

Respuesta de Cuatro Genotipos de Maíz Tropical al Achaparramiento Ocasionado por *Spiroplasma kunkelli*



Response of Four Genotypes of Tropical Corn to the Stunt Caused for *Spiroplasma kunkelli*

Reynol Fernández-Aguilar^{1*}, Arnoldo Oyervides-García², Alfonso López-Benítez², José Espinoza-Velázquez², Sergio Rodríguez-Herrera²

¹ Maestría en Ciencias en Fitomejoramiento, ²Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Colonia Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México.
Correo-e: reynolfernandez@hotmail.com (*Autor responsable).

RESUMEN

El achaparramiento del maíz o corn stunt spiroplasma (CSS), causado por *Spiroplasma kunkelli*, es una de las enfermedades más destructivas del cultivo del maíz en el trópico húmedo del continente americano. En México, esta enfermedad ocasiona grandes pérdidas económicas y grave deterioro en los índices de productividad del maíz. El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de cuatro genotipos de maíz al complejo del achaparramiento (*S. kunkelli*) transmitido por *Dalbulus maydis* y su relación con el rendimiento, niveles de resistencia -mediante área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)- y la tasa aparente de infección (r). El experimento se desarrolló en Úrsulo Galván, Ver., México. Se utilizaron los genotipos de maíz AN-543 y AN-543R, y los testigos comerciales A-7575 y VS-536. Se probaron doce fechas de siembra bajo condiciones de riego y seco y se realizaron tres muestreos por fecha de siembra, con intervalos de quince días (60, 75 y 90 d). Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar. Los resultados indicaron que los genotipos AN-543 y AN-543R son más resistentes al achaparramiento del maíz que los testigos. Los genotipos con mayor ABCPE, presentaron mayor tasa de infección en las fechas de siembra de marzo, abril y mayo. Se observó una baja correlación entre rendimiento y ABCPE. El grado de asociación entre ABCPE y la tasa r es más estrecha, al nivel del 45 %, indicando que los materiales más susceptibles tienden a presentar mayor avance de la enfermedad.

Palabras clave: *Zea mays*, *Spiroplasma kunkelli*, tasa aparente de infección, área bajo la curva.

ABSTRACT

The corn stunt spiroplasma (CSS), caused by *Spiroplasma kunkelli*, is one of the most destructive diseases of maize in the humid tropics of the Americas. In Mexico, this disease causes huge economic losses and serious deterioration in maize productivity rates. The aim of this study was to evaluate the response of four genotypes of maize to stunt complex (*S. kunkelli*) transmitted by *Dalbulus maydis* and its relationship to performance, resistance levels -by area under the disease progress curve (AUDPC)- and the apparent infection rate (r). The experiment was conducted in Ursulo Galvan, Ver., Mexico. The maize genotypes AN-543 and AN-543R, and the commercial controls A-7575 and VS-536 were evaluated. Twelve sowing dates under irrigated and rainfed conditions were tested and three samples by planting date were carried out at fifteen days intervals (60, 75 and 90 d). The experimental design was a randomized complete block. The results indicated that the genotypes AN-543 and AN-543R are more resistant to corn stunt than the controls. Genotypes with greater AUDPC had a higher infection rate in planting dates of March, April and May. There was a low correlation between performance and AUDPC. The degree of association between AUDPC and rate r is narrower at 45 % level, indicating that the most susceptible materials tend to have a greater disease progression.

Key words: *Zea mays*, *Spiroplasma kunkelli*, apparent infection rate, area under the disease-progress curve.

Recibido: Febrero, 2010.
Aceptado: Junio, 2012.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo agrícola más importante en México; la producción total de este cereal ha aumentado en los últimos quince años, al pasar de 18.04 millones de toneladas, en la segunda mitad de los años 90, a 22.29 en el año 2008 (CONAPO, 2009).

El achaparramiento del maíz o corn stunt Spiroplasma (CSS), causado por *Spiroplasma kunkelli*, es una de las enfermedades más destructivas del cultivo del maíz en el trópico húmedo del continente americano, particularmente, cuando las condiciones climáticas como son: escasez de lluvias, altas temperaturas y baja humedad relativa favorecen el desarrollo del cicadélido *Dalbulus maydis*, vector de esta enfermedad.

Mendoza *et al.* (2002) demostraron que es un par de genes, el que gobierna la resistencia a la enfermedad achaparramiento causada por *S. kunkelli*, por lo tanto, es recomendable un programa de retrocruzamiento para incorporar ese gen dominante a un híbrido, en su caso, también es viable formar poblaciones a través de selección recíproca recurrente, no tanto para selección recurrente intrapoblacional, ya que el avance genético a la resistencia es más lento.

