

EVALUACIÓN DE MÉTODOS PARA DETERMINAR RESISTENCIA AL ACAME DE RAÍCES EN MAÍZ DULCE (*Zea mays* L.)

Moraima García¹, Clarence Watson² y Francisco Salcedo¹

RESUMEN

Se condujo un experimento en condiciones de invernadero para comparar la eficiencia relativa de algunos métodos usados en la evaluación de resistencia al acame de raíces en maíz. Se evaluaron genotipos super dulce (sh2) con variables grados de resistencia, R33 (padre susceptible), Mp708 (padre resistente), las progenies por el padre resistente F2, F4 y RC1, y las progenies por el padre susceptible, RC1 y RC2. Los métodos evaluados fueron: visual, mecánico e inducido. Para el método visual se usó una escala de valores de 1 (plantas caídas) a 5 (plantas erectas). Las características medidas en el método mecánico incluyeron altura de planta, diámetro del tallo, número de nudos y largo de raíces. El método inducido consistió en medir el peso requerido para provocar la caída de la planta al halarla desde la vertical. El diseño experimental fue completamente aleatorizado. Las progenies F4 mostraron comportamiento similar al padre resistente cuando fueron evaluadas a las 9 y 10 semanas después de plantadas. El padre resistente y las progenies F4 presentaron altos valores para el número de nudos, diámetro del primer entrenudo y diámetro de raíces. El método inducido pareció ser un método objetivo, cuantitativo y eficiente para seleccionar genotipos resistentes al acame. Las correlaciones entre los métodos visual e inducido fueron altas.

Palabras clave adicionales: Métodos de evaluación de acame

ABSTRACT

Evaluation of methods to determine root-lodging resistance in sweet corn (*Zea mays* L.)

A greenhouse trial was conducted to compare the relative efficiency of methods of evaluating corn resistance to root-lodging. Supersweet (sh2) genotypes with varying degrees of lodging resistance including R33 (susceptible parent), Mp708 (resistant parent), and their F2, F4, and BC1 progenies to the resistant parent, and BC1 and BC2 progenies to the susceptible parent. Visual, mechanical, and induced methods were evaluated. A scale from 1 (lodged plants) to 5 (erect plants) was used for the visual method. Characteristics measured in the mechanical method included plant height, stalk diameter, leaf number, node number and root length. The induced method consisted of measuring the weight required to lodge the plant by pulling it from the vertical. The experimental design was a completely randomized design. The F4 progenies exhibited behavior similar to the resistant parent when evaluated at 6, 9, and 10 weeks after planting. The resistant parent and the F4 progenies had high values for number of nodes, diameter of first internode, and root diameter. The induced method appeared to be an efficient and objective quantitative method for screening genotypes for resistance to lodging. High correlations were found between the visual and induced methods.

Additional key words: Root-lodging evaluation methods

INTRODUCCIÓN

El acame de raíces en maíz es definido por Poehlman (1979) como la caída o quiebra de las plantas antes de la cosecha, estimándose las pérdidas de producción entre 5 y 25 %, especialmente cuando la misma es realizada mecánicamente (Zuber y Kang, 1978). En maíz

dulce el acame de raíces causa pérdidas considerables en la producción debido a la caída de las plantas sin llegar al llenado completo de los granos con el consiguiente deterioro de su calidad (Poehlman, 1979; Hallauer, 1987; Tracy, 1997).

Se han utilizado muchos métodos para medir la resistencia de tallos y raíces al volcamiento en

Recibido: Abril 3, 2000

Aceptado: Febrero 28, 2001

¹ FONAIAP- Centro de Investigaciones Agropecuarias del estado Monagas. Apdo. 184 Maturín, Monagas, Venezuela.

² Mississippi State University. Mississippi Agric. Forest. Exp. Sta., MAFES. P. O. Box 9653. Mississippi State, MS 39762. USA

maíz. Twumasi-Afriyie y Hunter (1982a) clasificaron los métodos para las evaluaciones de acame de tallo en maíz en: visuales, mecánicos, químicos e inducidos. Esta clasificación podría ser usada para evaluar la calidad de las raíces o acame de raíces en maíz.

