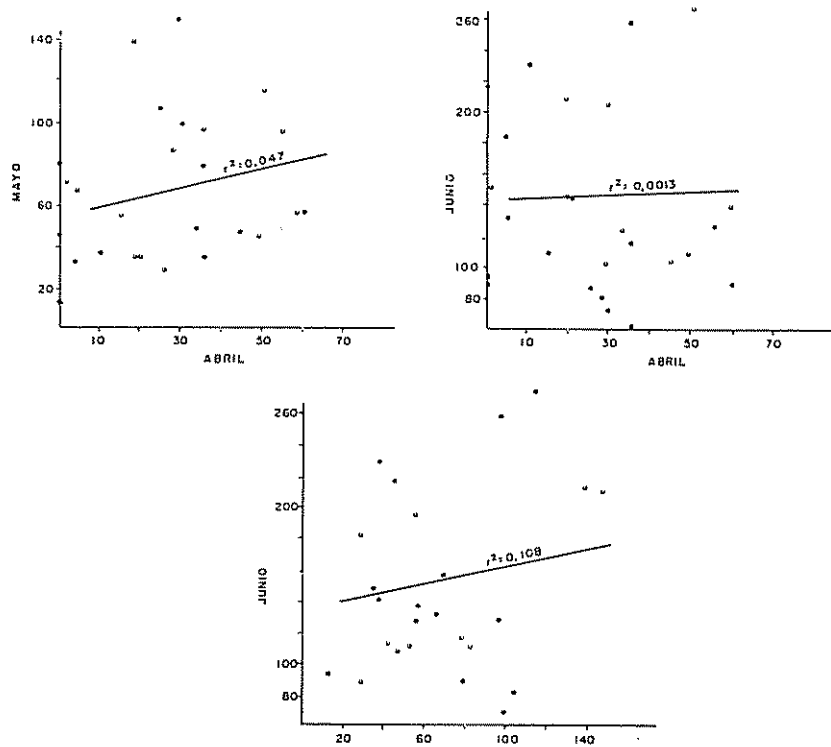


Fig. 3. Gráficas que muestran la independencia entre las precipitaciones de los meses estudiados.

nes de menor longitud. En el caso de encontrar cierta dependencia entre variables, una cadena markoviana de 1er orden suele ser suficiente para lograr la simulación de las combinaciones de la lluvia. Un modelo de simulación de la forma:

$$P_i = b_0 + b_1 P_{i-1} + z \sigma \sqrt{1 - r^2}$$

da frecuentemente resultados aceptables (5). El modelo anterior consta de una componente determinística y otra aleatoria. P_i es la precipitación de un mes cualquiera que está afectado por una relación determinística polinomial de 1er grado con el mes anterior P_{i-1} ; la componente aleatoria la integran, σ = desviación típica, z = variable aleatoria tomada de la distribución normal, r = coeficiente de correlación. De existir duda si una componente cíclica afectara la simulación, es decir si existiese también alguna relación determinística del tipo $P_i = f(A \text{ sen } \theta_i)$, (A = amplitud, θ = período), para simplificar el procedimiento y no realizar comprobaciones laboriosas, puede observarse, al efectuar el cálculo de la regresión entre cualquier pareja de precipitaciones P_i y P_{i-1} , con el paquete científico S.A.S. (sistema de análisis estadísticos), el coeficiente de Durbin-Watson, el cual ex-

presa si los errores ϵ son aleatorios o están relacionados en el tiempo, es decir si existe la posibilidad de una relación cíclica entre las precipitaciones. Si este coeficiente está cerca del valor de 2, hay evidencia entonces de que los errores ϵ son aleatorios y por lo tanto la componente autorregresiva ($b_0 + b_1 P_{i-1}$) es suficiente para ajustar la parte determinística de la simulación estocástica.

Una vez efectuada la simulación de las combinaciones de las precipitaciones o años, éstas pueden ser sustituidas en la función de producción sistemáticamente, logrando para una recomendación prefijada la distribución probabilística de los rendimientos. El procedimiento se repetiría para distintos manejos y los resultados serían equivalentes a los obtenidos aquí, por el procedimiento empleado, el cual se eligió por su mayor exahustividad metodológica.

En el Cuadro 2 pueden observarse las probabilidades de éxito de obtener un determinado nivel de rendimiento o mayor para algunas de las 64 recomendaciones. Así por ejemplo para la recomendación más alta (150 - 60 - 60) el dominio exploratorio del rendimiento está entre 3000 y 6250 kg/ha, siendo las probabilidades de obtener ese rendimiento, o mayor, aproximadamente del 100 y 0% respectivamente.

