

EFFECTO DEL VIRUS DEL MOSAICO ENANIZANTE DEL MAÍZ (MDMV) EN EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTAS DE MAÍZ Y SU VIGOR

M.A. Achón*

E. Sin**

* Área de Protecció de Conreus

** Àrea de Conreus

Centro UdL-IRTA

Av. Alcalde Rovira Roure, 177

25198-Lleida

España

RESUMEN

Se ha estudiado el efecto del virus del mosaico enanizante del maíz (MDMV) en el establecimiento de plantas a partir de semillas obtenidas de plantas infectadas artificialmente pertenecientes a dos líneas puras de maíz, una susceptible, Mo17, y una tolerante, B73, y los híbridos respectivos. La infección por el virus redujo el número de semillas que producen plantas establecidas, con reducciones del 30-33% en Mo17, 20,9% en Mo17xB73, 7,5-7,7% en B73 y 4,4-8,3% en B73xMo17. Además las plantas establecidas procedentes de semillas de plantas infectadas, de las dos líneas puras e híbridos, fueron menos vigorosas que las derivadas de los controles, con reducciones del 5,7-10,8% en el peso total de la planta, del 0,9-3,2% en la altura del tallo, 0,7-8,2% en la longitud de las raíces adventicias, 2,7-10% en el número de raíces adventicias y del 2,2-13,8% en el número de raíces adventicias de anclaje. El desarrollo de las plantas establecidas de Mo17 y Mo17xB73 fue el más afectado.

Palabras clave: Potyvirus, MDMV-Sp, Establecimiento plantas, Vigor.

SUMMARY

EFFECT OF MAIZE DWARF MOSAIC VIRUS (MDMV) INFECTION ON THE ESTABLISHMENT OF MAIZE PLANTS AND THEIR VIGOUR

This study reports the effect of maize dwarf mosaic virus (MDMV) on the establishment of plants from seeds of maize dwarf mosaic virus artificially infected plants of two maize inbreds, one susceptible Mo17 and one tolerance B73 and their hybrids. Virus infection reduced the number of seeds that produced established plants: reductions were 30-33% on Mo17, 20.9% on Mo17xB73, 7.5-7.7% on B73 y 4.4-8.3% on B73xMo17. In addition, the established plants from seeds of infected plants of both maize inbreds and hybrids were lighter than those from controls. Weight of plants decreased by 5.7-10.8%, length shoot by 0.9-3.2%, length of adventitious roots by 0.7-8.2%, number of adventitious roots by 2.7-10% and number of brace roots by 2.2-13.8%. The growth of Mo17 and Mo17xB73 established plants was the most suppressed.

Key words: Potyvirus, MDMV, Establishment of plants, Vigour.

Introducción

El virus del mosaico enanizante del maíz (MDMV) es un miembro del género Potyvirus, mundialmente distribuido, probablemente presente en todas las zonas donde se cultiva maíz y sorgo, con excepción de Australia (FORD *et al.*, 1989). No obstante, en muchos países o regiones, es difícil determinar por la literatura si se trata de este virus u otro de los Potyvirus que infectan a maíz, sorgo, caña de azúcar, y otras poáceas. Actualmente estos virus se incluyen dentro del complejo del virus del mosaico de la caña de azúcar (SCMV), que incluye además de MDMV y SCMV, el virus del mosaico del sorgo (SrMV) y el virus del mosaico de la cañota (JGMV) (SHUKLA *et al.*, 1989; TOSIC *et al.*, 1990). En Cataluña se ha verificado la presencia de MDMV en las áreas de mayor producción maicera, y la caracterización molecular y biológica de uno de los aislados ha indicado que es una cepa distinta a la A, presente en EE.UU., y se ha denominado MDMV-Sp (ACHÓN *et al.*, 1994 y 1996).

Los huéspedes naturales de este virus son maíz, sorgo y cañota, en los que induce mosaico y, ocasionalmente, enanismo y lesiones necróticas. Experimentalmente, se ha comprobado que muchas especies de gramíneas son susceptibles a este virus (TOSIC y FORD, 1972; ROSENKRANZ, 1978, 1980, 1983, 1987; ACHÓN *et al.*, 1996). El trigo, cebada, avena, centeno y el arroz cultivados no son huéspedes del mismo (FORD *et al.*, 1989). MDMV es transmitido de forma no persistente por numerosas especies de pulgones pertenecientes a tres subfamilias de pulgones (NAULT y KNOKE, 1981). *Schizaphis graminum*, *Rhopalosiphum maidis*, *R. padi*, y *Sitobium avenae* son, en orden de mayor a menor eficiencia, transmisores de los aislados MDMV-Sp y Sp1 (ACHÓN *et al.*, 1996). Una de las caracterís-

ticas más discutidas de este virus es su transmisión a través de la semilla de maíz. Las tasas de transmisión citadas son bajas del 0,007%-0,4% (SHERPERD y HOLDEMAN, 1965; WILLIAMS *et al.*, 1968; MIKEL *et al.*, 1984) o nulas (PANAYOTOU, 1981; ACHÓN *et al.*, 1996).

