

Incidence and effect on grain yield of the “monkey’s hand” disease in 29 maize genotypes

Incidencia y efecto de la enfermedad “mano de chango” en la producción de 29 genotipos de maíz

José Jesús Márquez-Diego, Estudiante de doctorado, Carlos De León-García de Alba*, Reyna Isabel Rojas-Martínez, Programa de Postgrado en Fitosanidad-Fitopatología, Colegio de Postgraduados (CP), Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México-Texcoco. Montecillo, Estado de México, C.P. 56230; José Ricardo Sánchez-Pale, Universidad Autónoma del Estado de México, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, C.P. 50295. *Autor para correspondencia: cdeleon@colpos.mx

Recibido: 28 de Junio, 2021.

Aceptado: 13 de Agosto, 2021.

Márquez-Diego JJ, De León-García de Alba C, Rojas-Martínez RI and Sánchez-Pale JR. Incidence and effect on grain yield of the “monkey’s hand” disease in 29 maize genotypes. Mexican Journal of Phytopathology 39(3): 529-537.

DOI: <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2106-2>

Primera publicación DOI: 27 de Agosto, 2021.

First DOI publication: August 27, 2021.

Resumen. Recientemente, se ha observado un incremento en la presencia de una posible nueva enfermedad en plantas de maíz que genera prolificidad de mazorcas que los agricultores denominan “mano de chango”. Estos síntomas se han observado en áreas tropicales, subtropicales y del altiplano de México. Observaciones iniciales, en los años 1960s, indicaron, sin pruebas, que esta enfermedad era causada por hongos, insectos, o deficiencias nutricionales con incidencia de hasta 100% y pérdidas en producción de grano. Este es el primer trabajo en

Abstract. Recently, an increase in the presence of symptom of a possible new disease on maize has been observed which farmers have called “mano de chango” (monkey’s hand) due to the prolificacy shown by the ears. Initial reports, in the 1960s, indicated, with no proofs, that this disease was caused by fungi, insects, or nutritional deficiencies with incidences up to 100% and losses in grain yield. This is the first work where evaluation of incidence of the disease, in 21 commercial hybrids in the Toluca Valley, State of Mexico, a comercial hybrid and a native variety in the Mezquital Valley, Hidalgo State, and six improved open pollinated in Montecillo, State of Mexico. The highest incidences and grain yield losses were recorded in the genotype Aspros HC8 and the native variety “Hidalgo”, in Mezquital Valley, Hidalgo State, where disease symptoms showed considerable yield reduction. It is necessary to continue studies to determine the etiology and generate information to select genetic resistance to this possible new disease.

que se evalúa la incidencia de la enfermedad en 21 híbridos comerciales en el Valle de Toluca, México, un híbrido comercial y una variedad nativa de polinización libre en el Valle del Mezquital, Hidalgo, y seis variedades mejoradas de polinización libre en Montecillo, Texcoco, México. La mayor incidencia y pérdidas en rendimiento de grano por la enfermedad se observó en los genotipos Aspros HC8 y la variedad nativa “Hidalgo”, en el Valle del Mezquital, Hidalgo, en donde la presencia de síntomas de la enfermedad mostró una considerable reducción en rendimiento. Es necesario continuar estudios para investigar su etiología y generar información para selección de resistencia genética a esta posible nueva enfermedad.

Palabras clave: Mano de chango, fitoplasmas, enfermedades de maíz.

El maíz es uno de los tres principales cereales cultivados, debido a sus cualidades alimenticias para humanos, animales y uso industrial. En México, tiene alta importancia económica, social y cultural (SAGARPA, 2017). Sin embargo, este cultivo es afectado por diversos problemas fitosanitarios que disminuyen considerablemente su producción, entre los que destacan especialmente las enfermedades de origen fungoso (CIMMYT, 2005). En los últimos años, un grupo de fitopatógenos de la clase Mollicutes, entre los que se incluyen los espiroplasmas y fitoplasmas, originalmente considerados como un grupo secundario, han cobrado importancia en diversos cultivos, incluyendo el maíz (Galvão *et al.*, 2020).