El método visual es el más usado y está basado en el número de plantas erectas observadas al momento de la cosecha. Usualmente es expresado en una escala que va desde 1 (plantas completamente caídas) hasta 5 (plantas completamente erectas) o también puede ser expresado en porcentaje de plantas erectas con relación al número total de plantas en la parcela (Riedell y Evenson, 1993; Poehlman y Sliper 1995). La medición de las características de altura de planta y mazorca, peso seco de raíces y parte aérea, diámetro de tallo y raíces, y ángulo del crecimiento de raíces han sido relacionadas con la resistencia al acame; estas determinaciones cuantitativas son clasificadas como métodos mecánicos (Hebert et al., 1992). Los métodos químicos son aquellos que incluyen contenido de lignina, carbohidratos, proteínas y sólidos solubles en el grano (Twumasi-Afriyie y Hunter, 1982b). Dentro de los métodos usados para inducir y diferenciar la resistencia al acame se pueden citar la inoculación con insectos y patógenos, la resistencia al arranque inducido, tanto vertical como horizontalmente, y las altas densidades de siembra (Kevern y Hallauer, 1983; Hebert et al., 1992; Koinuma et al., 1998).

Los métodos visuales y mecánicos han sido ampliamente usados en maíz para la selección de plantas resistentes al acame (Sarasola et al., 1970; Thompson, 1982); sin embargo, la eficiencia de los mismos en el proceso de selección es afectada por las condiciones ambientales. Hebert et al. (1995) evaluaron la interacción genotipo x ambiente (GxA) para algunas características de la raíz del maíz y confirmaron que la interacción GxA afectó la morfología de las raíces. Los autores concluyen que dicha interacción pudo ser debida a diferencias en temperatura y precipitación durante la fase de iniciación y crecimiento de las raíces adventicias.

La resistencia al arranque de raíces o los métodos inducidos han sido correlacionados con el acame, incrementándose en los últimos años estas metodologías en la selección de la calidad de raíces (Kevern y Hallauer, 1983; Beck et al.,

1988; Treat y Tracy, 1993). La resistencia al arranque vertical es medida como la fuerza necesaria para arrancar el sistema radical desde el suelo, usando para ello un arrancador hidráulico aplicado en la base de la planta (Rogers et al., 1976). Recientemente, Koinuma et al. (1998) describió otro método de inducción al acame denominado arranque horizontal, definido como la máxima fuerza requerida para arrancar una planta midiendo la fuerza a través de una estaca atada a un metro de altura con relación al suelo. La fuerza es aplicada con un ángulo de inclinación de 20 a 30° con relación a la vertical. El mismo autor encontró que el método fue eficiente para la evaluación de la resistencia al acame de raíces en diferentes genotipos de maíz.

Las evaluaciones visuales de los daños ocurridos en el campo podrían ser clasificadas como métodos directos y las evaluaciones de características morfológicas y químicas de las plantas así como la inducción al acame aplicando fuerzas externas podrían ser clasificadas como métodos indirectos.

El presente estudio tuvo como objetivo comparar el método directo o visual de ocurrencia de acame con métodos indirectos de evaluación de acame de raíces en maíz dulce, evaluados en condiciones de invernadero para nuevas alternativas en la selección de progenies genéticamente resistentes con la mínima restricción de condiciones ambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue instalado en invernaderos pertenecientes al MAFES-Mississippi State University durante el período noviembre 1998 - febrero 1999. Se evaluaron genotipos de maíz extra dulce (sh2) con diferentes grados de resistencia al acame de raíces, incluyendo a las líneas consanguíneas usadas como progenitores, R33 (susceptible) y Mp708 (resistente), y algunas progenies F2, F4 y RC1 por el padre resistente y RC2 y RC3 por el padre susceptible.

Las semillas de cada uno de los genotipos fueron plantadas separadamente en potes de 3 galones de capacidad utilizando como sustrato una mezcla de arena y suelo en la proporción de 1:1. Las plantas fueron raleadas 7 días después de la siembra cortándolas a nivel del suelo para evitar

daño en las raíces. Se seleccionó una planta por pote para su posterior evaluación. El riego se aplicó en días alternos y el fertilizante fue aplicado con el agua de riego utilizando una solución de 20:10:20 NPK.

Para las evaluaciones se usaron métodos directos (acame natural) e indirectos (características morfológicas e inducción de acame), evaluándose las plantas individualmente

para cada método. Las evaluaciones visuales o de acame natural (método visual) fueron realizadas a las 6, 9 y 10 semanas después de la siembra utilizando una escala de valores de 5 clases (Figura 1), donde la clase 5 indicó un alto nivel de resistencia al acame con plantas completamente erectas (0° con relación a la vertical) y la clase 1 indicó un alto nivel de susceptibilidad al acame (60° a 90° con relación a la vertical).

