

CP-Hilda 2, new yellow grain synthetic maize (*Zea mays*) variety resistant to horse's tooth (*Claviceps gigantea*) for the Mexican highlands

CP- Hilda 2, nueva variedad sintética de maíz (*Zea mays*) de grano amarillo y resistente al diente de caballo (*Claviceps gigantea*) para el altiplano de México

Carlos De León-García de Alba, Especialidad de Fitopatología, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, Km 36.5 Carretera México-Texcoco, CP. 56230. *Autor para correspondencia: cdeleon@colpos.mx.

Recibido: 01 de Octubre, 2019.

Aceptado: 05 de Diciembre, 2019.

De León-García de Alba C. 2020. CP-Hilda 2, new yellow grain synthetic maize (*Zea mays*) variety resistant to horse's tooth (*Claviceps gigantea*) for the Mexican highlands. Mexican Journal of Phytopathology 38(1).

DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1910-1

Primera publicación DOI: 14 de Diciembre, 2019.

First DOI publication: December 14, 2019.

Resumen. En producción de maíz, la semilla de variedades de polinización libre ofrecen al agricultor obtener un precio más bajo que la semilla de híbridos comerciales, no es necesario comprar semilla nueva cada año, por su estabilidad genética puede sembrarse varios años, ofrecen más estabilidad en rendimiento de grano y tipo de planta, es más fácil de conseguir, puede competir en rendimiento con un híbrido y puede propagarse entre agricultores. El presente trabajo es resultado de actividades desarrolladas para la obtención de la variedad sintética de maíz de endosperma amarillo CP-Hilda 2,

Abstract. In maize production, seed of open pollinated varieties offers to the farmer a seed at lower cost than seed of commercial hybrid seed, it is not necessary to buy new seed every year, due to their genetic stability they can be planted for several years, it is easy to obtain, can compete in yield with hybrids, and can be propagated among farmers. Also, synthetic varieties offer more stability in grain yield and plant type. This work is the result of activities developed to obtain the yellow grained maize synthetic variety CP-Hilda 2, with good agronomic performance and genetic resistance to "horse's tooth" disease, following a S_1 recurrent selection program.

Key words: CP-Hilda 2, synthetic variety, S_1 recurrent selection.

Horse's tooth disease of maize, caused by the ascomycete *Claviceps gigantea* (Fuentes *et al.*, 1964), sexual phase of the anamorph *Sphacelia* sp., has disseminated from the regions in which it was

con buen comportamiento agronómico y resistencia genética a la enfermedad “diente de caballo”, siguiendo un programa de selección recurrente con líneas S_1 .

Palabras clave: CP-Hilda 2, variedad sintética, selección S_1 recurrente

La enfermedad del diente de caballo, causada por el ascomiceto *Claviceps gigantea* (Fuentes *et al.*, 1964), fase sexual del anamorfo *Sphacelia* sp., se ha diseminado de las regiones donde se reportó inicialmente que se consideran el valle de Toluca en el Estado de México y la sierra de Pátzcuaro, Michoacán, a diferentes localidades en los estados de Puebla e Hidalgo, todas con alta humedad relativa y bajas temperaturas. En todas estas localidades, la enfermedad causa pérdidas en la producción del cereal en donde se siembran semillas de maíces híbridos o variedades locales que son susceptibles a la enfermedad.

La enfermedad se inicia cuando al madurar los granos de maíz infectados por el hongo desarrollan esclerocios, estructuras de reposo que les permite invernar. Durante la cosecha, los esclerocios caen al suelo y permanecen en estado dormante durante el invierno para reactivar su metabolismo en la siguiente temporada de lluvias. Al reactivarse en condiciones favorables de humedad y temperatura, los esclerocios germinan formando estípites (tallos) con cabezuelas en el ápice en las que se forman peritecios que contienen ascas con ascosporas las cuales son las estructuras infectivas del hongo que penetran la mazorca e infectan estigmas frescos. En su fase asexual, los esclerocios también desarrollan micro y macroconidios, los cuales también pueden penetrar en la mazorca e infectar los estigmas frescos (Osada, 1984).

Como parte del manejo integrado de esta enfermedad, se inició el proyecto para generar variedades

originalmente reportada, namely, the Toluca Valley in the State of Mexico and the Pátzcuaro mountains, in Michoacán, to different locations in the states of Puebla and Hidalgo, all of which display high relative humidity and low temperatures. In these locations, the disease causes losses in the production of the cereal where susceptible hybrids or local varieties of maize seeds are planted.