El término de achaparramiento (corn stunt) lo utilizó por primera vez Kunkel (Kunkel, 1946) quien atribuyó la sintomatología a un virus como agente causal. Doi *et al.* (1967) describió a este grupo como microorganismos parecidos a micoplasmas

Key words: Monkey’s hand, phytoplasmas, maize diseases.

Maize is one of the three main cereal crops grown due to its nutritional characteristics for humans and animals, as well as for industrial use. In Mexico it has great economic, social and cultural importance (SAGARPA, 2017). However, this crop is affected by diverse phytosanitary problems that considerably reduce its production, with fungal diseases being amongst the most important (CIMMYT, 2005). In recent years, a group of phytopathogens of the Mollicutes Class, including spiroplasmas and phytoplasmas, originally considered as a secondary group, have become increasingly important in diverse crops, including maize (Galvão *et al.*, 2020).

The term “corn stunt” was used for the first time by Kunkel (Kunkel, 1946), who attributed the symptoms to a virus as a causal agent. Doi *et al.* (1967) described this group as microorganisms similar to mycoplasmas, sensitive to tetracycline, which were initially named mycoplasma-like organisms (MLO) (CIPF, 2016). Davis (1973), in a phase contrast microscope, observed and reported helicoidal filaments that he associated as being the causal agent of corn stunt and named it “corn stunt spiroplasma”. In addition, as a result of observations carried out in Mexico on maize with symptoms of corn stunt, Davis (1974) published the possibility of leafhoppers being the causal agent of corn stunt, as well as another non-mobile organism that caused another disease in maize. The presence of an additional organism to spiroplasm in the vectors was confirmed by Bascopé (1977) and later by Nault (1980), after observing mycoplasma-like structures in phloem cells of infected plants related to corn stunt in the insect *Dalbulus* (Moya and Nault, 1998). The new disease reported by

animales, con sensibilidad a tetraciclina, a los cuales se les llamó inicialmente organismos parecidos a micoplasmas (MLO) (CIPF, 2016). Davis (1973), en observaciones en microscopio de contraste de fases, observó y reportó filamentos helicoidales que asoció como agente causal de la enfermedad del achaparramiento y denominó “corn stunt spiroplasma”. Además, como resultado de observaciones realizadas en México en maíz con síntomas de achaparramiento, Davis (1974) publicó la posibilidad de que las chicharritas fueran vectoras del agente causal del achaparramiento, así como de otro organismo no móvil que causaba otra enfermedad en maíz. La presencia de un organismo adicional al espiroplasma en los vectores, fue confirmado por Bascope (1977) y más tarde por Nault (1980), al observar estructuras tipo micoplasmas en células del floema de plantas infectadas asociadas al achaparramiento del maíz en el insecto *Dalbulus* (Moya y Nault, 1998). La nueva enfermedad reportada por estos autores se denominó enanismo arbustivo del maíz o “Maize Bushy Stunt Disease” (MBSD). Estas investigaciones demostraron que el “Corn Stunt Disease” (CSS) y el MBSD eran enfermedades diferentes transmitidas por insectos del género *Dalbulus*. Fue hasta la última década de siglo XX que, mediante pruebas moleculares basadas en el análisis del ARN ribosomal 16S, se estableció la filogenética de los fitoplasmas como miembros de la clase Mollicutes (Lee *et al.*, 1998).