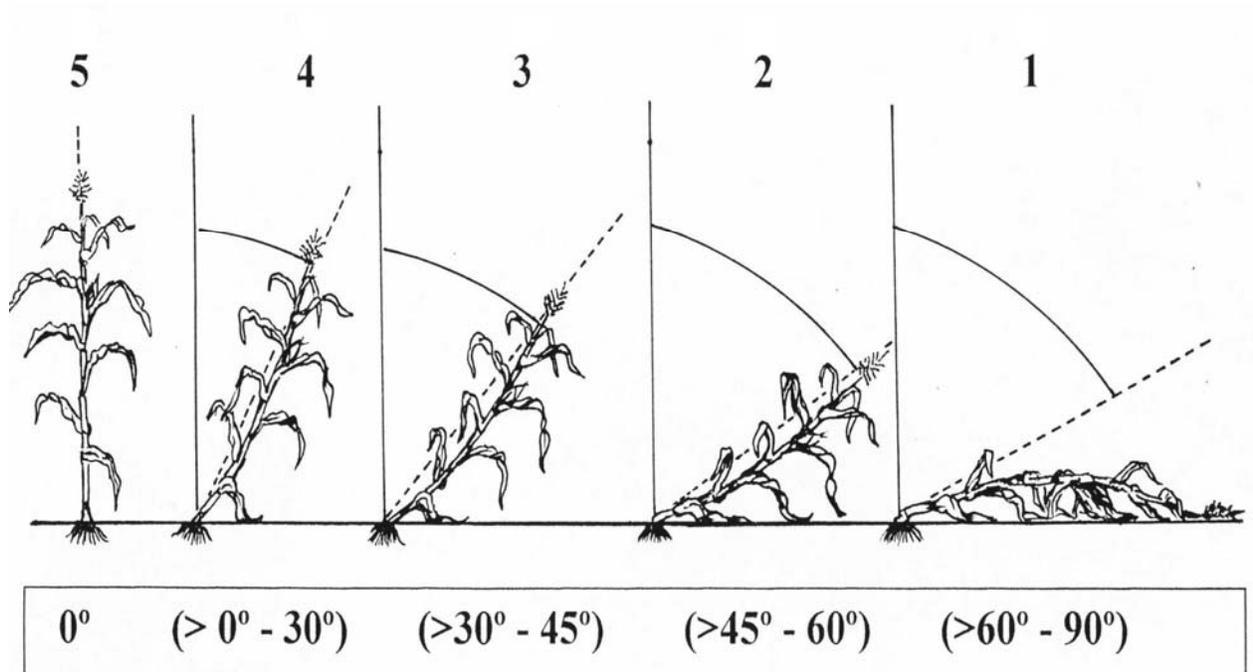


Figura 1. Escala usada para evaluar el acame de raíces en plantas de maíz dulce. Escala con rango desde clase 5 (plantas erectas, equivalente a 0 grados de inclinación desde la vertical) hasta clase 1 (plantas con más de 60 grados de inclinación desde la vertical).

Las características morfológicas de la parte aérea y radical de la planta (método mecánico) fueron medidas al final del crecimiento vegetativo, aproximadamente 10 semanas después de la siembra. En la Figura 2 se presentan algunos parámetros utilizados para esta determinación. Las raíces fueron removidas cuidadosamente del suelo por lavado, previo a las evaluaciones, para lograr una mejor precisión y el mínimo daño a las raíces.

Debido a lo relativamente complejo de las técnicas para inducir el acame, según lo señalado por otros autores (Rogers et al., 1976; Kevern y

Hallauer, 1983; Treat y Tracy, 1993), se diseñó un método más sencillo y económico (método inducido) mediante el cual se ató una cuerda en el tallo a una altura definida (6° ó 7° entrenudo) aplicándose una fuerza en el extremo inferior para provocar la caída, manteniendo la cuerda con un ángulo de 45° desde la vertical. Posteriormente se fueron colocando pesas hasta lograr la caída o el arranque de la planta. Se registró el peso necesario para abatir la planta, considerando como más resistentes aquellas plantas que requirieron más peso para ser derribadas o arrancadas (Figura 3).