Sin embargo, es difícil reconocer las formas de resistencia poligénicas para un carácter dado, si está presente la resistencia específica, además puede haber incompatibilidad entre la alta resistencia a las enfermedades y el buen rendimiento en grano. Así mismo, Varón De Agudelo *et al.* (2001) mencionan que el achaparramiento del maíz es transmitido por el saltahojas *D. maydis* en todos los estados del insecto -ninfas y adultos- que son capaces de adquirir y transmitir la enfermedad; y que las ninfas son las más eficientes.

Castañón *et al.* (2000), evaluaron líneas S_1 de maíz y sus progenitores para estudiar su respuesta al achaparramiento y encontraron que los efectos aditivos (ACG), fueron más importantes que los no-aditivos (ACE), y también observaron que los mejores cruzamientos para rendimiento de grano, fueron aquellos donde participaron una línea resistente y una susceptible.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de cuatro genotipos de maíz al complejo del achaparramiento (*S. kunkelli*) transmitido por *D. maydis* y su relación con el rendimiento, niveles de resistencia mediante área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) y la tasa aparente de infección (r).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

Este trabajo de investigación se realizó en el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 17 de Villa Úrsulo Galván, Ver., México, situada en la zona central Costera del estado de Veracruz, limita con los municipios de Actopan, Puente Nacional, José Cardel, La Antigua y el Golfo de México. La ubicación es de 19° 24' 17" LN, 102° 46' 28" LO y con una altitud de 8 m, su precipitación media anual es de 1296 mm y una temperatura media anual de 32.5 °C, característicos del trópico húmedo.

Material genético

El experimento se estableció bajo condiciones de riego y secano; inició en julio de 2006 y terminó en junio de 2007. Los genotipos de maíz utilizados para este trabajo fueron las variedades sintéticas del programa de mejoramiento genético de maíz tropical de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: AN-543 y AN-543R; y los materiales comerciales de la región: híbrido A-7573 y la variedad VS-536 se utilizaron como testigos.

Trabajo de campo

Las variables evaluadas fueron: índice de achaparramiento y rendimiento. Para la determinación del índice de achaparramiento en campo, se usó la metodología descrita por Grogan y Rosenkranz (1968): 1) sin síntomas; 2) síntoma visible en las hojas, en el 25 % de la planta, achaparramiento no evidente; 3) síntomas en las hojas, en la mitad de la planta, acompañado de moderado achaparramiento; 4) síntomas en las hojas, en el 75 % de la planta, acompañado de severo achaparramiento; 5) más del 75 % de la planta con síntomas en las hojas y severo achaparramiento.

Para determinar el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) se usó la siguiente ecuación (Shaner y Fitney, 1977).

$$ABCPE = \sum_{i=1}^n \left[(x_{(i+1)} + x_i) / 2 \right] (t_{(i+1)} - t_i)$$

Donde: x_i es la proporción de la enfermedad en la i -ésima observación; $t_{(i+1)} - t_i$ es el tiempo entre dos lecturas; i es el número de observaciones, y n es el número de valuaciones.

La tasa de infección (r), se determinó con la ecuación propuesto por Van der Plank (1986).

$$r = \frac{2.3}{t_2 - t_1} \log_{10} \frac{x_2 (1 - x_1)}{x_1 (1 - x_2)}$$

Donde: $t_2 - t_1$ es número de días; x_1 es la cantidad de enfermedad en el tiempo t_1 ; x_2 es la cantidad de enfermedad en el tiempo t_2 ; r es la tasa de infección.

Diseño experimental

Para llevar a cabo esta investigación se utilizó un diseño de bloques completos al azar, donde se evaluaron cuatro genotipos de maíz, diez repeticiones cada una y doce fechas de siembra en una sola localidad (Úrsulo Galván, Ver., México) bajo condiciones de riego y secano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las fuentes de variación: fechas de siembra, genotipos y la interacción de ambas, para las variables: índice de enfermedad, rendimiento y ABCPE, mostraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$), esto se debió a la variación en los niveles de enfermedad —por las condiciones climáticas de humedad relativa y temperatura— (Cuadro 1). Hernández *et al.* (2008) reportan que en la interacción de fechas de siembra por genotipos, al menos en una fecha de siembra, no siempre se tuvo la mayor incidencia al achaparramiento. En trabajos realizados en líneas S_3 de maíz para resistencia al achaparramiento causado por *S. kunkelli* en el estado de Veracruz, se encontraron diferencias entre fechas y genotipos, pero no para la interacción entre éstas, lo que indicó ausencia de genes mayores para resistencia y diferentes niveles de susceptibilidad entre las líneas (Mendoza-Elos *et al.*, 2002).