Entre las enfermedades del maíz causadas por Mollicutes, Costa *et al.* (2019) mencionan al achaparramiento del maíz causado por *Spiroplasma kunkelii* y al enanismo arbustivo del maíz, esta última, según Pérez-López *et al.* (2018), detectada, sin base, por primera vez en México en 1955. Ambas enfermedades son transmitidas por varias especies de homópteros, siendo la principal la chicharrita del maíz (*Dalbulus maidis*), un insecto presente en localidades del sur de México, considerado el centro de origen del género *Dalbulus* (Nault, 1980;

these authors was named “Maize Bushy Stunt Disease” (MBSD). These investigations showed that the “Corn Stunt Disease” (CSS) and MBSD were different diseases transmitted by insects of the genus *Dalbulus*. It was in the last decade of the 20th Century that, with molecular tests based on the analysis of ribosomal RNA 16S, the phylogenetics of phytoplasmas were established as members of the Mollicutes Class (Lee *et al.*, 1998).

Among the maize diseases caused by Mollicutes, Costa *et al.* (2019) mention corn stunt caused by *Spiroplasma kunkelii* and the maize bushy stunt disease, the latter of which was, according to Pérez-López *et al.* (2018), found, without a basis, for the first time in Mexico in 1955. Both diseases are transmitted by several species of homoptera, the main one being the maize leafhopper (*Dalbulus maidis*), an insect found in southern Mexico, considered the birthplace of the *Dalbulus* genus (Nault, 1980; Tsai and Miller, 1995; Casuso, 2017). In 1994, the Committee for the Taxonomy of Mollicutes, of the International Organization for Mycoplasmaology (IOM), established the name currently used of phytoplasmas (Kirkpatrick, 1994).

The symptoms of MBSD on maize include the formation of long lateral branches, a reduction in the development of ears and the proliferation of in the same rachis with the appearance of bracts, often twisted, with slanted edges showing chlorosis and reddening (Pecher *et al.*, 2013) even leading to the production of an ear without killing the plant. Alcántara-Mendoza *et al.* (2010) indicated that the “monkey’s hand” disease is not a symptom that is related to MBSD, yet they describe that this disease does cause the death of the plant. The description of symptoms indicates a confusion and unawareness of the separation of corn stunt, MBSD and monkey’s hand (Figure 1). The latter disease was initially reported as “Manita” (little hand) by Cruz (1991) and later by Aguilar and Molina (1996).

Tsai y Miller, 1995; Casuso, 2017). Fue en 1994 que el Comité de Taxonomía de los Mollicutes, de la Organización Internacional de la Micoplasmaología (IOM por sus siglas en inglés), estableció el nombre actual de fitoplasmas (Kirkpatrick, 1994).

Los síntomas del MBSD en maíz incluyen la formación de largas ramas laterales, disminución en el desarrollo de mazorca y proliferación de mazorcas en el mismo raquis con aparición de brácteas a menudo torcidas con bordes rasgados mostrando clorosis y enrojecimiento (Pecher *et al.*, 2013) (Figura 1), llegando a producir la mazorca sin matar a la planta. Alcántara-Mendoza *et al.* (2010) señalan que la enfermedad “mano de chango” del maíz no es un síntoma asociado al MBSD quienes describe que esta enfermedad sí causa la muerte a la planta. La descripción de síntomas indica una confusión y desconocimiento en la separación del achaparramiento, del MBSD y de la mano de chango. Esta última enfermedad fue inicialmente reportada inicialmente como “Manita” por Cruz (1991) y posteriormente por Aguilar y Molina (1996).

La enfermedad de “mano de chango” se ha vuelto destructiva, causando pérdidas variables en

The “monkey’s hand” disease has become destructive, causing variable losses in production, with reports of 35% in the Mezquital area, in Hidalgo, Mexico (Ortega, 2021. Personal communication) and up to losses of 35 to 93%, depending on the population of vector insects (González *et al.*, 2018).

For their management, several cultural strategies have been studied, including planting dates, the elimination of crop residues, treatments to seeds and control of possible vectors, which have displayed a low efficiency in the control of the MBSD, therefore the use of genetically resistant germplasm is accepted as the main alternative to reduce damages and the incidence caused by the phytoplasma, although there are few studies related to the identification of sources of resistance and of genetic control (Costa *et al.*, 2019), which is one of the aims of the present studies.