Cuadro 2: Probabilidades de éxito de obtener un rendimiento dado para algunos de los 64 tratamientos.

		RENDIMIENTOS EN kg/ha																						
N	P	D	250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	4250	4500	4750	5000	5250	5500	5750	6000	6250	
60	0	31	100	74,33	26,36	3,86	0,0																	
60	0	40	100	80,89	40,55	4,30	1,13	0,0																
60	0	50	100	84,62	54,63	19,32	4,22	0,0																
60	0	60	100	69,50	31,02	5,39	0,74	0,0																
90	20	40			100	89,71	75,85	48,53	22,62	...	2,41	0,0												
90	20	50				100,00	80,35	59,31	33,97	15,31	5,70	1,96	0,0											
90	20	60				100,00	88,13	67,37	44,44	24,07	8,12	4,33	0,5	0,0										
120	20	40					100,00	91,53	79,59	61,62	39,69	21,19	5,54	4,06	1,61	0,0								
120	20	50						100,00	88,48	69,24	50,07	31,46	17,21	-	3,83	1,69	0,0							
120	20	60						100,00	88,33	74,55	58,70	41,17	25,74	14,34	-	3,67	1,04	0,0						
150	60	40							100,00	90,68	80,03	67,30	50,61	34,36	20,90	11,78	6,09	3,02	1,57	0,0				
150	60	50								100,00	88,10	74,22	58,63	40,26	27,15	17,14	10,89	4,19	3,28	1,01	0,0			
150	60	60								100,00	89,02	77,83	65,68	52,22	38,93	27,03	17,58	7,43	5,72	3,70	2,05	0,04	0,0	

De estar interesados por ejemplo en obtener un rendimiento asegurado de 2000 kg/ha aproximadamente, en función de la tecnología y la variabilidad climática, se buscará:

$$P(R > R_i) = 100\%, \quad R_i = 2000 \text{ kg/ha}$$

en el Cuadro 2, encontramos que las tecnologías (90 - 20 - 50), (90 - 20 - 60) y otras cumplen esa condición prácticamente garantizando 2000 kg/ha en las condiciones de peor temporal (precipitaciones). De la misma manera la tecnología más baja (60 - 0 - 30), prácticamente garantiza 1250 kg/ha de rendimiento, sin embargo, sólo tenemos una probabilidad del 3,86% de obtener un rendimiento igual o superior a 2000 kg.

En la Figura 4 se muestra la graficación de valores del Cuadro 2 para algunos tratamientos seleccionados; puede observarse también que los sigmoides de la misma gráfica no son regulares en ambas colas, esto se debe a que las funciones continuas de probabilidades ajustadas no son exclusivamente Gaussianas. Los sigmoides están afectados por las tres funciones: normal, Galton y gamma incompleta, y serán disimétricos. Las probabilidades por lo tanto en ambas colas para el mismo intervalo de rendimiento son diferentes, indicándonos que las precipitaciones que causan mejores rendimientos tienen menor probabilidad de ocurrencia que aquéllas que causan rendimientos bajos.

Relaciones entre probabilidades, rendimientos y manejos a través de regresiones múltiples.

De la Figura 4 donde se observan gráficas de Prob vs R, para varios tratamientos se puede extraer:

- Las curvas de probabilidad pueden ajustarse en función de R con polinomios de 3er grado.
- El efecto del nitrógeno es considerablemente mayor que el del fósforo.
- Las curvas correspondientes a distintos tratamientos de F fijando N y D corren paralelas.
- A medida que la dosis de N es mayor las curvas de probabilidad se "inclinan", debido al efecto de interacciones.
- Los efectos de D son superiores a los de F e inferiores de N. Las curvas para distintos valores de D dan evidencia de interacciones al no correr paralelas.

En el Cuadro 3 se presentan las variables que tienen un mayor valor predictivo. Si se toma como selectores del mejor modelo tanto al coeficiente de determinación (R^2), como al valor de F se encuentra que un modelo de 8 variables es el más adecuado. ($R^2 = 0,966$ F = 1897,6). Siendo estas variables R, R^3 , $R \times D^2$, $R^3 \times N$, $R^3 \times D^2$, N, F y N^2 .