Cuadro 1. Análisis de varianza de tres variables evaluadas en cuatro genotipos de maíz en respuesta al complejo del achaparramiento (*Spiroplasma kunkelli*) transmitido por *Dalbulus maydis*.

| FV | GL | IEA | | | Rendimiento ABCPE | |
|--------------------|-----|---------|----------|-----------|-------------------------|-------------|
| | | 60 d | 75 d | 90 d | (ton ha ⁻¹) | (% día) |
| Repeticiones | 9 | 0.0057 | 0.029 | 0.0305 | 1.207 | 17.551 |
| Fechas | 11 | 3.971** | 25.77 ** | 46.920 ** | 156.268** | 18968.532** |
| Genotipos | 3 | 1.487** | 11.05 ** | 19.55 ** | 48.764** | 8485.127** |
| Fechas x Genotipos | 33 | 0.305** | 1.23** | 2.236** | 18.568** | 917.887** |
| Error | 423 | 0.0065 | 0.0269 | 0.0318 | 1.472 | 16.941 |
| CV | - | 18.57 | 17.09 | 14.157 | 17.863 | 15.174 |
| Media | - | 0.435 | 0.96 | 1.259 | 6.792 | 27.123 |

IEA: Índice de enfermedad achaparramiento; **ABCPE**=Área bajo la curva de progreso de la enfermedad. Las evaluaciones se hicieron cada 15 d. **Diferencia altamente significativa.

Los genotipos que sufrieron más daño por el achaparramiento fueron los testigos comerciales (Cuadro 2).

Cuadro 2. Respuesta de cuatro genotipos de maíz al complejo del achaparramiento (*Spiroplasma kunkelli*) transmitido por *Dalbulus maydis*, en tres evaluaciones por ciclo de siembra.

| Genotipos de Maíz | Índice de Enfermedad | | |
|-------------------|----------------------|---------|---------|
| | 60 d | 75 d | 90d |
| A-7573 | 0.5371 a | 1.25 a | 1.66 a |
| VS-536 | 0.520 a | 1.157 b | 1.503 b |
| AN-543 | 0.379 b | 0.847 b | 1.098 c |
| AN-543R | 0.306 c | 0.586 d | 0.770 d |

Valores seguidos de una misma letra en cada columna no difieren estadísticamente. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$).

La mayor tasa de infección y ABCDPE se manifestó en los materiales comerciales, los cuales fueron estadísticamente diferentes (Cuadro 3). Díaz *et al.* (2005), mencionan que el comportamiento de los

diferentes genotipos en las distintas fechas de siembra se comparó a través de áreas bajo la curva, y se encontró una respuesta diferente, debido a la interacción significativa entre genotipos y fechas de siembra.

Cuadro 3. Comparación de medias de tasa r y área bajo la curva de progreso de la enfermedad en tres evaluaciones para cuatro genotipos de maíz en respuesta al complejo del achaparramiento (*Spiroplasma kunkelli*) transmitido por *Dalbulus maydis*.

| Genotipos de Maíz | Tasa r | ABCPE (% día) |
|-------------------|-------------|---------------|
| A-7573 | 5.7636784 a | 764.11 a |
| VS-536 | 4.4405986 c | 748.84 b |
| AN-543 | 3.9879617 b | 492.36 c |
| AN-543R | 4.9952646 b | 439.56 d |

ABCDPE: Área bajo la curva de progreso de la enfermedad. Valores seguidos de una misma letra en cada columna no difieren estadísticamente. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$).

La correlación del rendimiento con el ABCDPE, indicó que se encuentran asociados en forma directa en una manera muy débil, es decir, hay materiales que con índices muy altos de progreso de la enfermedad, obtuvieron rendimientos excelentes. La correlación de ambos fue afectada por la influencia de los factores abióticos, como son temperatura, agua, nutrientes y humedad relativa, ya que bajo condiciones favorables existe un mayor desarrollo del patógeno, lo que conlleva a que los materiales de mayor resistencia genética

poligénica, soporten la invasión de la enfermedad en los tejidos de la planta.

Para la correlación del rendimiento con tasas de infección, se observó una correlación negativa, es decir, los rendimientos fueron afectados a medida que aumentaron las tasas de infección; tal fue el caso de los genotipos AN-543 y AN-543R quienes inhibieron los procesos infecciosos.

