

76. Van Bruggen, A. 1984. Sweet potato stem blight caused by *Alternaria* sp. a new disease in Ethiopia. Netherlands Journal of Plant Pathology 90 : 155-164.
77. Vargas, A. and Gamboa. 1985. Determinación de la época crítica de competencia entre las malas hierbas y la remolacha. (*Beta vulgaris* L.). Agron. Costarr. 9 : 155-160.
78. Westbrooks, R. 1991. Plant Protection Issues. I. A commentary on new weeds in the United States. Weed Technology 5 : 232-237.
79. Wilcut, J., Walls, R. and Horton, D. 1991. Weed control yield and net returns using Imazethapyr in peanuts (*Arachis hypogaea* L.). Weed Science 39 : 238-242.
80. Wescott, C. 1960. Plant disease Handbook. D. Van Nostrand Company INC. New York. 825 pp.
81. Zimmerman, A. 1904. Untersuchungen über tropische pflanzenkrankheiten. (Investigación sobre enfermedades de plantas tropicales) Erste Mitteil. Ber. Land. u. Forstw. Deutsche Ostafrika 2 : 11-36.

EFFECTO DEL VIRUS DEL MOSAICO ENANIZANTE DEL MAÍZ RAZA VENEZOLANA SOBRE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS ASOCIADAS AL RENDIMIENTO DE TRES CULTIVARES DE SORGO

Yolibeth Rangel¹, M. J. Garrido¹ y Edgardo Monteverde²

Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Botánica Agrícola¹ e Instituto de Genética², Apartado Postal 4579, Maracay 2101A, Venezuela.

Parte del Trabajo Especial de Grado presentado por el primer autor para optar al Título de Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela.

Recibido: 20 de diciembre de 1996

RESUMEN

Rangel, Y., Garrido, M. J. y Monteverde, E. 1996. Efecto del virus del mosaico enanizante del maíz raza venezolana sobre algunas características biométricas asociadas al rendimiento de tres cultivares de sorgo. Fitopatol. Venez. 9:36-41.

Para evaluar el efecto del virus del mosaico enanizante del maíz raza venezolana sobre algunas características biométricas asociadas al rendimiento en los híbridos comerciales de sorgo (*Sorghum bicolor*) Prosevenca-5, Himeca-303 y ST-Guapo, se realizaron dos ensayos paralelos, donde cada uno correspondió a una edad distinta de inoculación. En el ensayo 1 las plantas fueron inoculadas mecánicamente a los 11 d después de la siembra, mientras que en el ensayo 2 la inoculación se realizó a los 45 d después de la siembra. Los resultados obtenidos indicaron que plantas inoculadas a los 11 d después de la siembra sufrieron retraso en la floración, disminución del tamaño y peso de la planta, reducción en la longitud y peso de la panícula y menor acumulación de materia seca. El peso de panícula fue el componente del rendimiento más afectado por la infección viral, reduciéndose en más de 50 %. En relación al peso del grano, el cultivar ST-Guapo mostró una fuerte disminución del peso de sus semillas en plantas enfermas, mientras que 'Prosevenca-5' e 'Himeca-303' mostraron una tendencia a aumentar el peso de semillas de plantas inoculadas. Cuando la inoculación se realizó a los 45 d después de la siembra no se observaron diferencias significativas entre plantas enfermas y sanas.

Palabra clave adicional: *Sorghum bicolor*

ABSTRACT

Rangel, Y., Garrido, M. J., and Monteverde, E. 1996. Effect of maize dwarf mosaic virus venezuelan strain on some biometrics characteristics associated to yield of three sorghum cultivars. Fitopatol. Venez. 9:36-41.

To evaluate the effect of the maize dwarf mosaic virus venezuelan strain on some biometrics characteristics associated with yield in the commercial sorghum hybrids (*Sorghum bicolor*) Prosevenca-5, Himeca-303 and ST-Guapo, two parallel trials, each one corresponding to a different inoculation age were carried out. In trial 1, plants were inoculated mechanically 11 days after sowing, while in trial 2, the inoculation was accomplished at 45 days after sowing. The results indicated that plants inoculated at 11 days after sowing suffered a lag in flowering, decrease of the size and weight of the plant, reduction in length and weight of panicles and smaller dry matter accumulation. The panicle weight was the yield component more affected by the viral infection, being reduced in more than 50 %. For the grain weight, the cultivar ST-Guapo showed severe decrease of the weight of its seeds in diseased plants, while the cultivars Prosevenca-5 and Himeca-303 showed a trend to increase the weight of seeds in inoculated plants. When the inoculation was accomplished at 45 days after sowing, there were not significant differences between sick and healthy plants.