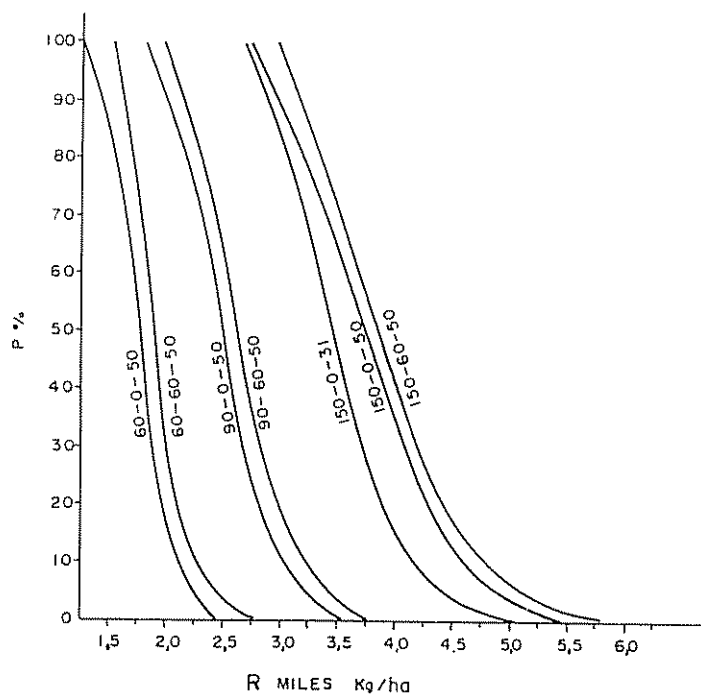


Fig. 4. Probabilidades de obtener distintos rendimientos para algunos tratamientos.

Cuadro 3: Variables que conforman los modelos de mayor valor predictivo de las probabilidades de obtener rendimientos dados para un manejo dado.

VARIABLES	R ²	F
R	0,393	345,6
R N	0,769	885,1
R R ³ N	0,843	955,3
R R ³ R ³ xN ² N	0,921	1560,7
R R ³ R ³ xN ² N Nx D	0,947	1893,7
R R ³ Rx Nx D R ³ x D ² N Nx D	0,952	1773,7
R R ³ Rx Nx D R ³ x N ² N F Nx D	0,957	1673,3
R R ³ Rx D ² R ³ x N R ³ x D ² N F N ²	0,966	1897,6
R R ³ Rx N ² Rx D ² R ² x D ² R ³ x N N F N ²	0,968	1770,9

Modelos de predicción

El mejor modelo encontrado (8 variables) así como modelos de 7 y 9 variables son los siguientes:

8 variables

$$Pb = 85,20 - 112,84R + 2,87 R^3 + 0,0039 R D^2 - 0,0091 R^3 N - 0,000132 R^3 D^2 + 2,606 N + 0,107 F - 0,0047 N^2$$

$$(R^2 = 0,966, F = 1897,6)$$

7 variables

$$Pb = 108,68 - 96,206R + 2,229 R^3 - 0,00206 RND - 0,000042R^3N^2 + 1,321N + 0,1092F + 0,0122 ND$$

$$(R^2 = 0,957, F = 1673,3)$$

9 variables

$$PB = 76,57 - 119,92 R + 3,153 R^3 + 0,00116 R N^2 + 0,00538 R D^2 - 0,000903 R^2 D^2 - 0,0136 R^3 N + 3,153 N + 0,1085 F - 0,0101 N^2$$

$$(R^2 = 0,968, F = 1770,9)$$

La confiabilidad del ajuste es suficientemente elevada como para poder predecir la variable dependiente probabilidad con confiabilidad. En el mejor modelo encontrado (8 variables) se observa que la mejor contribución a la respuesta se debe a N y R seguidos de D y F. Todos los coeficientes de regresión son altamente significativos. En los modelos anteriores R se codifica en miles de kg/ha, N y F en kg/ha y D en miles de plantas/ha.

1.5 Conclusiones

1. Mediante una función de producción generalizada y la introducción de la componente estocástica, pudieron ser calculadas las probabilidades de ocurrencia de rendimientos preestablecidos.
2. La interrelación de los rendimientos y su probabilidad de ocurrencia con distintos grados de manejo, logra ayudar a determinar, cuál recomendación optimiza la variabilidad ambiental, dando elementos de juicio para recomendar con bases reales y racionales.
3. Modelos de regresión múltiple pueden predecir la probabilidad de éxito de una recomendación dada cuando se quiere alcanzar un determinado rendimiento, permitiendo cuantificar el espectro de relaciones probabilidad - rendimiento - manejo. Esta alternativa puede emplearse de manera más simple en la toma de decisiones racionales bajo condiciones de riesgo e incertidumbre, o simplemente para evaluar los potenciales productivos de las áreas bajo estudio, en estudios de caracterización agroecológica o de zonificación de cultivos.