Locations of evaluation. The incidence and the effect of “monkey’s hand” were evaluated in commercial hybrids and free pollination varieties of maize in three locations. In the Experimental



Figura 1. Síntomas de la enfermedad mano de chango asociados a fitoplasmas en mazorcas de maíz.
Figure 1. Symptoms of monkey’s hand disease related to phytoplasms in maize ears.

la producción, reportándose, en la zona del Mezquital, Hidalgo, México, con pérdidas de 35% (Ortega, 2021. Comunicación personal) hasta pérdidas de 35 al 93% dependiendo de la población de insectos vectores (González *et al.*, 2018).

Para su manejo, se han estudiado diversas estrategias culturales, incluyendo las fechas de siembra, eliminación de restos de cultivo, tratamientos a semilla y control del vector, las cuales han mostrado baja eficiencia para controlar la enfermedad del enanismo arbustivo, por lo que actualmente se reconoce que el uso de germoplasma resistente es la principal alternativa para reducir los daños y la incidencia causada por el fitoplasma, aunque hay pocos estudios relacionados con la identificación de fuentes de resistencia y de control genético (Costa *et al.*, 2019), uno de los objetivos del presente estudio.

Localidades de evaluación. La incidencia y efecto de la “mano de chango” se evaluó en híbridos comerciales y variedades de polinización libre de maíz en tres localidades. En el Campo Experimental de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) en Cerrillo, Piedras Blancas, Toluca, Edo. de México (19° 27' 56" N, 99° 39' 20" O, 2667 msnm) se evaluaron 21 híbridos comerciales en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Cada parcela se constituyó de dos surcos de 3 m de largo, 80 cm entre surcos y 22 cm entre plantas, para un total de 28 plantas por parcela. En el Centro de Innovación Tecnológica Cinta Larga, en Mixquiahuala, Hidalgo (20° 13' 52" N, 99° 12' 47" O, 2100 msnm) se establecieron un híbrido comercial (Aspros HC8) y la variedad nativa de polinización libre “Hidalgo”, que se sembraron en 20 surcos de 50 m de largo, a 80 cm entre surcos y 25 cm entre plantas, para una densidad de 85 000 plantas ha⁻¹. En el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo (19° 28' 26"

Field of the Autonomous University of the State of Mexico (UAEM) in Cerrillo, Piedras Blancas, Toluca, State of Mexico (19° 27' 56" N, 99° 39' 20" O, 2667 masl), 21 commercial hybrids were evaluated in a randomized block design with three replications. Each plot consisted of 2 rows, 3 m long, with 80 cm between rows and 22 cm between plants, for a total of 28 plants per plot. In the Cinta Larga Technology Innovation Center, in Mixquiahuala, Hidalgo (20° 13' 52" N, 99° 12' 47" W, 2100 masl), a commercial hybrid was established (Aspros HC8) along with the native open pollinated variety “Hidalgo”, which were planted each in 20 rows, 50 m long, with 80 cm between rows and 25 cm between plants, for a density of 85,000 plants ha⁻¹. In the Experimental Field of the Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo (19° 28' 26" N and 98° 53' 18" W, 2250 masl) in Texcoco, State of Mexico, the incidence of the disease was evaluated in six improved open pollinated synthetic varieties, each planted in 12 rows, 100 m long, with 80 cm between the rows and 22 cm between plants. In the Experimental Field of the Autonomous University of the State of Mexico, the incidence was evaluated at harvest time. In all three locations, a conventional agronomic production scheme was followed for the crops and insects and weeds were not controlled.