Additional key word: *Sorghum bicolor*

INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) es uno de los cereales tropicales de mayor importancia en el mundo, debido a su alto valor nutritivo y a su amplia utilización en la

industria de alimentos concentrados, harinas, almidones, etc. (21). En Venezuela este cultivo reviste gran importancia, encontrándose entre los tres cereales más cultivados, y la totalidad de su producción es utilizada para la elaboración de alimentos concentrados para animales (21).

A medida que las áreas cultivadas de sorgo han ido aumentando, su producción se ha visto amenazada por el incremento de fenómenos fitopatológicos causados por hongos, bacterias y virus (16). Estos últimos revisten gran importancia en este cultivo, debido a las pérdidas que pueden ocasionar y a que sólo pueden ser controlados a través de métodos culturales, no existiendo, en la mayoría de los casos, suficiente material resistente. Dentro de estas enfermedades, el mosaico enanizante del maíz es considerado la enfermedad que más afecta al sorgo, tanto a nivel nacional como mundial (8,22). Algunos investigadores han señalado desde un 26 % hasta un 61% de disminución en el rendimiento de plantas de sorgo afectadas por esta enfermedad (11,12,24).

Las investigaciones realizadas en Venezuela han señalado la presencia de sólo dos razas del virus del mosaico enanizante del maíz (maize dwarf mosaic virus, MDMV): la raza A (MDMV-A) (9) y la raza venezolana (MDMV-V), identificada en el país como una nueva raza de este virus (7). Esta última es la que tiene mayor incidencia y está distribuida en las principales zonas productoras de maíz (*Zea mays* L.) y sorgo (3,5,8). Aunque algunos autores han señalado en el mundo una disminución en el rendimiento, tanto en maíz como en sorgo, como consecuencia de esta enfermedad viral, en Venezuela no se conoce con exactitud el efecto del MDMV-V sobre el rendimiento de estos cultivos. Por esta razón se realizó el presente trabajo, cuyo objetivo fue evaluar el efecto del virus del mosaico enanizante del maíz raza venezolana sobre algunas características biométricas asociadas con el rendimiento de tres híbridos comerciales de sorgo granero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y aislamiento viral. Se utilizó semilla certificada de tres cultivares comerciales de sorgo granero, identificados como: Prosevenca-5, Himeca-303 y ST-Guapo. El aislamiento viral utilizado fue identificado previamente como MDMV-V (7) y mantenido por transferencia periódica mediante inoculación mecánica sobre plantas de sorgo 'Río'.

Siembra y mantenimiento de plantas. Esta investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Virología Vegetal de la Sección de Fitopatología de la Facultad de Agronomía, UCV, Maracay. La semilla de los cultivares mencionados fue sembrada en bolsas de polietileno de 2 Kg de capacidad, que contenían una mezcla estéril de tierra y arena (rel. 3:1, v/v, respectivamente); la semilla fue previamente colocada en una cámara húmeda durante 48 h para que iniciara la germinación. Posteriormente, las bolsas fueron trasladadas a un cobertizo libre de insectos para plantas enfermas, y una vez que las plantas alcanzaron el tamaño adecuado, fueron inoculadas mecánicamente (23). Allí permanecieron hasta el momento de la cosecha, bajo condiciones ambientales parcialmente controladas (24,8 °C, 77,89 % hr y 5.273,66 lux).

Inoculación mecánica. La inoculación se realizó en dos fechas, tomando en cuenta el estado de desarrollo de la planta. La primera en plantas con 2 a 3 hojas (11 d después de la siembra) y la segunda, en plantas con 6 a 8 hojas (45 d después de la siembra). Para ello, se tomaron hojas jóvenes de plantas de sorgo 'Río' infectadas con MDMV-V mostrando síntomas típicos de la infección (mosaico); éstas fueron cortadas finamente y maceradas en un mortero frío y estéril al cual se

le añadió una solución de 1 % K_2HPO_4 + 0,1 % Na_2SO_3 (23), en una proporción ca 1:5 p/v. El macerado fue filtrado a través de una gasa fina para obtener el jugo infectivo, al cual se le agregó carborundum 600 como abrasivo (1-2 %). Esta mezcla se aplicó con el dedo índice sobre las hojas más jóvenes de plantas sanas. Las plantas testigo fueron inoculadas con la solución extractora mezclada con carborundum 600. Por último, las hojas fueron lavadas con agua para eliminar los restos de savia y abrasivo.