Resumen

Se presentan en este artículo procedimientos metodológicos para la estimación de los rendimientos a obtenerse en una área dada y sus probabilidades de ocurrencia, etapa básica para una zonificación de cultivos o caracterización agroecológica de áreas, llevada a cabo por procedimientos cuantitativos de análisis. De la misma manera se incluyó la interrelación de los rendimientos con distintas recomendaciones de manejo. Al contemplar la importante interacción entre dichas recomendaciones y la variabilidad climática se

puede encontrar una amplia gama de respuesta de los cultivos para una recomendación dada. De lo anterior surge la necesidad de establecer las relaciones entre las probabilidades de ocurrencia de las precipitaciones, las recomendaciones y los rendimientos de los cultivos o lo que es lo mismo, indicar la probabilidad de éxito de una recomendación en una zona cuya variabilidad climática es conocida. De acuerdo con lo anterior, se calcularon las probabilidades de ocurrencia de rendimientos de maíz preestablecidos como una función de diferentes niveles de fertilización y de lluvia; estas últimas tratadas como variables estocásticas. El área seleccionada corresponde a la región de Huejotzingo, dentro del Plan Puebla, en México.

Los registros de precipitación se analizaron a nivel mensual y fueron ajustados a distribuciones continuas de probabilidad. Estas fueron: normal, Galton y gamma incompleta truncada. Asimismo se calcularon los isocuantos en función de los niveles de tres meses de lluvia (abril, mayo y junio) y distintas recomendaciones, para rendimientos prefijados. La probabilidad de ocurrencia de un rendimiento dado se calculó a través del volumen de probabilidad trivariada a un lado de la superficie del isocuento de ese rendimiento generado por los tres meses de lluvia.

Bibliografía

1. CORTES FLORES J. Diseño de recomendaciones prácticas de fertilización y de densidad de población en maíz de temporal, para varias condiciones de producción en la Sierra Tarasca. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. E.N.A. Chapingo, México. 1975.
2. DE JANVRY, A. Optimal levels of fertilization under risk. The potential for corn and wheat fertilization under alternative price policies in Argentina. *American Journal Agricultural Economy* 54:1-10.
3. ESTRELLA CHULIN N. Relaciones empíricas entre el rendimiento del maíz de temporal y algunos factores ambientales en la región de Chalco-Amecameca. Edo. de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. E.N.A. Chapingo, México. 1973.
4. GARCIA BENAVIDES, J. Estructura metodológica para la caracterización agroecológica de áreas por procedimientos cuantitativos de análisis y su posterior zonificación. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 1979. 451 p.
5. GARCIA BENAVIDES, J. Apuntes del curso Agroclimatología Cuantitativa. Verano 79. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 1979. p. irr.
6. GARCIA BENAVIDES, J. et al. Estimación de las probabilidades de éxito de una recomendación de fertilizante en función de la variabilidad climática. Colegio de Postgraduados. Rama de Suelos. Chapingo, México. 1978. 34 p.
7. LAIRD, R. J. y RODRIGUEZ, G. J. Fertilización de maíz de temporal en regiones de Guanajuato, Michoacán y Jalisco. México. D. F. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. SAG. Folleto Técnico No. 50. 1965.
8. LEON ZAMUDIO, S. A. Bondad de ajuste de algunas funciones probabilísticas a la distribución de la lluvia. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México. 1976. 105 p.
9. SHAPIRO, S. A. and WILK, M. B. An analysis of variance test for normality. *Biometrika* 52:591-611. 1965.
10. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. SAS. Institute Inc. Raleigh. North Carolina. 1976. 329 p.
11. VILLALPANDO IBARRA, J. F. Desarrollo de un método para obtener ecuaciones empíricas generalizadas del rendimiento, en una región agrícola para uso en diagnóstico. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 1975.
12. VOLKE, H. V. Generación de tecnología para agricultura de temporal y subsistencia. El caso del maíz en la región del Plan Puebla. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 1977. 280 p.
13. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Estimation of maximum floods. Technical Note No. 98. Geneva. 1969.