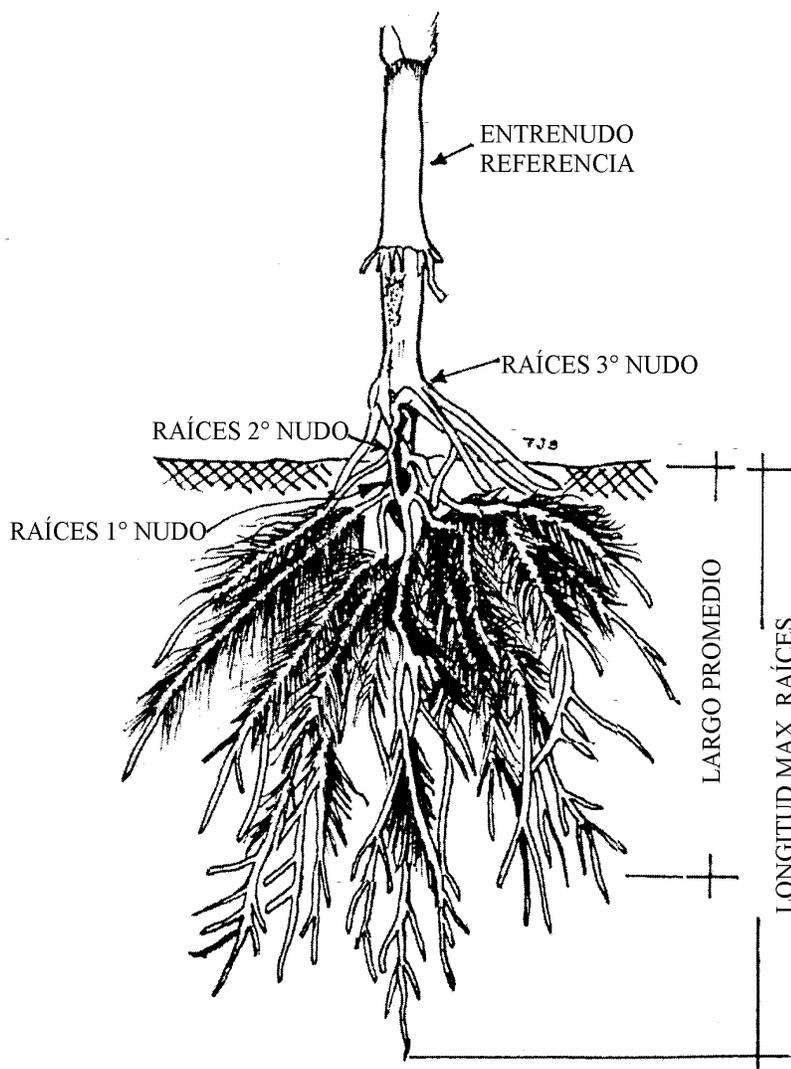


Figura 2. Parámetros usados en el método mecánico para la evaluación de las características morfológicas de plantas de maíz dulce.

El diseño experimental fue un completamente aleatorizado con un número variable de observaciones por entrada. Se evaluaron 5 plantas para los progenitores y las progenies en F4 y 15 plantas para los retrocruzamientos y progenies en F2. Los resultados obtenidos por el método visual fueron analizados usando el método estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis (Siegel, 1956) y la prueba de medias de Bonferroni usando el programa Statistix. Para los otros métodos los datos fueron sometidos a un análisis de varianza usando el procedimiento GLM del programa SAS (versión 6.3, Cary, NC) con el objeto de detectar diferencias entre genotipos.

Se aplicaron las pruebas de medias de Fisher y de rangos múltiples de Duncan (Steel y Torrie, 1982). Se realizaron correlaciones entre los métodos directo e indirecto a los fines de comparar la eficiencia entre ellos para la selección de resistencia al acame, utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. Así mismo, se usaron datos de las mismas poblaciones genéticas evaluadas en condiciones de campo usando el método visual con el propósito de estudiar la posible correlación entre métodos de campo e invernadero y sus futuras extrapolaciones y aplicabilidad en estudios posteriores.