Serología. Para constatar al momento de la cosecha que las plantas inoculadas estaban infectadas con MDMV-V y las plantas testigo se encontraban sanas, se utilizó la prueba serológica de doble inmunodifusión en agar, siguiendo la metodología descrita por Purcifull (17). Para ello, fueron tomadas al azar tres muestras de follaje de plantas enfermas y tres de plantas sanas de cada cultivar en cada experimento. El antisuero contra el MDMV-V fue suministrado por M. J. Garrido (UCV, Facultad de Agronomía, Maracay).

Evaluaciones realizadas. Sobre el total de las plantas de cada tratamiento se realizaron las siguientes mediciones: floración (días transcurridos desde la siembra hasta que la mitad de la panícula de cada planta se encontraba en antesis), altura de planta, longitud de panícula y producción. Esta última variable fue medida a través de los siguientes parámetros: a) peso fresco de panícula; b) peso fresco del grano; c) peso fresco de raíz; d) peso fresco de materia verde; e) peso seco; f) porcentaje de humedad del grano.

Para la determinación de peso seco se tomaron todas las partes de la planta, se colocaron en bolsas de papel y se llevaron a una estufa a 85 °C durante 72 h. Posteriormente se pesaron y se colocaron nuevamente en estufa hasta obtener peso constante. Para la determinación del peso seco de las semillas, éstas se llevaron a una estufa a 103 °C por 72 h (2) y se pesaron hasta obtener peso constante. La determinación del porcentaje de humedad del grano al momento de la cosecha se realizó sobre base seca, tomando una muestra de 50 semillas de cada panícula.

Diseño experimental y análisis estadístico. La investigación se llevó a cabo mediante dos ensayos paralelos, cada uno de los cuales correspondía a la fecha en que se realizaba la inoculación. Para cada experimento se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con un arreglo factorial de los tratamientos de la siguiente forma: Un primer factor a dos niveles referidos a la inoculación (plantas inoculadas y no inoculadas), y un segundo factor a tres niveles referidos a los tres híbridos de sorgo. Se utilizaron nueve plantas para cada tratamiento y cada planta / bolsa representó una unidad experimental. Todos los datos fueron analizados con la ayuda del programa estadístico SAS. Las pruebas de medias se obtuvieron a través del método de Mínima Diferencia Significativa (MDS). Además se realizaron pruebas de homogeneidad de varianzas entre los experimentos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las plantas de los diferentes cultivares inoculadas con el MDMV-V mostraron síntomas de mosaico uniforme, típico de la enfermedad. En plantas inoculadas en estado de 3-4 hojas (Experimento 1) los síntomas se presentaron entre los 5 y 8 d después de la inoculación, mientras que las plantas inoculadas en estado de 6 - 8 hojas (Experimento 2) mostraron síntomas entre los 12 y 15 d después de la inoculación.

En las pruebas serológicas, los antígenos de plantas tomadas al azar dentro de los tratamientos, y que mostraban los síntomas de la enfermedad, reaccionaron positivamente con el antisuero contra el MDMV-V, observándose una reacción de identidad entre ellos y su homólogo. Los antígenos correspondientes a las plantas testigo (sanas) no reaccionaron con el antisuero mencionado. Esto evidenció que las plantas consideradas enfermas presentaban el virus (MDMV-V) y las testigo realmente se encontraban sanas.

La prueba de homogeneidad de varianza resultó significativa, por lo tanto, los experimentos fueron analizados en forma independiente. Los cuadrados medios y significación de los análisis de la varianza de los componentes del rendimiento evaluados en los dos experimentos, así como la comparación de sus medias, son presentados en los Cuadros 1, 2, 4 y 5.

Experimento 1 (Plantas inoculadas a los 11 d después de la siembra)

Floración. Los días a floración se vieron afectados por la enfermedad. De acuerdo a las pruebas de media las plantas enfermas resultaron más tardías que las plantas sanas, observándose una diferencia promedio de cuatro días entre ambos tratamientos. No se observaron diferencias significativas para la interacción híbrido x inoculación (Cuadro 1), lo que indica que todos los híbridos presentaron

un comportamiento similar. Anzola *et al.* (1) y Mikel *et al.* (15) señalaron un retraso en la madurez de híbridos de maíz dulce que habían sido inoculados con MDMV. Toler (22) señaló que la infección con este virus ocasionaba un retraso en la madurez de plantas de sorgo susceptibles. Leopardi (14) observó un retraso de 10 d en la floración de sorgo cv Chaguaramas III infectado con el virus del mosaico de la caña de azúcar (sugarcane mosaic virus, SCMV) raza B (SCMV-B).