Los descensos de producción que puede ocasionar en maíz y sorgo oscilan entre el 7-46% (GENTER *et al.*, 1967; LOUIE y DARRAH, 1980; ROSENKRANZ y SCOTT, 1978, SCOTT *et al.*, 1988; FUCHS y GURNTZING 1995; ACHÓN *et al.*, 1995). En contraste a los numerosos estudios sobre los descensos de producción, pocos estudian el efecto de este virus sobre el establecimiento de plantas derivadas de semillas de plantas infectadas.

El objetivo de este trabajo ha sido determinar el efecto de MDMV en el establecimiento de plantas y su vigor en dos líneas puras de maíz, una considerada susceptible, Mo17, y otra tolerante, B73, así como sus híbridos. Los pocos estudios realizados a este respecto han estimado el efecto del virus sobre el establecimiento de la planta indirectamente, mediante estudios de germinación (STAKIC y SAVIC, 1984; PANAYOTOU, 1981). Dado que bajo condiciones de infección natural no se puede controlar ni el momento de la infección ni el aislado del virus, debido a que la dispersión de MDMV es un proceso continuo por los pulgones, se ha procedido a la inoculación artificial del virus sobre las plantas parentales de la semilla.

Material y métodos

Origen de las semillas

Durante dos años consecutivos se produjeron en el campo semillas de las líneas

puras de maíz Mo17 y B73, así como de sus híbridos (Mo17 x B73, B73 x Mo17), en zonas alejadas de otras de cultivo de maíz. Las plantas madres de las semillas se inocularon o no (controles) mecánicamente con cantidades iguales de hojas de maíz infectadas con los aislados MDMV-Sp y Spl, según describe ACHÓN *et al.* (1996), en el estadio de 5 hojas. La infección de las plantas con el virus se determinó a los 15 días postinoculación, por síntomas y por DAS-ELISA (CLARK y ADAMS, 1977) usando un antisuero policlonal anti-MDMV-Spl. Después de la recolección, las semillas se mantuvieron a 4°C hasta su utilización.

Efecto de MDMV sobre el establecimiento de la planta

Se ensayaron 1.296 semillas de cada línea pura e híbrido obtenidas en el primer año, la mitad de las cuales procedían de plantas madres inoculadas e infectadas con el virus y la otra mitad de plantas sin inocular, y 736 semillas de cada línea pura o híbrido obtenidas en el segundo año. En este último año no se pudo obtener el híbrido Mo17xB73 por desfases entre las inflorescencias de las dos líneas puras. Se sembraron un total de 7.392 semillas en bandejas de plástico con 28 tiestos de 8 x 8 x 6 cm de capacidad, en un sustrato comercial estéril. Dada la imposibilidad de ensayar todas las semillas de un mismo año a la vez, se realizaron siembras sucesivas; en cada una de ellas se ensayaron el mismo número de semillas de cada uno de los tratamientos. Las bandejas se mantuvieron en un invernadero a prueba de insectos en condiciones de iluminación (14h) y temperatura controlada (25-30°C). Aproximadamente a los 45-50 días después de la siembra se contaron el número de plantas establecidas

de cada tratamiento, considerando como planta establecida, planta viva en estado vegetativo de 6-8 hojas.

Efecto de MDMV sobre el peso, altura y sistema radicular de las plantas establecidas

Se determinaron el peso total de la planta, la longitud del tallo (longitud entre el primer nudo y el nudo de la última hoja), el número y la longitud de raíces adventicias y el número de raíces adventicias de anclaje, de un total de 400 plantas, 100 por cada línea pura e híbrido, la mitad de las cuales procedían de parentales inoculados e infectados con el virus y la otra mitad de parentales sin inocular. Las observaciones se realizaron en el estado vegetativo de 6-8 hojas. En este estado, el sistema radicular está prácticamente formado por raíces adventicias, dado que el sistema radicular seminal sólo es funcional hasta el estado de 5-6 hojas (LÓPEZ-BELLIDO, 1990). Por ello el sistema radicular se ha evaluado utilizando la nomenclatura de LÓPEZ-BELLIDO (1990) y FELDMAN (1996). La elección de las plantas a analizar se realizó siguiendo un trazado en forma de cruz en las bandejas.