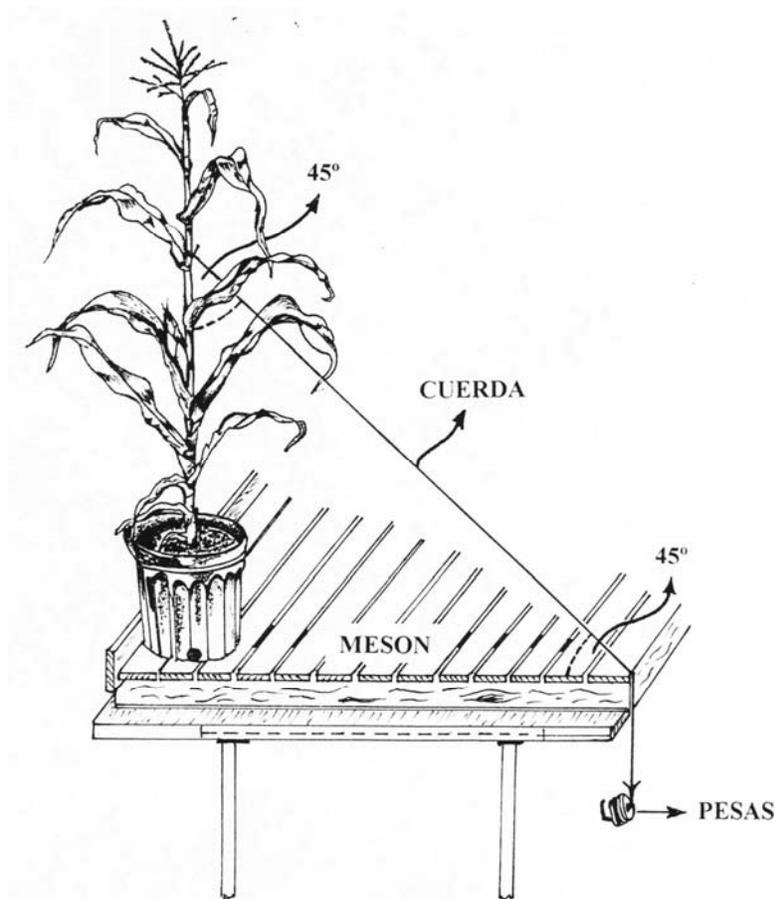


Figura 3. Detalles del sistema inducido, usado para evaluar el acame de raíces en plantas de maíz dulce.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Método mecánico

a. Características de la parte aérea

Se detectaron diferencias significativas entre genotipos para todas las características evaluadas de la parte aérea (Cuadro 1). El padre susceptible, R33, fue significativamente diferente y presentó menores valores en comparación a las otras entradas excepto para la longitud del entrenudo de referencia. El padre resistente, Mp708, presentó altos valores en características del tallo. Las progenies en F2 y los retrocruzamientos por R33 variaron en sus características del tallo y las progenies en F4 se comportaron, en su mayoría, similares al padre resistente Mp708. El padre resistente y las progenies F4 presentaron los valores más altos para el número de nudos y el diámetro del entrenudo.

b. Características del sistema radical

Las características del sistema radical de las entradas fueron significativamente diferentes para largo de raíces, número de raíces presentes en el 1° nudo, diámetro medio de raíces, ángulo entre el tallo y las raíces, volumen y peso fresco y seco de raíces (Cuadro 2). Las Líneas Mp708 y R33 difirieron significativamente para todas las características de diámetro de raíces y el ángulo tallo-raíz.

La Línea Mp708 (padre resistente) y las progenies F4 seleccionadas por su resistencia al acame de raíces mostraron valores bajos para el ángulo entre el tallo y las raíces laterales, encontrándose diferencias significativas con relación al padre susceptible R33. De igual manera, la Línea Mp708 y las progenies F4 seleccionadas por su resistencia al acame exhibieron mayor diámetro medio de raíces y se mostraron significativamente diferentes al

padre susceptible. Estos resultados son similares a los presentados por Hebert et al. (1992) quienes

reportaron que las plantas de maíz resistentes al acame presentaron las raíces más gruesas.

Cuadro 1. Valores promedios para las características de la parte aérea de plantas de maíz dulce desarrolladas en condiciones de invernadero.

Entrada	Altura de planta	Número de nudos	Diám. entrenudo de referencia	Long. entrenudo de referencia	Peso parte aérea	
	cm		mm	cm	Fresco g	Seco g
Mp708	114,6 b	12 ab	10,36 ab	22,80 ab	166,02 bcd	51,96 ab
R33	69,0 d	8 e	7,26 e	17,32 abc	95,68 f	17,94 e
RC1-Mp708	102,2 bc	12 ab	9,57 ab	19,78 abc	167,90 bcd	40,59 bc
RC1S2-R33	101,5 bc	11 ab	7,75 cd	23,46 a	131,35 cdef	32,28 cd
RC1S1-R33	91,2 c	9 d	8,01 cd	12,16 c	110,02 ef	20,60 de
F2-702-1	140,7 a	12 ab	10,45 a	20,40 abc	222,50 a	57,35 a
F2-702-3	107,1 bc	9 d	9,67 ab	19,02 abc	170,14 bcd	33,57 c
F4-404-1-1	108,2 bc	12 ab	8,90 bc	13,22 bc	146,94 cde	37,81 c
F4-404-1-2	103,2 bc	11 ab	10,06 ab	11,50 c	161,78 bcd	41,83 bc
F4-404-1-3	108,6 bc	12 ab	9,44 ab	16,57 abc	158,36 bcd	36,35 c
F4-404-1-4	105,4 bc	11 ab	10,85 a	24,44 a	196,14 ab	41,78 bc
F4-411-2-5	91,2 c	10 cd	10,02 ab	22,45 ab	168,04 bcd	36,35 c
CV (%)	13,62	8,87	10,62	24,87	17,45	6,07

Valores con igual letra no difieren estadísticamente, según la prueba de Duncan al 0,05