Altura de planta. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas para el factor inoculación, indicando un efecto de éste sobre la altura de la planta. Las plantas enfermas mostraron una disminución en tamaño de 15,18 % con respecto a las plantas sanas. La interacción híbrido x inoculación no mostró diferencias significativas (Cuadro 1). La disminución de la altura de las plantas infectadas por virus ha sido ampliamente señalada por diversos autores. Jarjees y Uyemoto (12) y Toler (22) observaron un enanismo generalizado en plantas de sorgo infectadas por el MDMV. Igualmente, Leopardi (14) encontró que plantas de sorgo inoculadas con el SCMV-B presentaron menor tamaño que las plantas sanas. Algunos investigadores han indicado que este efecto pudiera deberse a la alteración en el balance de los reguladores del crecimiento, lo cual parece ser un efecto generalizado de diversos virus sobre las plantas infectadas (4,20).

Cuadro 1. Cuadrados medios y significación de los análisis de la varianza de algunos componentes del rendimiento de plantas de sorgo cvs Prosevenca-5, Himeca-303 y ST-Guapo, sanas e inoculadas mecánicamente con el MDMV-V a los 11 d después de la siembra.

Fuente de Variación	GL ⁽¹⁾	F	AP	LP	PFP	PSP	PFV	PSV	PFR	PSR	PFG	PSG	HG	PST	PFT
Híbrido	2	116,38**	213,67	62,01**	33,95**	13,98*	330,4**	51,16**	1,87**	0,74**	3,14**	0,86	1424,67**	65,35**	441,4**
Inoculación	1	203,72**	2606,49**	48,93**	222,16**	104,4**	173,91*	0,77	0,63	0,18	0,06	0,19	67,66	144**	1013,57**
Hib. x Inoc.	2	1,63	233,97	8,25	1,06	0,37	53,46	5,52	0,3	0,17	2,01**	0,76**	562,14	13,11	71,9
Error	43	9,62	186,42	3,97	6,24	3,28	34,56	3,57	0,16	0,055	0,29	0,12	185,39	11,08	67,37

⁽¹⁾ GL = Grados de libertad; F = días a floración; AP = altura de planta; LP = longitud de panícula; PFP = peso fresco de panícula; PSP = peso seco de panícula, PFV = Peso fresco de materia verde; PSV = peso seco de materia verde; PFR = peso fresco de raíz; PSR = peso seco de raíz; PFG = peso fresco del grano, PSG = peso seco del grano; HG = humedad del grano; PST = peso seco total; PFT = peso fresco total.

**Significativo al 1%, * Significativo al 5%,

Cuadro 2. Comparación de medias de algunos componentes del rendimiento de plantas de sorgo de los cultivares Prosevenca-5, Himeca-303 y ST-Guapo, sanas e inoculadas mecánicamente con el MDMV-V a los 11 d después de la siembra.

Tratamiento	F ⁽¹⁾ (d)	AP (cm)	LP (cm)	PFP (g)	PSP (g)	PFV (g)	PSV (g)	HG (%)	PFT (g)	PST (g)
Plantas sanas	68,85 a ⁽²⁾	99,00 a	16,32 a	8,54 a	5,61 a	27,78 a	6,30 a	39,57 a	39,91 a	13,07 a
Plantas enfermas	72,90 b	83,97 b	14,35 b	4,38 b	2,74 b	23,51 b	5,87 a	43,23 a	30,37 b	9,46 b
C.V. (%)	4,38	14,79	12,91	37,42	41,88	22,72	30,95	33,03	23,03	29,07
Diferencia entre tratamientos (%)	5,55	15,18	12,07	48,71	51,16	15,37	6,82	3,66	23,90	27,62

⁽¹⁾ F = días a floración; AP = altura de planta; LP = longitud de panícula; PFP = peso fresco de panícula; PSP = peso seco de panícula; PFV = peso fresco de materia verde; PSV = peso seco de materia verde; HG = humedad del grano; PST = peso seco total de la planta; PFT = peso fresco total de la planta; CV= coeficiente de variación.

⁽²⁾ Medias con letras diferentes dentro de una misma columna son estadísticamente significativas (MDS, $p=0,05$)

Longitud de panícula. Se encontraron diferencias altamente significativas entre plantas inoculadas y no inoculadas. Las panículas de plantas enfermas fueron un 12,07 % más pequeñas que las de plantas sanas; sin embargo, presentaron proporciones normales con respecto al tamaño de la planta. La mayoría de los investigadores que han señalado disminución en el tamaño de plantas de maíz y sorgo, debido al efecto del MDMV, concuerdan también en la disminución del tamaño de mazorcas o panojas (1,15,22). Leopardi (14) encontró que las plantas de sorgo inoculadas con el SCMV-B presentaron panículas más pequeñas pero de tamaño proporcional a la planta. De acuerdo a estos investigadores, el tamaño de la panícula está relacionado directamente con el tamaño de la planta, y la reducción del tamaño de panícula observada en plantas enfermas, probablemente se deba a un efecto secundario del virus, el cual afecta directamente al tamaño de la planta.