The disease begins when the newly matured maize kernels infected by the fungus develop sclerotia, resting structures that allow them to hibernate. During harvest, the sclerotia fall to the ground and remain dormant during the winter to reactivate their metabolism in the following rainy season. When they reactivate under favorable conditions of humidity and temperature, the sclerotia germinate forming stipes (stalks) with head-like structures in the apex in which perithecia are formed, containing asci with ascospores, the infective structures of the fungus which penetrate the ear and infect fresh silks. In its asexual phase, the sclerotia also produce micro and macroconidia, which may also penetrate the ear and infect the fresh silks (Osada, 1984).

As a part of the integrated management of this disease, the project was started to generate open-pollinated maize synthetic varieties with good agronomic characters and genetic resistance to the disease. Genetic resistance is considered the most efficient and cheapest control for this and other crop diseases (Pandey and Gardner, 1992).

The breeding program for the development of germplasm with desirable agronomic characters and genetic resistance to horse's tooth began in 2009 with the development of a genetically broad-based maize population with yellow endosperm. This base maize population was formed by recombining a total of 55 different maize cultivars collected in the Mexican highlands with good agronomic characters, including commercial hybrids, and improved and native varieties in

de polinización libre de maíz con buenas características agronómicas y resistencia genética a la enfermedad. La resistencia genética se considera la forma más eficiente y económica de control de ésta y otras enfermedades de cultivos (Pandey y Gardner, 1992).

El programa de mejoramiento para desarrollo de germoplasma con caracteres agronómicos deseables y resistencia genética al diente de caballo se inició en 2009 con el desarrollo de una población de maíz con endospermo amarillo y amplia base genética. Esta población base de maíz se formó recombinando un total de 55 diferentes maíces colectados en el altiplano de México con buen comportamiento agronómico, incluyendo híbridos comerciales, variedades mejoradas y nativas en lotes aislados durante dos ciclos. Los lotes de recombinación se establecieron en terreno de un agricultor en el ejido de Santa Teresa Tiloxtoc, en Valle de Bravo, México (19°13'N, 100°07'W, 1870 msnm). Después de dos ciclos de recombinación inicial (C0), se inició un programa de selección S_1 recurrente (Pandey y Gardner, 1992), autofecundando aproximadamente 400 plantas deseables en cada ciclo de mejoramiento y generando semilla S_1 en cada uno de tres ciclos de mejoramiento y generando semilla S_1 en cada ciclo. Semilla de las S_1 obtenidas, se sembraron mazorca por surco en un vivero establecido en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) en la localidad de El Cerrillo, Piedras Blancas, Toluca, México (19°24'N, 99°41'W, 2667 msnm), donde se presenta la enfermedad en condiciones naturales. Mazorcas de familias S_1 seleccionadas por caracteres agronómicos se inocularon con una suspensión acuosa de 1×10^5 macrosporas mL^{-1} del patógeno *Sphacelia* sp. (Figura 1).

Aproximadamente 33% de las líneas S_1 inoculadas y seleccionadas por caracteres agronómicos deseables y resistencia a la enfermedad, se recom-

isolated plots for two cycles. The recombination plots were established in a farmer's field in the *ejido* of Santa Teresa Tiloxtoc, in Valle de Bravo, Mexico (19°13'N, 100°07'W, 1870 masl). After two initial cycles of recombination (C0), an S_1 recurrent selection program began (Pandey and Gardner, 1992), self-pollinating approximately 400 desirable plants in each breeding cycle and generating S_1 seed in each cycle. Seeds from the S_1 obtained were planted ear-to-row, in the field of the Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) in El Cerrillo, Piedras Blancas, Toluca, Mexico (19°24'N, 99°41'W, 2667 masl), where the disease is presents under natural conditions. Ears of S_1 families selected for their desirable agronomic characters were inoculated with an aqueous suspension of 1×10^5 macrospores mL^{-1} of the pathogen *Sphacelia* sp. (Figure 1).

Approximately 33% of the S_1 lines inoculated and selected by desirable agronomic characters and resistance to the disease were recombined to begin a new cycle of improvement of the base population. This population breeding process is continuous. At the same time, in each evaluation cycle of the S_1 lines, groups of 10-12 lines with specific desirable characters were selected, such as uniformity in days to flower, plant and ear height, earliness, etc. These groups of lines were crossed in a diallelic design to generate the F_1 of new experimental synthetic varieties, which were moved on to F_2 to be included in agronomic trials with other varieties obtained in that or other cycles, along with commercial hybrids, to measure their agronomic performance and grain yield.