Método visual

El análisis de varianza de los rangos señalados por el método de Kruskal–Wallis mostró diferencias significativas entre tratamientos para las evaluaciones realizadas a las 9 y 10 semanas después de la siembra. En el Cuadro 3 se muestran los valores medios obtenidos para cada una de las evaluaciones. Como se puede observar, sólo se logró detectar diferencias entre medias para las

evaluaciones de acame realizadas a las 10 semanas después de la siembra. No obstante, los valores reales o escala de valores aplicada en el campo tendieron a mostrar algunas diferencias entre materiales resistentes y susceptibles. Estos resultados revelan que la mayoría de las progenies F4 seleccionadas para resistencia se comportaron de manera similar al padre resistente Mp708, como era de esperarse.

Cuadro 2. Valores medios para las características de la parte radical de plantas de maíz dulce desarrolladas en invernadero.

Entrada	Largo promedio de raíces	N° raíces 1° nudo	Diámetro de raíces	Angulo tallo-raíz	Volumen radical	Peso de raíces	
						cm	mm
Mp708	33,2 ab	10 bc	2,82 ab	39,9 b	62,4 abcd	36,2 cd	4,5 bcd
R33	31,4 abc	11 bc	2,21 e	60,9 a	48,2 cd	38,7 cd	3,9 bcd
RC1-Mp708	33,0 ab	10 bc	2,69 abc	39,9 b	58,4 bcd	43,0 abcd	5,6 abc
RC1S2-R33	32,0 abc	11 bc	2,33 cde	36,1 b	56,0 bcd	41,9 bcd	6,2 abc
RC1S1-R33	25,8 c	8 c	2,20 e	43,1 b	40,2 d	13,2 e	1,8 d
F2-702-1	29,4 abc	12 ab	2,91 a	37,1 b	86,4 a	62,6 a	7,6 ab
F2-702-3	28,4 abc	10 bc	2,64 abcd	40,5 b	54,1 bcd	34,9 cd	3,8 cd
F4-404-1-1	32,6 ab	12 ab	2,64 abcd	35,2 b	68,4 abc	48,4 abcd	6,8 abc
F4-404-1-2	27,0 bc	10 bc	2,91 a	35,7 b	53,0 bcd	37,9 cd	4,4 bcd
F4-404-1-3	32,6 ab	11 bc	2,71 abc	34,3 b	54,4 bcd	31,0 de	4,0 bcd
F4-404-1-4	29,2 abc	14 a	2,70 abc	35,9 b	76,8 ab	59,8 ab	8,6 a
F4-411-2-5	34,6 a	12 ab	2,08 e	41,3 b	77,6 ab	55,0 abc	6,5 abc
CV (%)	14,36	20,60	11,06	23,37	19,35	23,28	21,76

Valores con igual letra no difieren estadísticamente, según la prueba de Duncan al 0,05

Método inducido

En el Cuadro 4 se muestran los valores medios del peso requerido para provocar la caída de las plantas obtenidos al evaluar la resistencia al acame inducido para cada una de las entradas utilizadas en el estudio. La utilización del método inducido para provocar el arranque o caída de las plantas al nivel de invernadero resultó eficiente para discriminar materiales resistentes. Este

método permitió detectar no sólo diferencias entre padres resistentes y susceptibles sino también entre las progenies F4 utilizadas en el estudio, las cuales habían sido seleccionadas por su resistencia al acame utilizando el método visual. Esto indica que el método inducido podría ser utilizado de manera efectiva en la selección para acame de raíces, aún cuando las condiciones ambientales no fuesen adecuadas.

Cuadro 3. Valores promedios reales y rangos de acame usando el método visual ⁽¹⁾.

Entrada	Acame de raíces					
	6 semanas		9 semanas		10 semanas	
	Valores reales ^{1/}	Rango de medias	Valores reales	Rango de medias	Valores reales	Rango de medias
Mp708	5,0	43,50	5,0	51,00	4,6	45,40 b
R33	5,0	43,50	2,6	6,04	2,0	11,30 b
RC1-Mp708	5,0	43,50	5,0	51,00	5,0	58,00 a
RC1S2-R33	5,0	43,50	5,0	51,00	5,0	58,00 a
RC2S1-R33	3,4	27,30	4,2	20,20	1,4	8,00 b
F2-702-1	4,3	43,50	4,8	38,20	4,1	38,20 b
F2-702-3	4,2	35,40	4,8	35,00	3,3	28,00 b
F4-404-1-1	5,0	43,50	5,0	51,00	5,0	58,00 a
F4-404-1-2	5,0	43,50	5,0	51,00	4,8	51,70 b
F4-404-1-3	5,0	43,50	5,0	51,00	5,0	58,00 a
F4-404-1-4	5,0	43,50	5,0	51,00	4,8	51,70 b
F4-411-2-5	5,0	43,50	4,8	43,00	4,4	39,10 b
Significancia	ns		ns		0,10	

⁽¹⁾ Escala visual de acame natural variable desde 1= plantas caídas con ángulo de 90° con respecto a la vertical, hasta 5= plantas erectas con ángulo de 0° con respecto a la vertical.