Peso de panícula. Tanto la variable peso fresco como peso seco resultaron altamente significativas para la inoculación, encontrándose diferencias entre plantas sanas y enfermas. Las panículas de plantas enfermas sufrieron una reducción en peso fresco de 48,71 % y en peso seco 51,16%, en relación a las testigo (Cuadro 2). No se observaron diferencias entre híbridos ante la inoculación. La disminución en peso de las panículas pareciera estar vinculada a la disminución en el número de los granos más que a la reducción del tamaño de la panícula o de las semillas, ya que en su mayoría, las panojas de plantas enfermas mostraron una alta proporción de granos vanos. Los pocos granos bien formados tendían a ser de mayor tamaño que los producidos por plantas sanas. Resultados similares han sido obtenidos por diferentes autores. Scheifele (18), Mikel *et al.* (15) y Serra *et al.* (19) realizaron evaluaciones a híbridos de maíz inoculados con el MDMV y encontraron que las mazorcas disminuían su peso debido principalmente a una reducción en el llenado de granos. Sin embargo, ninguno de estos autores mencionó la ocurrencia de granos vanos en sus resultados. Leopardi (14), al probar el efecto del SCMV-B sobre el rendimiento del sorgo Chaguaramas III, encontró que tanto el peso de la espiga como el número de semillas eran menores en las plantas enfermas que en las sanas.

Peso del grano. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas para la interacción híbrido x inoculación en relación al peso del grano, indicando que los híbridos tuvieron un comportamiento diferente ante la enfermedad. Los híbridos Prosevenca-5 e Himeca-303 presentaron granos de mayor peso en las plantas inoculadas en comparación con plantas sanas. Para el híbrido Prosevenca-5 la diferencia en peso entre plantas sanas y enfermas fue de 4,44 % en peso seco y 7,32 % en peso fresco, mientras que en el Himeca-303 se encontraron diferencias de 11,49 % y 19,27 % para peso seco y fresco, respectivamente (Cuadro 3).

Estos resultados corroboran lo señalado por Leopardi (14), quien encontró que el peso de las semillas de plantas de sorgo infectadas con el SCMV-B era mayor que el de las semillas de plantas sanas. Tales señalamientos pueden ser atribuidos a que las panojas de plantas enfermas de estos dos híbridos presentaron menos granos. Es de esperarse que un menor número de granos por panojas se traduzca en un mayor desarrollo de los mismos ya que existe menos competencia entre ellos. Sin embargo, el híbrido ST-Guapo manifestó un comportamiento inverso, tanto el peso fresco

Cuadro 3. Efecto de la infección con el MDMV-V sobre el peso fresco y peso seco del grano de plantas de sorgo de tres cultivares, las cuales fueron inoculadas mecánicamente con este virus 11 d después de la siembra, en comparación con plantas sanas.

Híbrido	Peso fresco (g)		Peso seco (g)	
	PS ⁽¹⁾	PE	PS	PE
Prosevenca-5	1,77	1,91	1,29	1,35
Himeca-303	2,22	2,75	1,54	1,74
ST-Guapo	2,07	1,20	1,51	0,87

⁽¹⁾PS= plantas sanas; PE= plantas enfermas.

como el peso seco de las semillas de plantas enfermas presentaron un promedio de reducción de 42,20 % (42,02 % en peso fresco y 42,38 % en peso seco). Aunque no se conoce la causa de este resultado, es probable que éste se deba a una disminución del tamaño de la semilla por efecto del virus o a una disminución en su peso específico (unidad de peso/ unidad de volumen). Edmund y Niblett (6) encontraron que plantas de sorgo inoculadas justo antes o después de la emergencia de la panícula, presentaron hasta un 40% de reducción en los rendimientos debido a una disminución del tamaño de los granos. Sin embargo, no se encontraron otros trabajos que indicaran resultados similares en sorgo o maíz. De acuerdo a estos resultados, el híbrido ST-Guapo resultó menos tolerante a la inoculación, en comparación con los otros dos híbridos estudiados, presentando los valores más altos de diferencia entre plantas sanas y enfermas para el caso de la variable peso del grano.