Estudo microbiológico da maceração do arroz (*Oryza sativa*): I. Efeito do processo de maceração sobre o beneficiamento do arroz¹ /

M. P. CEREDA*, A. R. GIL**, R. J. P. CUNHA***

Abstract

Several factors are recognized as contributing to breakage of rice during milling. Most of the breakage is related quantitatively to the amount of cracked grains. Improperly harvesting or drying and bad storage conditions are related to damaged grains.

Maceration (steeping rough rice to moisture of 45%) practically eliminated breakage after milling, it can be done in cold or hot water and by steam (Malek Process). Temperatures maceration of 20, 30, 40, 50 and 60°C are studied in this paper. Water remotion in time intervals of 8 hours during maceration were also studied. Macerated rice samples were air dried or subjected to thermic treatment and milling. Rice then was classified and the fraction considered was the weighted whole and 3/4 - length grains. Each fraction was expressed in "per cent" of husked grains weight.

Higher yields were obtained with water remotion and without thermic treatment in all the temperatures. Maceration at 60°C was the best treatment, yielding 67%; yields of 42% were obtained in 50°C maceration and the control yields were 26%.

Introdução

○ arroz (*Oryza sativa*) é empregado diretamente na alimentação humana, e uma parcela pequena se destina a outros usos industriais

Em alimentação humana o arroz é consumido principalmente na forma de grão inteiro, e o descascamento deve ser feito de tal forma que se fragmente o mínimo possível (3) já que o valor comercial dos grãos inteiros é superior ao dos grãos partidos (6). O Conselho Nacional do Comércio Exterior (CONCEX), através da Resolução nº 95, de 12 de dezembro de 1974, aprovou as novas especificações para a classifi-

cação e padronização do arroz destinado à exportação, baseadas no tamanho, forma, integridade e tipo de processamento do arroz (6).

O atraso na colheita e na debulha dos grãos, e secagem demasiadamente rápida (1) ocasionam queda de rendimento durante o beneficiamento. Estes fatores devem ser controlados, de preferência, ainda no campo.

Após a colheita, uma das práticas utilizadas para evitar a fragmentação do grão durante o beneficiamento é a "parboilização", processo aplicado aos grãos de arroz ainda em casca. Basicamente compreende três operações sucessivas: maceração, cozimento parcial e secagem.

A resolução CONCEX nº 95 de 12 de dezembro de 1974 estabelece duas categorias para arroz tratado: o arroz "parboilizado", processado à vapor e o arroz macerado, processado à frio ou à quente.

Para as indústrias, o processo de "parboilização" apresenta vantagem em melhorar o rendimento, pois praticamente não há produção de grãos quebrados (6). Sendo a elaboração do arroz "parboilizado" muito semelhante à utilizada para arroz normal, a

1 Recebido para publicação el 2 de janeiro de 1980. Trabalho financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

* Professora Assistente Doutora do Departamento de Tecnologia dos Produtos Agropecuários, Faculdade de Ciências Agrônomicas do "Campus" de Botucatu, UNESP.

** Bióloga, Bolsista da FAPESP

*** Professor Assistente do Departamento de Horticultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas do "Campus" de Botucatu UNESP.

mesma planta serve para ambos os processos (7) não tornando necessário duplicação de instalações. Por outro lado, é conveniente estimular a difusão dessa técnica industrial através da concessão de preço mais elevado, já que o arroz assim obtido tem maior valor nutricional. Assim, é atribuído ao arroz "parboilizado" um acréscimo de 10% ao do arroz natural, nas classes e tipos correspondentes, e ao arroz macerado, 5% (6).

No Brasil é raro o controle dos fatores de campo que propiciam a quebra dos grãos, e as indústrias utilizam maceração para obter maiores rendimentos. Como na grande maioria das indústrias a maceração é feita à frio (temperatura ambiente), o que ocasiona em processamento mais demorado, é comum ocorrerem fermentações que alteram o sabor, aroma e cor de arroz tratado.

O presente trabalho tem por objetivo o estudo da maceração levada a efeito em diferentes condições e a verificação dos aumentos de rendimento que ocorrem.

Materiais e métodos

Materiais

O arroz com casca utilizado, constitui-se de uma amostra de 40 kg de um só lote e variedade, "tipo agulha", de tamanho médio de 6,21 mm, classificado como "longo" (6), fornecido pela "INDARMIL Indústria de Arroz e Milho Ltda", situada em Paraguaçu Paulista, S. P.