Rango de medias de acuerdo al método de Kruskal-Wallis

Valores con igual letra no difieren estadísticamente, según la prueba de Bonferroni al 0,10 ns: no significativo

Correlación entre el método visual y el mecánico

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de los análisis de correlación entre evaluaciones visuales y diferentes características de la parte aérea y radical que resultaron significativos. El número de nudos en el tallo, peso seco de la parte aérea, peso seco de raíces, longitud media de raíces y diámetro medio de raíces presentaron correlaciones de moderada a altamente significativas con evaluaciones visuales realizadas, a las 9 y 10 semanas después de la siembra. El ángulo entre el tallo y la raíz estuvo negativamente correlacionado con el acame de las raíces evaluadas visualmente a las 9 y 10 semanas. Hebert et al. (1992) también encontraron correlaciones significativas entre evaluaciones visuales y el ángulo entre el tallo y las raíces.

Cuadro 4. Fuerza (peso) requerida para inducir acame en plantas de maíz dulce desarrolladas en condiciones de invernadero.

Entrada	Fuerza (g)
Mp708	114,82 bcde
R33	0,00 g
RC1-Mp708	117,38 bcde
RC1S2-R33	72,50 def
RC1S1-R33	4,18 g
F2-702-1	70,68 ef
F2-702-3	37,27 fg
F4-404-1-1	134,28 bc
F4-404-1-2	199,48 a
F4-404-1-3	123,34 bcd
F4-404-1-4	155,74 ab
F4-411-2-5	115,84 bcde

CV: 3,68 %

Valores con igual letra no difieren estadísticamente, según la prueba de Duncan al 0,05

Correlación entre el método visual y el método inducido

Los resultados de las evaluaciones de acame inducido se correlacionaron significativamente con aquellas de acame natural (Cuadro 6) a las 9 y 10 semanas después de la siembra ($r = 0,55^{**}$ y $0,65^{**}$,

respectivamente). No se observó correlación a las 6 semanas. Kevern y Hallauer (1993), comparando poblaciones de maíz en el campo, encontraron baja correlación entre estos dos métodos. Sin embargo, estos autores usaron diferentes técnicas para inducir el acame en condiciones de campo.

Cuadro 5. Correlaciones entre el método visual y el método mecánico, aplicados para evaluar acame de raíces en plantas de maíz dulce desarrolladas en invernadero.

Características morfológicas	Método visual		
	6 Semanas	9 Semanas	10 Semanas
Altura de planta	0,04	0,36**	0,30**
Nº de nudos	0,16	0,50**	0,55**
Diámetro entrenudo	-0,05	0,32**	0,29**
Largo entrenudo	0,09	0,07	0,12
Peso fresco parte aérea	0,02	0,29**	0,31**
Peso seco parte aérea	0,13	0,36**	0,41**
Largo de raíces	-0,22*	0,16	0,34**
Nº raíces	0,21	0,18	0,27*
Diámetro de raíces	0,07	0,20	0,29**
Angulo tallo-raíz	-0,26	-0,58**	-0,33**
Volumen radical	0,20	0,18	0,24*
Peso fresco raíces	0,28*	0,16	0,31**
Peso seco de raíces	0,23*	0,23*	0,35**

*, **: Significativamente diferente de cero a los niveles de probabilidad de 0,05 y 0,01, respectivamente

Correlaciones entre evaluaciones de campo e invernadero

El método inducido se correlacionó significativamente con las evaluaciones visuales realizadas al nivel de invernadero ($r = 0,65$;

Cuadro 6) y de campo ($r=0,70$; Cuadro 7). Tales resultados indican que la inducción de acame en el invernadero resultó efectiva para discriminar materiales resistentes y susceptibles al acame de raíces en el invernadero.

Cuadro 6. Correlaciones entre el método visual e inducido aplicados para evaluar acame de raíces en plantas de maíz dulce desarrolladas a nivel de invernadero.

Método inducido	Método visual		
	6 Semanas	9 Semanas	10 Semanas
	0,16	0,55**	0,65**

** : Significativamente diferente de cero al nivel de probabilidad de 0,01

Cuadro 7. Correlación entre métodos de campo e invernadero aplicados para evaluar acame de raíces en maíz dulce.