Peso de raíz. No se encontraron diferencias significativas para las variables peso fresco y peso seco de raíz. Las raíces de plantas sanas y enfermas presentaron pesos estadísticamente iguales, indicando que el virus no tuvo efecto sobre esta variable. En la literatura consultada no se encontraron trabajos que citaran el efecto del MDMV sobre el desarrollo del sistema radical de plantas de sorgo o maíz. No obstante, Leopardi (14) observó una disminución del crecimiento de las raíces de plantas de sorgo durante los primeros días posteriores a la inoculación con el SCMV-B. También observó que la tasa de crecimiento relativo (g/d) de las raíces de plantas sanas disminuyó bruscamente a partir de los 70 d después de la siembra, hasta alcanzar valores menores que en las plantas enfermas, cuya tasa de crecimiento se mantuvo casi constante durante ese tiempo. A partir de los 80 d las diferencias en peso seco entre plantas enfermas y sanas no fueron significativas. Estos resultados pudieran explicar el hecho de no haber obtenido diferencias entre tratamientos, ya que las plantas en esta investigación fueron cosechadas a los 80 d, momento para el cual, probablemente, las raíces de plantas enfermas hubieran compensado su retraso en el crecimiento con la disminución del crecimiento de las raíces de plantas sanas.

Porcentaje de humedad del grano. Los análisis no mostraron diferencias significativas para esta variable. Tanto las plantas sanas como las enfermas mostraron el mismo porcentaje de humedad del grano al momento de la cosecha. Es de hacer notar que la cosecha se realizó en madurez fisiológica de las plantas, debido a un alargamiento del ciclo normal del cultivo, probablemente ocasionado por las

Cuadro 4. Cuadrados medios y significación de los análisis de la varianza de algunos componentes del rendimiento de plantas de sorgo cvs Prosevenca-5, Himeca-303 y ST-Guapo, sanas e inoculadas mecánicamente con el MDMV-V a los 45 d después de la siembra.

Fuente de Variación	GL ⁽¹⁾	F	AP	LP	PFP	PSP	PFV	PSV	PFR	PSR	PFG	PSG	HG	PFT	PST
Híbrido	2	254,74	520,58	60,06	22,80	10,66	86,79	11,19	0,42	0,14	0,042	0,12	725,87	125,96	27,44
Inoculación	1	0,018	377,09	1,30	3,17	1,26	0,98	3,22	0,31	0,033	0,13	0,013	58,34	9,19	0,74
Hib. x Inoc.	2	8,074	84,07	0,98	0,62	0,065	62,61	7,86	0,068	0,037	0,14	0,009	539,40	69,44	9,99
Error	48	12,93	89,76	3,034	1,49	0,90	38,77	3,80	0,13	0,064	0,12	0,046	156,42	56,57	6,73

⁽¹⁾ GL = Grados de libertad; F = días a floración; AP = altura de planta; LP = longitud de panícula; PFP = peso fresco de panícula; PSP = peso seco de panícula; PFV = Peso fresco de materia verde; PSV = peso seco de materia verde; PFR = peso fresco de raíz; PSR = peso seco de raíz; PFG = peso fresco del grano, PSG = peso seco del grano; HG = humedad del grano; PST = peso seco total; PFT = peso fresco total.

Cuadro 5. Comparación de medias de algunos componentes del rendimiento de plantas de sorgo de los cultivares Prosevenca-5, Himeca-303 y ST-Guapo, sanas e inoculadas mecánicamente con el MDMV-V a los 45 d después de la siembra.

Tratamiento	F ⁽¹⁾ (d)	AP (cm)	LP (cm)	PFP (g)	PSP (g)	PFV (g)	PSV (g)	HG (%)	PFT (g)	PST (g)
Plantas sanas	75,92 a ⁽²⁾	84,89 a	13,20 a	4,90 a	2,74 a	18,57 a	4,80 a	51,34 a	26,67 a	8,21 a
Plantas enfermas	75,88 a	80,61 a	13,51 a	4,42 a	2,44 a	18,84 a	5,28 a	52,42 a	25,85 a	8,45 a
C.V. (%)	4,73	11,51	13,03	26,19	36,72	33,28	38,69	23,87	28,63	31,13

⁽¹⁾ F = días a floración; AP = altura de planta; LP = longitud de panícula; PFP = peso fresco de panícula; PSP = peso seco de panícula; PFV = peso fresco de materia verde; PSV = peso seco de materia verde; HG = humedad del grano; PST = peso seco total de la planta; PFT = peso fresco total de la planta; CV = coeficiente de variación.

⁽²⁾ Medias con letras diferentes dentro de una misma columna son estadísticamente significativas (MDS, $P=0,05$)

condiciones de menor luminosidad del cobertizo en relación a las condiciones naturales de campo. Aun cuando los resultados obtenidos en esta investigación indicaron que la infección viral producía un retraso en la floración, esto no afectó el índice de cosecha de las plantas, las cuales de alguna forma lograron compensar dicho retraso. También es posible que el número de días en que se retrasó la floración no sea suficiente como para causar un efecto significativo sobre la humedad del grano. Serra *et al.* (19) determinaron el porcentaje de humedad en los granos de plantas de maíz infectadas con el MDMV-A, no encontrando diferencias significativas al establecer comparaciones con plantas sanas.