Evaluation of incidence and damages. For the variable of incidence in the germplasm in the location of the UAEM, approximately one month before harvest, ears with symptoms of the disease were collected. In the experimental plot located in Mixquiahuala, Hidalgo, 600 plants were counted in 15 rows of the Aspros HC8 commercial hybrid, and likewise for the native open pollinated variety “Hidalgo”, for which 600 plants were counted, including those with symptoms of the disease. In the Campus Montecillo of the Colegio de Postgraduados, in the five improved open pollinated

N y 98° 53' 18" O, 2250 msnm) en Texcoco, Edo. de México, se valoró la incidencia de la enfermedad en seis variedades mejoradas de polinización libre, sembradas cada una en 12 surcos de 100 m de largo, 80 cm entre surcos y 22 cm entre plantas. En el Campo Experimental de la Universidad Autónoma del Estado de México, la incidencia se evaluó en la cosecha. En las tres localidades, los cultivos se llevaron siguiendo un esquema convencional de producción agrícola y no se realizó control de insectos ni de malezas.

Evaluación de incidencia y daño. Para la variable incidencia en el germoplasma en la localidad de la UAEM, aproximadamente un mes antes de cosecha, se colectaron las mazorcas con síntomas de la enfermedad. En el lote experimental localizado en Mixquiahuala, Hidalgo, se contabilizaron 600 plantas en quince surcos del híbrido comercial Aspros HC8 y de la misma manera con la variedad nativa de polinización libre "Hidalgo", en los que se contabilizaron 600 plantas incluyendo aquellas con presencia de síntomas de la enfermedad. En el Campus Montecillo, del Colegio de Postgraduados, en las cinco variedades mejoradas de polinización libre sembradas, se contabilizaron 400 plantas por variedad en estado cercano a madurez, revisándolas individualmente buscando síntomas característicos de proliferación de mazorcas para determinar la incidencia de la enfermedad. Entre estas plantas, las que presentaban síntomas de la enfermedad se aparearon con plantas sin síntomas inmediatamente anexas para posteriormente determinar el efecto en rendimiento de grano. Las plantas así apareadas se colectaron en pares para pesarlas, desgranarlas y registrar el porcentaje de humedad en grano fresco con un medidor de humedad Dicky John miniGAC plus® y ajustando su humedad a 14%. El peso del grano de mazorcas producidas por las plantas con síntomas de la enfermedad y el de las plantas vecinas sanas fueron analizados usando un diseño

synthetic varieties planted, 400 plants were counted per variety in plants close to maturity, observing them closely looking for typical symptoms of ear proliferation to determine the disease incidence. Among those plants, the ones which presented symptoms of the disease were paired with immediately adjacent plants without symptoms to then determine the effect on grain yield. The paired plants were collected in pairs to weigh them, remove their kernels and record the percentage of humidity in the fresh grains using a Dicky John miniGAC plus® moisture meter to measure humidity and adjusting this to 14%. The weight of the grain produced by the plants with symptoms of the disease and that of adjacent healthy plants were analyzed using a paired t test design, and the means of disease incidence were compared with those of the grains in pairs of transformed ears, using the Shapiro-Wilk test of normality of the data with $\alpha=0.05$ for the transformation of the arcsine of the incidence (0.077), so the residues have a normal distribution, and justifying their analysis. The means obtained were separated using Tukey's test at 5% significance with the SAS analysis package, version 9.0.

The 21 hybrids evaluated in the UAEM showed a very low incidence of the disease with poor development of the ears and grains, therefore the trial in this location was eliminated.

In the location of Mixquiahuala, the commercial hybrid and the native variety "Hidalgo", as well as the six free pollination varieties evaluated in Montecillo, Texcoco (Table 1) analyzed jointly, showed that the germplasm evaluated in Montecillo showed lower incidences than in the material evaluated in Mixquiahuala. The differences in incidence between the materials grown in Mixquiahuala and Montecillo were significant, particularly between the varieties of origin MO19 (Montecillo 2019) with 5.5, 5.2, 3.5, 1.0, 0.75 and 0.75% against the hybrid Aspros HC8 and the

de parcelas apareadas, comparando estadísticamente las medias de incidencia de la enfermedad y el de grano en pares de mazorcas transformadas realizando la prueba de normalidad Shapiro-Wilk de los datos con $\alpha=0.05$ para la transformación arco seno de la incidencia (0.077) por lo que los residuos tienen una distribución normal con lo que se justifica su análisis. Las medias obtenidas se separaron mediante la prueba de Tukey al 5% de significancia con el paquete de análisis SAS versión 9.0.