Los datos se analizaron estadísticamente mediante análisis de la varianza (ANOVA), y cuando se determinaron diferencias significativas entre tratamientos se realizó la separación de medias mediante prueba de Duncan.

Resultados y Discusión

La infección de MDMV redujo significativamente el porcentaje de semillas que alcanzaron el estado de planta en la línea

CUADRO 1
EFECTO DE LA INFECCIÓN DEL VIRUS DEL MOSAICO ENANIZANTE DEL MAÍZ
EN EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTAS

TABLE 1
EFFECT OF MAIZE DWARF MOSAIC VIRUS INFECTION ON THE ESTABLISHMENT
OF PLANTS

Año ¹	Línea/ híbrido <i>Inbred / hybrid</i>	Porcentaje de semillas que producen plantas establecidas ² <i>Percentage of seeds that produced established plants</i>		
		C ³	I ⁴	Reducciones ⁵
1	B73	68,75 a	63,42 a	7,75
	B73 x Mo17	77,16 a	70,67 a	8,3
	Mo17	48,09 a	32,16 b	33,1
	Mo17 x B73	84,69 a	66,97 b	20,9
2	B73	87,43 a	80,83 a	7,54
	B73 x Mo17	90,45 a	86,45 a	4,42
	Mo17	85,84 a	59,88 b	30,2

1: año producción de semilla; 2: las observaciones en estado de 6-8 hojas; 3: semillas de plantas control; 4: semillas de plantas infectadas; 5: reducciones calculadas según: $[(I-C)/C] \times 100$. Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas a un nivel de significación $p < 0,05$ en la prueba Duncan.

1: year of seed obtention; 2: observations were taken at stage of 6-8 leaves; 3: seeds from control plants; 4: seeds from infected plants. 5: reductions were calculated as follows: $[(I-C)/C] \times 100$. Means followed by the same letter are not significantly different at $p < 0,05$ on Duncan test.

pura de maíz Mo17 y el híbrido Mo17x B73 y no significativamente en la línea pura B73 y el híbrido B73 x Mo17, en los dos años de obtención de semilla (cuadro 1). Las reducciones fueron ligeramente mayores en las semillas obtenidas el primer año. Las semillas de Mo17 fueron las más afectadas, experimentando reducciones entre el 30-33%, seguidas de las semillas del híbrido con parental femenino Mo17, que experimentaron una reducción del 21%. El efecto de la infección del virus sobre las semillas de B73 fue muy similar en los dos años de producción de semilla, con reducciones inferiores al 8%. El híbrido con parental femenino B73 presentó una reduc-

ción similar a esta línea pura, en el primer año de producción de semilla y, aproximadamente la mitad que esta línea, en el segundo año de producción de semilla.

Estos resultados indican que el efecto de MDMV sobre el establecimiento de plantas depende de la variedad de maíz y está probablemente ligado a la susceptibilidad de la misma al virus. STACKIC y SAVIC (1984) observaron que la germinación de las semillas de plantas infectadas con MDMV se reduce entre un 2,93-19,2 %, según la variedad de maíz, aunque no especifican la susceptibilidad de las variedades al virus. Contrariamente a estos resultados, PANAYOTOU

(1981) no encontró efecto sobre la germinación, pero sí un efecto negativo sobre el tallo, raíces seminales y adventicias de plántulas de una variedad de maíz, de la cual tampoco especifica su susceptibilidad al virus.

Nuestros resultados indican que el efecto de MDMV sobre el establecimiento de plantas está ligado a la susceptibilidad de la variedad de maíz, puesto que las mayores reducciones en el número de plantas establecidas las presentaron la línea susceptible Mo17 y el híbrido, cuando dicha línea actuó como parental femenino. La reducción experimentada por las semillas de Mo17x B73, más próxima a la del parental femenino, podría ser debida a que prácticamente toda la masa de la semilla es de origen materno y al vigor híbrido, más que al efecto del parental masculino. La reducción en el número de plantas establecidas que expe-

rimentaron las semillas del híbrido B73x Mo17, próximas o inferiores al parental femenino, confirmarían el efecto, prácticamente nulo del parental masculino. De este resultado se deduce una recomendación práctica indudable para la producción de semilla híbrida: la utilización como parental femenino de una línea pura de maíz resistente/ tolerante al virus, en zonas con incidencia elevada de MDMV.