Peso total de la planta. Las variables peso fresco y peso seco total de la planta presentaron diferencias altamente significativas para la inoculación. Las plantas enfermas presentaron una reducción de 23,90 % en peso fresco y 27,62 % en peso seco en comparación con las plantas sanas. El peso de la panícula resultó ser la variable asociada al peso total de la planta más afectada por la infección viral. El peso fresco de la materia verde (tallos y hojas) de plantas infectadas resultó significativo al 5 %, mostrando un 15,37% de reducción, mientras que en el peso seco no se detectaron diferencias significativas. Josephson *et al.* (13) encontraron que los híbridos de maíz infectados con el MDMV disminuyeron entre 44 a 86 g/planta por cada unidad de incremento en el grado de infección. Serra *et al.* (19) señalaron que plantas de maíz inoculadas con el MDMV-A disminuyeron su peso hectolítrico en comparación con las plantas sanas. La disminución en el contenido de materia seca (peso seco total) pudiera estar asociada a la disminución en la tasa

fotosintética y al aumento de la respiración que ocurre durante la infección viral. Gudauskas y Ford (10) mencionaron que las plantas de maíz y sorgo infectadas con el MDMV redujeron su tasa fotosintética en un 31 % y aumentaban su tasa de respiración en los periodos en que la síntesis viral era mayor. La menor tasa fotosintética, asociada con una disminución del contenido de clorofila y del número y tamaño de cloroplastos, traería como consecuencia una menor producción, mientras que altas tasas de respiración se traducirían en un mayor consumo de azúcares que deberían ser trasladados (10). Esto pudiera ser una causa de la menor concentración de materia seca en las plantas enfermas, tal como sucede en soya afectada por el virus del mosaico de la soya (14).

Experimento 2 (Plantas inoculadas a los 45 d después de la siembra)

Los análisis de varianza realizados en este experimento no mostraron diferencias significativas entre plantas inoculadas y no inoculadas para ninguna de las variables en estudio, lo que significa que el virus no tuvo efecto sobre el desarrollo de los híbridos de sorgo utilizados cuando la inoculación se realizó a los 45 d después de la siembra (Cuadros 4 y 5). Estos resultados corroboran lo señalado por numerosos investigadores (12,15,18), quienes citan no haber encontrado diferencias significativas en el rendimiento, entre plantas sanas y enfermas, cuando la inoculación se realizaba a una edad avanzada, mayor de 25 d después de la siembra.

En conclusión, las plantas inoculadas a los 11 d después de la siembra mostraron retraso en la floración, disminución en tamaño y peso total de la planta, reducción del tamaño y

peso de las panículas y menor acumulación de materia seca. Del total de variables estudiadas, el peso de las panículas fue el componente del rendimiento más afectado por la infección temprana, debido principalmente al vaneamiento de los granos. Todos los cultivares se comportaron de manera similar ante la enfermedad; sin embargo, el híbrido ST-Guapo mostró además una fuerte disminución en el peso de los granos, atribuido, probablemente, a la disminución del tamaño o del peso específico de éstos por efecto de la inoculación. El MDMV-V no tuvo efecto sobre ninguna de las variables estudiadas cuando fue inoculado en plantas de 45 d de edad, las cuales no mostraron diferencias significativas con respecto al testigo.

Sobre la base de estos resultados, se presume que cuando la infección en el campo es temprana y en gran proporción, probablemente, las pérdidas serían altas; en cambio, cuando la infección es tardía, ésta no se reflejaría en el rendimiento.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela por el financiamiento de esta investigación a través del Proyecto No. 01-30-2411-94.