Métodos

Macerações

O arroz com casca, foi colocado para macerar a 30, 40, 50 e 60° em estufa bacteriológica marca FANEM e a 20°C em geladeira incubadora "Lab-line ambi-Hi-Lo chamber". A proporção de água foi de 1,5 l/kg de arroz com casca. Nos ensaios em que se procedeu à troca de água está se fez aos intervalos de 8, 24, 32, 48, 56, 72 e 80 horas, conforme a duração total do processo.

Após o término da maceração, em que o grão absorvia aproximadamente 40% de umidade (7), as amostras foram divididas em duas partes: uma era seca à temperatura ambiente, com boa aeração para se obter secagem mais rápida, evitando fermentação posterior ao processo de maceração. A outra parte foi submetida a tratamento térmico, realizado em estufa de secagem à 200°C por 10 minutos.

Beneficiamento

O efeito dos tratamentos, foi verificado pelo emprego do Engenho de Provas, fabricado pela "Machina Zaccaria" de Limeira, S. P. Este aparelho simula o beneficiamento e é utilizado pelas máquinas de arroz para estimar o rendimento das partidas.

As frações obtidas do beneficiamento foram: arroz inteiro, 3/4 e quirera, além da fração constituída das cascas mais o farelo, sendo pesadas individualmente em cada um dos 21 tratamentos. O peso obtido foi calculado em porcentagem em relação ao peso de arroz com casca da amostra. A soma constituída pelos grãos inteiros e 3/4, ou fração comerciável (4) corresponde à fração que no comércio se vende a melhor preço. Foi calculado também a porcentagem de arroz beneficiado, excluindo-se o peso de cascas e farelo e as perdas durante o beneficiamento.

Resultados e discussão

Os resultados obtidos estão relacionados no Quadro 1.

Os resultados relacionados no Quadro 1, mostram que houve pequena variação para a fração correspondente à soma das cascas e farelo, pois os tratamentos realizados não influíram nesta parcela. O aparelho de provas operou sempre na mesma regulação para o beneficiamento de todos os tratamentos, e como consequência a porcentagem de arroz beneficiado obtido foi pouco afetado, uma vez que as perdas de beneficiamento foram aproximadamente iguais em todos os tratamentos. As parcelas correspondentes a peso de grãos inteiros, 3/4 e quirera, mostraram maior variação.

Em função disto, analisamos os valores correspondentes ao rendimento obtido, que é utilizado comercialmente para definir a qualidade do arroz (1). É chamado rendimento a soma de grãos inteiros e grãos medianos (3/4), a qual chamamos de fração comerciável (4).

No proceder da análise estatística, foram consideradas três interações, além da análise em separado das três variáveis (temperatura, tratamento térmico e troca de água). As interações consideradas foram: troca de água x tratamento térmico, temperatura de maceração x troca de água e temperatura de maceração x tratamento térmico. Foi feita a seguir a análise de variância, obtendo-se as significâncias expressas no Quadro 2.

O exame do Quadro 2, permite-nos observar que as diferenças de rendimento encontradas para a influência da temperatura de maceração e troca de

Quadro 1. Rendimento obtido da maceração de arroz, segundo efeito de 5 temperaturas, tratamento térmico e troca de água sobre a fração comerciável.

TRATAMENTO		Quirera %	3/4 %	Inteiro %
60°C	Testemunha	68,98	11,38	7,78
	S/T: C. I. I.	46,74	11,09	31,62
	C/T: C. T. I.	48,90	12,91	32,69
	S/T: S. T. I.	50,12	10,61	39,30
	C/T: S. I. I.	32,53	13,63	53,78
50°C	S/I: C. I. I.	74,18	3,08	22,76
	C/T: C. I. I.	50,14	8,07	41,77
	S/T: S. T. I.	76,63	5,00	18,40
	C/T: S. I. I.	58,38	6,59	35,14
40°C	S/I: C. I. I.	82,04	3,73	14,16
	C/T: C. I. I.	85,01	4,36	10,66
	S/T: S. T. I.	57,18	11,57	31,24
	C/T: S. I. I.	53,05	8,58	38,38
30°C	S/I: C. I. I.	75,85	6,18	18,02
	C/T: C. T. I.	79,66	3,88	16,56
	S/T: S. T. I.	62,41	10,08	26,97
	C/T: S. T. I.	56,63	9,79	33,58
20°C	S/I: C. I. I.	83,47	4,67	11,84
	C/T: C. T. I.	74,65	5,73	19,57
	S/T: S. T. I.	63,12	7,63	29,14
	C/T: S. T. I.	65,65	7,46	26,91