Las plantas establecidas derivadas de semillas de plantas infectadas resultaron menos vigorosas que las derivadas de los controles sin inocular, aunque significativamente ($P < 0,05$) sólo algunas de las características analizadas del sistema radicular de Mo17 y Mo17xB73 (cuadros 2 y 3). Se observaron reducciones tanto en las partes áreas como en el sistema radicular. La longitud del tallo resultó poco afectada por la infección, observándose una reducción glo-

CUADRO 2
EFECTO DE LA INFECCIÓN DEL VIRUS DEL MOSAICO ENANIZANTE DEL MAÍZ
EN EL PESO Y LONGITUD DE LAS PLANTAS ESTABLECIDAS

TABLE 2
EFFECT OF MAIZE DWARF MOSAIC VIRUS INFECTION ON THE WEIGHT AND
LENGTH SHOOT OF ESTABLISHED PLANTS

Línea/híbrido <i>Inbred/hybrid</i>	Peso medio de las plantas (g) ¹ <i>Mean weight of plants (g)</i>				Longitud tallo (cm) <i>Length of shoot (cm)</i>			
	C ²	I ³	Reducciones ⁴		C	I	Reducciones	
B73	3,94	3,7	ns	6	11,52	11,14	ns	3,6
B73x Mo17	4,36	4,11	ns	5,7	12,21	12,1	ns	0,9
Mo17x B73	3,84	3,51	ns	8,5	10,68	10,48	ns	1,87
Mo17	3,69	3,29	ns	10,8	9,77	9,68	ns	0,92

1: las observaciones tomadas en estado de 6-8 hojas; 2: semillas de plantas control; 3: semillas de plantas infectadas; 4: reducciones calculadas según: $[(I-C)/C] \times 100$; ns: no significativo a $p < 0,05$.

1: observations were taken at stage of 6-8 leaves; 2: seeds from control plants; 3: seeds from infected plants; 4: reductions were calculated as follows: $[(I-C)/C] \times 100$; ns: not significantly at $p < 0,05$.

CUADRO 3
EFECTO DE LA INFECCIÓN DEL VIRUS DEL MOSAICO ENANIZANTE DEL MAÍZ EN EL SISTEMA RADICULAR DE LAS PLANTAS ESTABLECIDAS

TABLE 3
EFFECT OF MAIZE DWARF MOSAIC VIRUS INFECTION ON THE ROOT SYSTEM OF ESTABLISHED PLANTS

Línea/ híbrido <i>Inbred /hybrid</i>	Raíces adventicias ¹ <i>Adventitious roots</i>								Núm. Raíces adventicias de anclaje			
	Longitud (cm)				Número				<i>N.º brace roots</i>			
	C ²	I ³	Reducciones ⁴		C	I	Reducciones		C	I	Reducciones	
B73	26,76	24,54	ns	8,2	3,68	3,58	ns	2,7	3,98	3,89	ns	2,2
B73x Mo17	23,14	22,98	ns	0,7	4,22	3,94	ns	6,8	4,34	4,22	ns	2,7
Mo17x B73	26,71	24,69	*	7,5	3,77	3,53	ns	6,3	3,89	3,35	*	13,8
Mo17	26,34	24,54	ns	6,8	3,85	3,45	*	10	3,84	3,33	ns	13,2

1: las observaciones tomadas en estado de 6-8 hojas; 2: semillas de plantas control; 3: semillas de plantas infectadas; 4: reducciones calculadas según: $[(I-C)/C] \times 100$; ns: no significativo y * significativo a $p < 0,05$.

1: observations were taken at stage of 6-8 leaves; 2: seeds from control plants; 3: seeds from infected plants. 4: reductions were calculated as follows: $[(I-C)/C] \times 100$; Ns: not significantly and * significantly at $p < 0.05$.

bal inferior al 2%. PANAYOTOU (1981) obtuvo reducciones mayores en la longitud del tallo, aunque realizó las observaciones a los doce días después del inicio de la germinación. No resulta sorprendente que la reducción en la altura de las plantas establecidas sea poco apreciable, si se tiene en consideración que las reducciones en altura determinadas para este virus, por deliberada inoculación del virus en el estado de 5 hojas e incluso en estados más precoces de inoculación, han sido del 3,5 al 8% (ROSENKRANZ y SCOTT, 1978; ACHÓN, datos no publicados) y las máximas determinadas del 14% (GENTER *et al.*, 1973).