LITERATURA CITADA

- Anzola, D., Romaine, C. P., and Gregory, V. 1980. Evaluación de híbridos de maíz dulce tolerantes a la enfermedad mosaico enano del maíz (VMEM). *Agronomía Trop.* 30:17-28.
- Christensen, C. M. 1970. Moisture contents, moisture transfer, and invasion of stored sorghum seeds by fungi. *Phytopathology* 60:280-283.
- Cuello de Uzcátegui, R. y Garrido, M. J. 1995. Detección de virus que afectan al maíz en dos localidades del estado Portuguesa. *Fitopatol. Venez.* 8: 20.
- Diener, T. O. 1963. Physiology of virus infected plant. *Ann. Rev. Phytopathol.* 1: 197-218.
- D'Lima, C. M. y Garrido, M. J. 1995. Detección de dos virus que afectan al maíz en San Javier, Estado Yaracuy. *Fitopatol. Venez.* 8: 20.
- Edmunds, L. K. y Niblett, C. L. 1973. Occurrence of panicle necrosis and small seeds as manifestation of maize dwarf mosaic virus infection in otherwise symptomless grain sorghum plants. *Phytopathology* 53:388-392.
- Garrido, M. J. y Trujillo, G. E. 1988. Identificación de una nueva raza del virus del mosaico enanizante del maíz (MDMV) en Venezuela. *Fitopatol. Venez.* 1:73-81.
- Garrido, M. J., Trujillo, G. E. y Cuello de Uzcátegui, R. 1994. Identificación de aislamientos virales procedentes de zonas productoras de sorgo. *Agronomía Trop.* 44:263-278.
- Garrido, M. J., Trujillo, G. E. y Cuello de Uzcátegui, R. 1996. Identificación de la raza A del virus del mosaico enanizante del maíz infectando sorgo en Venezuela. *Interciencia* 21:166-170.
- Gudauskas, R. T. and Ford, R. E. 1981. Physiology of diseases. *In* Virus and viruslike diseases of maize in The United States. D. T. Gordon, J. K. Knoke, and G. E. Scott (eds.). Wooster, Ohio. Southern Cooperative Series Bulletin 247. pp. 85-87.
- Hine, R. B., Osborne, W. E., and Dennis, R. E. 1970. Elevation and temperature effects on severity of maize dwarf mosaic virus in sorghum in Arizona. *Plant Dis. Repr.* 54:1064-1068.
- Jarjees, M. M. and Uyemoto, J. K. 1983. Maize dwarf mosaic virus: effect of time of inoculation and symptomatology on performance of sorghum (*Sorghum bicolor*). *Plant Dis.* 67: 488-489.
- Josephson, L.M., Hilty, J. W., Arnold, J. M., Kincer, H. C. and Overton, J. 1969. Grain yield of corn reduce by maize dwarf mosaic virus infection. *Plant Dis. Repr.* 53:61-63.
- Leopardi, F. 1987. Efecto de la infección del virus del mosaico de la caña de azúcar raza B sobre el rendimiento y algunos parámetros fisiológicos del sorgo híbrido Chaguaramas III. Tesis Lic. Biol. Caracas, Venezuela, Universidad Simón Bolívar. 119 pp.
- Mikel, M. A., D'Arcy, C. J., Rhodes, A. M., and Ford, R. E. 1981. Yield loss in sweet corn correlated with time of inoculation with maize dwarf mosaic virus. *Plant Dis. Repr.* 65:902-904.
- Ordosgoitti, A. y Viera, J. 1973. Una nueva enfermedad viral en maíz y sorgo en la zona central de Venezuela. *Dinámica Empresarial* 9:12-13.
- Purcifull, D.E. 1990. Ouchterlony double-diffusion tests in the presence of sodium dodecyl sulfate for detection of virion proteins and virus-induced inclusions body proteins *In* Serological methods for detection and identification of viral and bacterial plant pathogens. R. Hampton, E. Ball, and S. de Boer (eds.). Minnesota. APS Press. pp.121-122.
- Scheifele, G. L. 1969. Effects of early and late inoculation of maize dwarf mosaic virus strain A and B on shelled grain yields of susceptible and resistant maize segregates of a three way hybrid. *Plant Dis.* 52: 345-347.
- Serra, R., Puertas, G., Serra, J., Medina, V. y Achon, A. 1991. Efecto sobre el rendimiento en maíz de maize dwarf mosaic virus (MDMV). Resúmenes III Reunión Científica de la Sociedad Española de Fitopatología. Zaragoza, España. p. 47.
- Smith, S. H., Call, S. R. M., and Harrys, J. M. 1968. Auxin transport in curly top virus infected tomato. *Phytopathology* 58: 1669- 1671.
- Solórzano, P. R. 1986. El sorgo granífero, su producción en Venezuela. Protinal, C. A. Valencia, Venezuela. pp. 1-2.
- Toler, R.W. 1986. Diseases caused by virus and viruslike organisms. *In* Compendium of sorghum diseases. R. A. Fredericksen (ed.). Minnesota. APS Press. pp. 42-50.
- Walkey, D. G. A. 1985. *Applied Plant Virology*. New York, John Wiley & Sons. 329 pp.
- Wall, G. C. and Meckenstock, D. H. 1992. Sorghum diseases in Central America and the Caribbean basin. *In* Sorghum and millets diseases: A second world review. W. A. de Milliano, R. A. Fredericksen, and G. D. Bengston (eds). Patancheru, India. ICRIAT. pp. 67-73.