TRATAMENTO		Fração Comerciável %	Casca + Farelo %	Arroz Beneficiado %
60°C	Testemunha	25,74	19,16	82,00
	S/T: C. T. I.	42,71	25,07	77,32
	C/T: C. T. I.	45,60	29,35	76,24
	S/T: S. T. I.	49,90	25,64	72,84
	C/T: S. T. I.	67,41	26,80	71,31
50°C	S/I: C. I. I.	25,84	23,40	72,98
	C/T: C. I. I.	49,84	25,77	78,09
	S/T: S. T. I.	23,40	23,40	72,19
	C/T: S. T. I.	41,73	23,40	76,53
40°C	S/I: C. I. I.	17,89	23,40	75,88
	C/T: C. T. I.	15,02	28,26	72,59
	S/T: S. T. I.	42,81	26,60	73,02
	C/T: S. I. I.	46,96	25,81	74,66
30°C	S/I: C. I. I.	24,20	31,92	67,26
	C/T: C. I. I.	20,44	27,37	72,19
	S/T: S. T. I.	37,05	29,17	69,48
	C/T: S. T. I.	43,37	29,17	71,53
20°C	S/I: C. T. I.	16,51	22,86	77,01
	C/T: C. I. I.	25,30	22,22	77,35
	S/T: S. T. I.	36,77	19,44	79,79
	C/T: S. I. I.	34,36	20,00	78,84

água, foram significativas. Já as diferenças nos valores das frações comerciáveis, nos ensaios com e sem tratamento térmico, foram altamente significativas.

As três interações propostas não apresentam diferenças significativas, e portanto, consideramos que os três tratamentos empregados: temperatura, troca de água e tratamento térmico, tiveram influência isolada.

Foram considerados melhores os rendimentos obtidos de arroz que não foi submetido a tratamento térmico posterior à maceração. Da mesma maneira, foram considerados mais rentáveis as macerações em que foram feitas as trocas de água.

Para os ensaios relativos à temperatura de maceração, obtivemos resultados em que os valores de 60°C e 50°C não diferiram entre si, assim como o de 20°C, 30°C, 40°C e 50°C (Quadro 3)

Assim, de acordo com esta análise, de os três quadros, é possível afirmar que o ensaio de 60°C ocupou o primeiro lugar e o de 50°C o segundo. Os ensaios a 20°C, 30°C e 40°C, ocuparam o terceiro lugar, não havendo diferença significativa entre eles

Os resultados expressos no Quadro 1, evidenciam que, mesmo em valor absoluto, o ensaio realizado a 60°C se destacou. O valor obtido para a fração comerciável foi de 67,41% enquanto que o da testemunha foi de 25,74%. Este aumento de rendimento pode ser considerado bastante grande. Primo (1970) trabalhando com 45 variedades de arroz "parboilizado", conseguiu rendimentos que variaram de 66,6 a 74,8% (4).

Utilizando a temperatura de 60°C, nas condições especificadas, obtivemos um rendimento três vezes maior do que o da testemunha, quase alcançando o valor normal de beneficiamento para arroz não macerado de boa qualidade, que é de 70%.

No tratamento que apresentou o maior valor (67,41%) para fração comerciável, 53,78% desta constitui-se de grãos inteiros e 13,63% de 3/4. Para a testemunha, o rendimento obtido foi de 25,74% constando de 7,78% de grãos inteiros e 11,38% de grãos 3/4. Houve portanto um aumento de grãos inteiros, e pequeno aumento de grãos 3/4.

Segundo dados obtidos na Revista de Bioquímica e Tecnologia Alimentar (1970), arroz que apresentava 59% de grãos inteiros, após tratamento passou a apresentar 70% (2). Esta diferença (11%) em grãos inteiros, poderia ser comercializada a preços mais altos. Em nosso caso, a diferença obtida por tratamento foi mais elevada, tendo-se conseguido um aumento de 42,41%.

Quadro 2. Análise de variância para dados de maceração de arroz, segundo efeito de 5 temperaturas, tratamento térmico e troca de água sobre a fração comerciável.

C. VARIACÃO	G. L.	F	C. V.
Temperatura	4	11,61*	
Tratamento térmico	1	32,99*	
Troca de água	1	8,90*	
Inter. Temp. X T. térmico	4	4,98 ^{ns}	
Inter. Temp. X Troca de água	4	2,49 ^{ns}	
Inter. Trat. Térmico x Troca de água	1	0,37 ^{ns}	
Resíduo	4		15,46%
TOTAL	19		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

ns não significativo

Os cálculos realizados demonstraram que houve influência da troca de água nos tratamentos, porém, está influência não parece fácil de ser explicada. Uma razão provável seria que, com a troca de água elimina-se as bolsas de ar que ficam presas no interior do arroz em maceração, permitindo contato melhor com a água, uma absorção mais rápida e uniforme.