Las plantas establecidas de Mo17 y Mo17x B73 presentaron las mayores reducciones en el peso total de la planta, número de raíces adventicias de anclaje y Mo17 en el número de raíces adventicias. El efecto de la infección sobre la longitud de las raíces adventicias de las plantas establecidas de B73xMo17 fue casi nula, en contraste las plantas de B73 presentaron reducciones del 8,2%, ligeramente superior a las que presentaron Mo17 y Mo17x B73. Las reducciones determinadas por STACKIC y SAVIC (1984) sobre el sistema radicular seminal son inferiores a las determinadas en este trabajo, mientras que las determinadas por PANAYOTOU (1981), para el peso total de plántula y dimensiones del sistema radicular seminal, son, en general, superiores. Aunque, más probablemente, la magnitud de las reducciones sea debido a un efecto varietal, las reducciones superiores determinadas por PANAYOTOU (1981) podrían traducirse en una reducción del número de plántulas establecidas, dado el estado que realiza las observaciones, como ya se ha mencionado. Las reducciones observadas en nuestro trabajo podrían traducirse en que estas plantas fueran menos competitivas frente a otras con mayor vigor e incluso ser

más vulnerables al ataque de patógenos. SCOTT y ROSENKRANZ (1981) en su estudio sobre la competencia planta-planta, determinan que plantas infectadas rodeadas de infectadas producen entre un 11-27% menos que las sanas rodeadas de sanas y que plantas infectadas rodeadas por plantas sanas tienen una reducción adicional en su rendimiento del 16%.

El efecto que MDMV tiene sobre el establecimiento y el desarrollo de éstas podría atribuirse, en principio, a que la infección con el virus reduce las tasas fotosintéticas hasta un 31% (TU *et al.*, 1968), lo cual podría implicar una disminución en el desarrollo y el peso de la semilla. No obstante, PANAYOTOU (1981) no encuentra una relación directa entre la reducción en peso de la semilla y el establecimiento de plántulas, y sugiere que los cambios degenerativos en el desarrollo de las plántulas pueden ser debidos a cambios hormonales, enzimáticos e incluso anatómicos que la infección induce en la planta madre.

Conclusiones

La infección de MDMV afecta negativamente al establecimiento de plantas de semillas derivadas de plantas infectadas. La magnitud de las reducciones depende de la susceptibilidad de la variedad de maíz, y en el caso de los híbridos simples, principalmente de la susceptibilidad/ tolerancia del parental femenino.

Las plantas establecidas derivadas de semillas de plantas infectadas con el virus son menos vigorosas que las derivadas de los controles. En general, las plantas más afectadas fueron las de la línea de maíz susceptible.

Agradecimientos

A los doctores R. Albajes, J.A. Martín-Sánchez y V. Medina (Centro UdL-IRTA) por sus consejos en la realización de este estudio y en la discusión del manuscrito. Al Dr. A. Álvarez (Estación Experimental de Aula Dei, Zaragoza) por proporcionarnos las semillas originales de las dos líneas puras de maíz.