Los 21 híbridos evaluados en la UAEM mostraron muy baja incidencia de la enfermedad con mal desarrollo de las mazorcas y grano, por lo que se eliminó el ensayo de esta localidad.

En la localidad de Mixquiahuala, el híbrido comercial y la variedad nativa “Hidalgo”, así como, las seis variedades de polinización libre evaluadas en Montecillo, Texcoco (Cuadro 1) analizadas en

native “Hidalgo”, with 17 and 13%, respectively. In the trial established and evaluated in the Campus Montecillo of the Colegio de Postgraduados, the grain yield analysis applying the paired t test analysis showed a significant loss in grain production per ear in all the varieties, which reduced their yield by 86% in MO19:15# Bco (Colpos) to 20% in MO19: CP Hilda 2 Amar (Colpos).

Preliminary information is presented on the presence of monkey’s hand and its effect on the yield of maize plants with symptoms of the disease in subtropical conditions (Mezquital, Hidalgo) and the Mexican highlands (Montecillo, State of Mexico), although its effect on grain yield must be determined in a greater number of locations, including the conditions of the humid tropics, where maize producers indicate they have found symptoms similar to those described. This

Cuadro 1. Incidencia de la enfermedad “mano de chango” y su efecto en el rendimiento de grano de híbridos y variedades de maíz evaluados en Mixquiahuala, Hidalgo y Montecillo, México, 2020.

Table 1. Incidence of the “monkey’s hand” disease and its effect on the grain yield of hybrids and maize varieties evaluated in Mixquiahuala, Hidalgo, and in Montecillo, Mexico, 2020.

Germoplasma evaluado	Media Incidencia (%)	Incidencia (Arco seno)	Grano de mazorcas sanas (g)	Grano de mazorcas enfermas (g)	Disminución rendimiento de grano (%)
Aspros HC8 (Hidalgo)	17.5	0.427 a ^z	128.24	62.75 **	44.65 a ^z
Criollo Hidalgo	13.5	0.375 ab	169.61	73.25 **	42.13 a
MO19: CP Elvia 3 TSR# Bco (Colpos)	5.5	0.225 bc	148.33	76.80 **	46.86 a
MO19: CP-Verol Bco (Colpos)	5.2	0.217 bc	156.45	111.04 *	73.34 a
MO19: 15# Bco (Colpos)	3.5	0.185 c	133.84	114.88 NS	86.76 a
MO19: CP Hilda 2 Amar. (Colpos)	1.0	0.068 c	111.00	12.25 **	20.77 a
MO19: 11# Amar. (Colpos)	0.7	0.065 c	110.66	99.00 NS	69.75 a
MO19:19+2# Bco (Colpos)	0.7	0.065 c	104.00	51.00 **	48.25 a
		DMS: 0.176 CV (%): 73.5			DMS: 77.45 CV(%): 60.4

^zMedias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$). / ^zMeans with the same letter in each column are not statistically different (Tukey, $P \leq 0.05$).