A obtenção de um rendimento mais baixo, para os ensaios em que se utilizou o tratamento térmico, nas condições de ensaio, mostraram que este não foi eficiente na "soldadura" dos grãos, provavelmente, por levar à uma secagem drástica da superfície dos grãos, ocasionando novas rachaduras ou reabrindo as antigas. Não vemos motivo para este tratamento, já que o inchamento dos granulos de amido, limitado pelas cascas celulósicas do arroz deve proporcionar pressão suficiente para a "soldadura", prescindindo da gelatinização do amido. Esta explicação é dada por RAO

Quadro 3. Valores médios da fração comerciável para os ensaios de maceração realizados à 60°C, 50°C, 40°C, 30°C e 20°C, e significado segundo d.m.s., teste de Tukey (5%).

TEMPERATURAS	MÉDIAS
20°C	28,24 ^b
30°C	31,27 ^b
40°C	30,67 ^b
50°C	35,20 ^{ab}
60°C	31,41 ^a
d.m.s (Tukey) à 5%	17,19%

(1970). Segundo o autor, o amido gelatinizado e a proteína desnaturada parecem se expandir e ocupar os espaços anteriormente ocupados por ar, no endosperma. Esta expansão pode ser responsável pela "soldadura" das trincas dos grãos, explicando o aumento no rendimento de grãos inteiros, mesmo nos casos em que não houve tratamento térmico. O grão de arroz malequisado também é mais resistente, o que provavelmente se explica devido a grande adesão/coesão entre os grânulos de amido e proteína no arroz tratado (5).

Conclusão

Através dos resultados obtidos, concluiu-se que o melhor resultado, tendo em vista a fração comerciável, foi o tratamento do arroz a 60°C, seguido pelo tratado a 50°C, ambos com troca de água e sem tratamento térmico.

Resumo

Muitos fatores contribuem para a quebra do grão de arroz durante o beneficiamento. A maior parte da quebra é devida a quantidade de grãos trincados, o que está relacionado com colheita fora de época ou más condições na secagem e armazenamento.

A maceração (imersão dos grãos de arroz em água até obter 45% de umidade) praticamente elimina a quebra no beneficiamento, e pode ser realizada em água fria ou quente ou por vapor (Processo Malek). Neste artigo foram estudadas as temperaturas de 20, 30, 40, 50 e 60°C, para as macerações, além da remoção da água à intervalos de 8 horas.

As amostras de arroz macerados eram secas ao ar ou submetidas a tratamento térmico antes do beneficiamento. O arroz foi classificado e as frações constituídas de arroz inteiro e 3/4 foram pesadas. Cada fração foi expressa em porcentagem do peso de grãos descascados.

Os maiores rendimentos obtidos foram para os tratamentos com troca de água e sem tratamento térmico. A maceração a 60°C foi o melhor tratamento, com rendimento de 67%, a 50°C, obteve-se rendimento de 42% e a testemunha teve um rendimento de apenas 26%.

Literatura citada

1. BHATTACHARYA, K. R. Breakage of rice during milling and effect of parboiling, St. Paul, Cereal Chemistry, 46(9):478-485, 1969.
2. INFORMACOES TECNICAS. Valência, Revista de Agroquímica y Tecnología Alimentar, 9:328, 1969.
3. KENT, N. L. Tecnología de los cereales. Trad. M. C. Catalan. Zaragoza, Ed. Acribia, 1971. 267 p.
4. PRIMO, E. et al. Factores de calidad del arroz. XVIII. Na calidad de coccion como critério en la evaluación comercial del arroz. Valência, Revista de Agroquímica y Tecnología Alimentar, 10(3):393-405, 1970.
5. RAO, S. N. R. and JULIANO, B. O. Effect of parboiling on some physicochemical properties of rice. Journal Agriculture Food Chemistry, 18(2):289-294, 1970.
6. SALOMÃO, L. A. et al. Determinação dos preços de arroz em função da qualidade e etapas de comercialização. Porto Alegre, Lavoura Arrozeira, 288:4-15, 1975.
7. SCHULE, F. H. Diagrama moderno para precocido de arroz. Buenos Aires, Tecnología de los Cereales, 1(5):22-23, 1976.