Método en invernadero	Grado de acame en campo 12 semanas
Inducido	0,70**
Visual 6 semanas	0,35**
Visual 9 semanas	0,44**
Visual 10 semanas	0,60**

** : Significativamente diferente de cero al nivel de probabilidad de 0,01

CONCLUSIONES

En el método mecánico el peso fresco y seco del tallo, el diámetro del tallo, el ángulo comprendido entre el tallo y las raíces, el volumen radical y el diámetro medio de raíces fueron las características más discriminatorias para la diferenciación de plantas resistentes y susceptibles al acame.

El método visual resultó efectivo para la selección de plantas resistentes cuando fue

aplicado a las 10 semanas después de la siembra.

La técnica de inducción de acame usada en el invernadero fue fácil de usar y resultó efectiva para la discriminación de genotipos resistentes al acame de raíces al nivel de invernadero.

Debido a su aplicación en condiciones de invernadero, la selección para acame de raíces podría ser realizada de manera efectiva usando el método inducido, cuando las condiciones ambientales no fuesen adecuadas para esta selección.

LITERATURA CITADA

1. Beck, D. L., L. L. Darrah y M. S. Zuber. 1988. Effect of sink level on root and stalk quality in maize. *Crop Sci.* 28:11-18.
2. Hallauer, A. R. 1987. Maize. *In:* W. R. Fehr (ed.) Principles of Cultivar Development. Macmillan Publishing Company. New York. Vol. 2. pp. 249-294.
3. Hebert, Y., Y. Barriere, y J. C. Bertholeau. 1992. Genotype x environment in interaction for root traits in maize, as analyzed with factorial regression models. *Euphytica* 81:85-92.
4. Hebert, Y., C. Plomion y N. Harzic. 1995. Genotype x environment interaction for root trait in maize, as analyzed with factorial regression models. *Euphytica* 81: 85-82.
5. Kevern, T. C., y A. R. Hallauer. 1983. Relation of vertical root-pull resistance and flowering in maize. *Crop. Sci.* 23:357-363.
6. Koinuma, K., F. Ikegaya y E. Ito. 1998. Heterotic effects for root lodging resistance in F₁ hybrids among dent flint inbred lines of silage maize. *Maydica* 44:13-17.
7. Poehlman, J. M. 1979. *Breeding Field Crops*. 2nd ed. AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.
8. Poehlman, J. M. y D. A. Sliper. 1995. *Breeding field crops*. 4th ed. Iowa State University Press. Ames, Iowa.
9. Riedell, W. E. y P. D. Evenson. 1993. Rootworm feeding tolerance in single-cross maize hybrids from different eras. *Crop Sci.* 33:951-955.
10. Rogers, R. R., W. A. Russell, y J. C. Owens. 1976. Evaluation of a vertical pulling technique in population improvement of maize for corn root-worm tolerance. *Crop Sci.* 16:591-594.
11. Sarasola de, M. A., E. J. Alliot y A. A. Sarasola. 1970. Vuelco del maíz. II. Sus relaciones con altura. Diámetro inferior del tallo, volumen aéreo, volumen radical e índice parte aérea-raíz de las plantas. *Revista de Investigaciones Agropecuarias, INTA.* 7:77-88.
12. Siegel, S. 1956. *Non parametric Statistics for the Behavioral Sciences*. McGrawHill. New York.
13. Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1982. *Principles and Procedures of Statistics*. 2nd ed. McGraw-Hill. New York.
14. Thompson, D. L. 1982. Grain yield of two synthetics of corn after seven cycles of selection for lodging resistance. *Crop Sci.* 1207-1210.
15. Tracy, W. F. 1997. History, genetics, and breeding of supersweet (shrunken2) corn. *In:* J. Janick (ed.) *Plant Breeding Reviews*. Vol. 14. John Wiley and Sons. New York. pp. 190-236.
16. Treat, C. L. y W. F. Tracy. 1993. Contributions of dent corn germplasm to stalk and root quality in sweet corn. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118: 885-889.
17. Twuamasi-Afriyie, S. y R. B. Hunter. 1982a. Evaluation of quantitative methods for determining stalk quality in short-season

- corn genotypes. *Can. J. Plant Sci.* 62: 55-60.
18. Twumasi-Afriyie, S. y R. B. Hunter. 1982b. Lodging-enhancing techniques for use on corn performance trials in short-season areas. *Can. J. Plant Sci.* 62:299-304.
19. Zuber, M. S. y M. S. Kang. 1978. Corn lodging slowed by sturdier stalks. *Crop Soils* 30:13-15.