*: Significativo $P=0.05$. **: Altamente significativo $P=0.01$. NS: no significativo. / *: Significant $P=0.05$. **: Highly significant $P=0.01$. NS: not significant.

conjunto, mostraron que el germoplasma evaluado en Montecillo mostró menores incidencias que en los materiales evaluados en Mixquiahuala. Las diferencias en incidencia entre materiales sembrados en Mixquiahuala y Montecillo fueron significativas, especialmente entre las variedades de origen MO19 (Montecillo 2019) con 5.5, 5.2, 3.5, 1.0, 0.75 y 0.75% contra el híbrido Aspros HC8 y el criollo “Hidalgo”, con 17 y 13%, respectivamente. En el ensayo establecido y evaluado en el Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados, el análisis de rendimiento de grano aplicando el análisis de parcelas apareadas, mostró una pérdida significativa en producción de grano por mazorca en todas las variedades, las cuales disminuyeron su rendimiento desde el 86% en MO19:15# Bco (Colpos) hasta el 20% en MO19: CP Hilda 2 Amar (Colpos).

Se presenta información preliminar de la presencia y efecto en rendimiento de plantas con síntomas de la enfermedad mano de chango en condiciones subtropicales (Mezquital, Hidalgo), y del Altiplano de México (Montecillos, Estado de México), pero debe determinarse su efecto en el rendimiento de grano en un mayor número de localidades, incluyendo condiciones de trópico húmedo, en donde, productores de maíz indican que han observado síntomas parecidos a los descritos. Esta información, la confirman los reportes de Alcántara-Mendoza *et al.* (2010) y Costa *et al.* (2019) en investigaciones realizadas en regiones tropicales de México y Brasil, respectivamente.

Se encontraron síntomas de “mano de chango” y pérdida de rendimiento de grano en el germoplasma de maíz evaluado, con mayor incidencia y pérdida de grano en el híbrido Aspros HC8 y el criollo “Hidalgo” en la localidad de Mixquiahuala, Hidalgo. Las plantas afectadas por la enfermedad disminuyen su producción de grano en forma significativa. Se deben continuar trabajos de investigación para determinar la etiología de la enfermedad

information is confirmed in reports by Alcántara-Mendoza *et al.* (2010) and Costa *et al.* (2019) in investigations carried out in tropical areas of Mexico and Brazil, respectively.