Bibliografía

- ACHÓN M.A., MEDINA V., SHANKS M., MARKHAM P., LOMONOSOFF G.P., 1994. Characterisation of a maize-infecting potyvirus from Spain. *Eur.J. Plant Pathol.* 100, 157-165.
- ACHON M.A., LOMONOSOFF G.P., MEDINA, M., 1995. Studies on maize dwarf mosaic virus (MDMV) in northeast Spain. *Agronomie* 15, 501.
- ACHÓN M.A., PINNER M., MEDINA M., LOMONOSOFF G.P., 1996. Biological characteristics of maize dwarf mosaic potyvirus from Spain. *Eur.J Plant Pathol.* 102, 697-705.
- CLARK M.F., ADAMS A.N., 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *J Gen Virol.*, 34, 475-483.
- FELDMAN L., 1996. The maize root. En : *The maize handbook*, pp 28-37. Freeling, M. Walbot, V. (Ed.). 759 pp. Springer-Verlag, New York.
- FORD R.E., TOSIC M., SHUKLA D.D., 1989. Maize dwarf mosaic virus. *CMI/AAB*, No. 341.
- FUCHS E., GURNTZING M., 1995. Influence of sugarcane mosaic virus (SCMV) and maize dwarf mosaic virus (MDMV) on the growth and yield of two maize varieties. *J. Plant Dis Protect.*, 102, 44-50.
- GENTER C.F., ROANE C.W., TOLIN S.A., 1975. Effects of maize dwarf mosaic virus on mechanically inoculated maize. *Crop Sci.*, 13, 531-534.
- LÓPEZ-BELLIDO L., 1990. *Cultivos herbáceos vol.I: Cereales*, 539 pp. DE. Mundi-Prensa, Bilbao.
- LOUIE R., DARRAH L.L., 1980. Disease resistance and yield loss to sugarcane mosaic virus in East African-Adapted maize. *Crop Sci.* 20, 638-640.
- MIKEL M.A., D'ARCY C.J., FORD R.E., 1984. Seed transmission of maize dwarf mosaic virus in sweet corn. *Phytopath Z.* 110, 185-191.
- NAULT L.R., KNOKE J.K., 1981. Maize vectors. *South. Coop. Ser. Bull.* No 247, 77.
- PANAYOTOU P.C., 1981. Investigations on seed transmission of maize dwarf mosaic virus and its effect on the establishment of seedlings. *J. Plant Dis Protect.* 88, 621-625.
- ROSENKRANZ E., 1978. Grasses native or adventive to the United States as new hosts of maize dwarf mosaic and sugarcane mosaic viruses. *Phytopathology*, 68, 175-179.
- ROSENKRANZ E., SCOTT G.E., 1978. Effect of plant age at time of inoculation with maize dwarf mosaic virus on disease development and yield in corn. *Phytopathology*, 68, 1688-1692.
- ROSENKRANZ E., 1980. Taxonomic distribution of native Mississippi grass species susceptible to maize dwarf mosaic and sugarcane mosaic viruses. *Phytopathology*, 70, 1056-1061.
- ROSENKRANZ E., 1983. Susceptibility of representative native Mississippi grasses in six subfamilies to maize dwarf mosaic virus strains A and B and sugarcane mosaic virus strain B. *Phytopathology*, 73, 1314-1321.
- ROSENKRANZ E., 1987. New hosts and taxonomic analysis of the Mississippi native species tested for reaction to maize dwarf mosaic and sugarcane mosaic viruses. *Phytopathology*, 77, 598-607.
- SHEPHERD R.J., HOLDEMAN Q.L., 1965. Seed transmission of the johnson grass strain of the sugarcane mosaic virus in corn. *Plant Dis Rep.* 49, 468-469.
- SHUKLA D.D., TOSIC M., JILKA J., FORD R.E., TOLER R.W., LANGHAN M.A.C., 1989. Taxonomy of potyviruses infecting maize, sorghum, and sugarcane in Australia and the United States as determined by reactivities of polyclonal antibodies directed towards virus-specific N-termini of the coat proteins. *Phytopathology*, 223-229.
- SCOTT G.E., DARRAH L.L., WALLIN J.R., WEST D.R., KNOKE J.K., LOUIE R., GUDA R.T., BOCKHOLT A.J., DAMSTEEGT V.D., UYEMOTO J.K., 1988. Yield los-

- ses caused by maize dwarf mosaic virus in maize. *Crop Sci.* 28, 691-694.
- SCOTT G.E., ROSENKRANZ E., 1981. Effect of field distribution of Maize Dwarf Mosaic-diseased corn plants on yield. *Plant Dis.* 65, 802-803.
- STAKIĆ D., SAVIĆ R., 1984. Effect of mosaic virus disease on germination of maize seeds and dimension of primary roots of maize. *Zastita bilja*, 35, 373-377.
- TOSIC M., FORD R.E., 1972. Grasses differentiating sugarcane mosaic and maize dwarf mosaic viruses. *Phytopathology*, 62, 1466-1470.
- TOSIC M., FORD R.E., SHUKLA D.D., JILKA J., 1990. Differentiation of sugarcane, maize dwarf, johnsongrass and sorghum mosaic viruses based on reactions of oat and some sorghum cultivars. *Plant Dis.* 74, 549-552.
- TU J.C., FORD R.E., KRASS C.J., 1968. Comparison of chloroplast and photosynthetic rates of plants infected and not infected by maize dwarf mosaic virus. *Phytopathology*, 58, 285-288.
- WILLIAMS L.E., FINDLEY W.R., DOLLINGER E.J., RITTER R.M., 1968. Seed transmission studies of maize dwarf mosaic virus in corn. *Plant Dis Rep.* 52, 863-864.

(Aceptado para publicación el 15 de abril de 1998)