La correlación entre ABCPE y tasa r, fue 0.4484, es decir, se encontraron asociadas, en un 45 % en

forma directa con el rendimiento. En este sentido, Mendoza *et al.* (2005) reportan que actualmente la resistencia horizontal se mide utilizando la tasa aparente de infección (r) de las enfermedades en el campo, y que esta, ya se ha aplicado en varias especies. Los dos métodos analizados anteriormente: área bajo la curva de progreso de la enfermedad y tasas de infección, se usan para determinar niveles de

resistencia relacionadas con el rendimiento; de tal forma, que el mejor método para detectar niveles de resistencia en este trabajo, fue el análisis de correlación con tasas de infección (r). Se deduce que el rendimiento disminuye en materiales con mayor tasa r , logrando detectar los mejores materiales, resistentes para el achaparramiento del maíz ocasionada por *S. kunkelli* (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de correlación entre rendimiento, área bajo la curva de progreso de la enfermedad y Tasa r de cuatro genotipos de maíz en respuesta al complejo del achaparramiento (*Spiroplasma kunkelli*) transmitido por *Dalbulus maydis*.

| | Rendimiento | ABCPE | Tasa r |
|-------------|-------------|---------|----------|
| Rendimiento | 1 | 0.00849 | -0.2825 |
| ABCPE | 0.00849 | 1 | 0.44845 |
| Tasa r | -0.28248 | 0.44845 | 1 |

ABCDPE: Área bajo la curva de progreso de la enfermedad

Los genotipos AN-543 y AN 543R son superiores y más estables que los testigos comerciales A-7573 y VS-536, los cuales producen rendimientos muy bajos y manifiestan una alta severidad de achaparramiento del maíz. Los genotipos mostraron diferente respuesta al daño por la enfermedad; los testigos comerciales presentaron las más altas tasas de infección, y área bajo la curva de progreso de la enfermedad. La tasa de infección (r) y el rendimiento presentaron una correlación negativa, mientras que para el área bajo la curva de progreso de la enfermedad, esta fue positiva. El mejor método de detectar niveles de resistencia horizontal, es el análisis de correlación con tasas de infección (r). El mayor rendimiento de grano de los genotipos AN-543 y AN-543R se obtuvo en enero, marzo, julio y agosto; mientras que el del híbrido comercial A-7573 fue en enero.

LITERATURA CITADA

Castañon, G., D. Jeffers y H. Hidalgo. 2000. Aptitud combinatoria de líneas de maíz tropical con diferente capacidad para tolerar el achaparramiento. *Agron. Mesoam.* 11(1): 78-81.

Consejo Nacional de Población (CONAPO). 2009. De la población de México 2005-2050. URL: http://conapo.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=123&Itemid=192.

Díaz, C.G., L.D. Ploper, M.R. Gálvez, V. González, M.A. Zamorano, H.E. Jaldo, C., López y J.C. Ramallo. 2005.

Efecto de las enfermedades de fin de ciclo en el crecimiento de distintos genotipos de soya relacionado a la fecha de siembra. *Agrociencia* 21(1): 1-7

Grogan, C.O., E. Rosenkranz. 1968. Genetic of host reaction to corn stunt virus. *Crop Sci.* 8: 252-254.

Hernández Pardo, C.J., A., Sánchez Arizpe, A., Oyervides García, A., Cárdenas Elizondo y E. Padrón Corral, 2008. Comportamiento del achaparramiento del maíz (*Spiroplasma kunkelli*) en Ursulo Galván, Ver., México. Tesis de maestría. Banco de tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah., México.

Mendoza-Elos, M., A., López-Benítez, S.A., Rodríguez-Herrera, A., Oyervides-García, C. De León, y D.P. Jeffers. 2002. Acción génica de la resistencia al achaparramiento del maíz causado por spiroplasma, fitoplasmas y virus. *Rev. Mex. Fitopatol.* 20:13-17.

Mendoza, E.M., E.E., Andrio, B.A., López, G.R., Rodríguez, M.L., Latourniere y S.A. Rodríguez, H. 2005. Tasa de infección de la pudrición del tallo en maíz causada por *Fusarium moniliforme*. *Agron. Mesoam.* 17 (1): 19-24.

Shaner, G. and R.E. Finney. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. *Phytopathol.* 67: 1051-1056.

Varón De Agudelo, F.G.P. Castillo, C. Huertas, C. de León, H. Vanegas. 2001, Achaparramiento del Maíz *Zea mays* en El Valle Del Cauca. *Fitopatol. Colomb.* 25(2): 88-91.

Van der Plank, J.E. 1986. *Disease Resistance in Plants.* Academic Press, N.Y. London, San Francisco. 194 p.