Symptoms of “monkey’s hand” and grain yield loss were found in the germplasm of the maize evaluated, with a higher incidence and grain loss in the hybrid Aspros HC8 and the native variety “Hidalgo” in the location of Mixquiahuala, Hidalgo. The plants affected by the disease significantly reduce their grain yield. Research must continue to determine the etiology of the disease and evaluate a larger number of variants in maize germplasm to identify and select possible sources of resistance to the disease.

~~~~~ End of the English version ~~~~~

y evaluar mayor cantidad de variantes en germoplasma de maíz, para identificar y seleccionar posibles fuentes de resistencia a la enfermedad.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar RVH and Molina GJD. 1996. Factors influencing the presence of ear prolificacy (“Manita”) in maize. *Agrociencia* 30: 569-572.
- Alcántara-Mendoza S, Téliz-Ortiz D, De León C, Cárdenas-Soriano A, Hernández-Anguiano A, Mejía-Sánchez D y De la Torre-Almaraz R. 2010. Detección y evaluación del fitoplasma maize bushy stunt en el estado de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 28: 34-43. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v28n1/v28n1a4.pdf>
- Bascope JB. 1977. Agente causal de la llamada Mesa Central del achaparramiento del maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados; Chapingo, Méx. 55 p.
- Casuso M. 2017. *Dalbulus maidis* (De Long & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae): una plaga que va cobrando importancia en los maíces del sudoeste chaqueño. Ministerio de Agroindustria 12. Retrieved from [https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta-dalbulus\\_maidis.pdf](https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta-dalbulus_maidis.pdf)
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 2005. Enfermedades del maíz. Una guía para su identificación en campo. Disponible en: <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/715/25905.pdf>
- Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF). 2016. NIMF 27 Protocolos de diagnóstico para plagas



- reglamentadas. Disponible en: [https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2017/02/DP\\_12\\_2016\\_Es\\_2017-01-11.pdf](https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2017/02/DP_12_2016_Es_2017-01-11.pdf)
- Costa da RV, Silva da DD, Cota LV, Campos LJM, Almeida de REM and Bernardes FP. 2019. Incidence of corn stunt disease in off-season corn hybrids in different sowing seasons. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 54. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.PAB2019.V54.00872>
- Cruz SPEV. 1991. La proliferación de jilotes en la mazorca (manita) y el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.). Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. 61 p.
- Davis RE. 1973. Occurrence of a spiroplasma in corn stunt-infected plants in Mexico. *Plant Disease Reporter* 57(4): 333-337.
- Davis RE. 1974. Spiroplasma in corn stunt-infected individuals of the vector leafhopper *Dalbulus maidis*. *Plant Disease Reporter* 58(12): 1109-1112.
- Davis RE, Worley JF, Whitcomb RF, Ishijima T and Steere RL. 1972. Helical Filaments Produced by a Mycoplasma-Like. *Science* 176: 521-523. <https://doi.org/10.1126/science.176.4034.521>
- Doi Y, Teranaka M, Yora K and Asuyama H. 1967. Mycoplasma-or PLT group-like microorganisms found in the phloem elements of plants Infected with mulberry dwarf, potato witches' broom, aster yellows, or paulownia witches' broom. *Annals Phytopathology Society Japan* 33: 259-266. <https://doi.org/10.3186/jjphytopath.33.259>
- Galvão SR, Sabato EO and Bedendo IP. 2020. Occurrence and distribution of single or mixed infection of phytoplasma and spiroplasma causing corn stunting in Brazil. *Tropical Plant Pathology*. <https://doi.org/10.1007/s40858-020-00381-6>.
- Kirkpatrick BC, Smart C, Blonquist C, Guerra L, Harrison N, Ahrens U, Lorenz KH, Schnider B and Seemüller E. 1994. Identification of MLO-specific PCR primers obtained from 16s/23s rRNA spacer sequences. *Proceedings 10th International Congress of the International Organization for Mycoplasmaology (IOM)*: 261-262.
- Kunkel LO. 1946. Leafhopper transmission of corn stunt. *Proceedings National Academy of Sciences of the United States of America*. *PNAS* 32(9): 246-247. <https://doi.org/10.1073/pnas.32.9.246>
- Lee IM, Gundersen-Rindal DE and Bertaccini A. 1998. Phytoplasma: Ecology and genomic diversity. *Phytopathology* 88(12): 1359-1366. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1998.88.12.1359>
- Moya RG and Nault LR. 1998. Transmission biology of maize bushy stunt phytoplasma by the corn leafhopper (Homoptera: Cicadellidae). *Annals of the Entomological Society of America* 91(5): 668-676. <https://doi.org/10.1093/aesa/91.5.668>
- Nault RL. 1980. Maize bushy stunt and corn stunt: a comparison of disease symptoms, pathogen host ranges, and vectors. *Phytopathology* 70 (7): 659 - 662. <https://doi.org/10.1094/Phyto-70-659>
- Ortega BJ. 2021. Director del Centro de Desarrollo Agrícola Cinta Larga, Estado de Hidalgo, México. Comunicación personal.
- Pecher P, Moro G and Canale MC. 2013. Phytoplasma SAP11 effector destabilization of TCP transcription factors differentially impact development and defence of Arabidopsis versus maize. *PLoSPathog* 1: 1-17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1008035>
- Pérez-López E, Wist T, Rodríguez Y, Luna-Rodríguez M and Olivier CY. 2018. Maize bushy stunt in native corn: implications for Mexican "subsistence farmers." *Environment, Development and Sustainability* 20(4): 1797-1805. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-9966-0>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2017. *Agrícola Nacional. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030*. <https://www.gob.mx/agricultura/documentos/planeacion-agricola-nacional-2017-2030?state=published>
- Tsai JH and Miller JW. 1995. Corn Stunt Spiroplasma. *Plant Pathology Circular No. 373*. <https://www.fidacs.gov/content/download/11380/file/pp373.pdf>