In yield trials established with F_2 seed from experimental varieties obtained from lines of the C_3 - S_1 cycle, experimental variety Yellow 2 was chosen for its outstanding characters over other entries included in the same trials (Table 1). In 2018, this variety was submitted to the National Seed



**Figura 1. Micro y macroconidios de *Sphacelia* sp., anamorfo de *Claviceps gigantea*.
Figure 1. Micro and macroconidia of *Sphacelia* sp., anamorph of *Claviceps gigantea*.**

binaron para iniciar un nuevo ciclo de mejoramiento de la población base. Este proceso de mejoramiento poblacional es continuo. Simultáneamente, en cada ciclo de evaluación de las líneas S_1 , se seleccionaron grupos de 10-12 líneas con un carácter específico deseable, como son uniformidad en fecha de floración, altura de planta y mazorca, precocidad, etc. Estos grupos de líneas se cruzaron en diseño dialélico para generar la F_1 de nuevas variedades sintéticas experimentales, que se avanzaron a F_2 para ser incluidas en ensayos agronómicos con otras variedades obtenidas en ese u otros ciclos, e híbridos comerciales y medir su comportamiento agronómico y rendimiento de grano.

En ensayos de rendimiento establecidos con semilla F_2 de variedades experimentales obtenidas de líneas del ciclo C_3 - S_1 , la variedad experimental Amarilla 2 fue seleccionada por sus caracteres sobresalientes sobre otros materiales incluidos en los mismos ensayos (Cuadro 1). En 2018, esta

Inspection and Certification Service (SNICS) for approval as the new CP-Hilda 2 synthetic variety, which was given to the Colegio de Postgraduados, and registered under the breeder's title 2166. Certified seed from this variety is currently in production in farmers fields with good results (Figure 2).

The synthetic maize variety CP-Hilda 2 has yellow grain, it is high-yield, with a potential grain yield of 10 t ha^{-1} , it is genetically resistant to horse's tooth, its seed is low-cost and it can be planted for several years without affecting its grain yield. The impact of this project on society is the increase of farmers income due to the low cost of the seed and the increase in maize productivity due to its good yield and resistance to the disease, which helps to prevent its spreading. The synthetic variety CP-Hilda 2 is registered in the SNICS and belongs to the Colegio de Posgraduados for its distribution and commercialization.

variedad se sometió ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) para aprobación como la nueva variedad CP-Hilda 2, la cual se entregó al Colegio de Postgraduados que fue reconocido con el título de obtentor 2166. Semilla certificada de esta variedad se encuentra en producción en lotes de agricultores con buenos resultados (Figura 2).

La variedad sintética de maíz CP-Hilda 2 es de grano amarillo, de alto rendimiento, con potencial de 10 t ha⁻¹, posee resistencia genética al diente de caballo, su semilla es de bajo costo y se puede sembrar durante varios años sin afectar su rendimiento de grano. El impacto de este proyecto hacia la sociedad, es el incremento de ingreso económico del agricultor debido al bajo costo de la semilla y al incremento de la productividad del maíz por su buen rendimiento y resistencia a la enfermedad, la cual ayuda a evitar la diseminación de esta. La variedad



Figura 2. Lote de producción de semilla certificada de la variedad sintética CP-Hilda 2 en Huejotzingo, Puebla, México, durante el año 2019.

Figure 2. Production plot of certified seeds of the synthetic variety CP-Hilda 2 in Huejotzingo, Puebla, Mexico, in the year 2019.

Cuadro 1. Comportamiento agronómico promedio de la variedad sintética de maíz amarillo CP-Hilda 2 (Toluca, 2017 y 2018) para registro en el SNICS.

Table 1. Average agronomic behavior of the yellow maize synthetic variety CP-Hilda 2 (Toluca, 2017 and 2018) for registration in the SNICS.

Genealogía	Origen Toluca 13	ASI ¹	Índice altura ²	Aspecto planta (1-5) ³	Aspecto mazorca (1-5) ³	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹) ⁴
Amarilla 2	14	1.0 a	0.45 a	1.3 a	1.2 a	9.1 a
Amarilla 1	12	2.5 a	0.49 ab	1.4 ab	1.1 a	8.9 a
Amarilla 3	11	2.5 a	0.49 ab	2.0 b	1.4 a	8.8 a
Amarilla 4	13	2.5 a	0.48 ab	1.8 ab	1.2 a	8.3 b
Testigo (Blanco)	BG1384W	3.2 a	0.50 ab	1.6 ab	1.2 a	8.8 a
Promedio		2.34	0.48	1.62	1.22	8.78
DMS (5%)		2.6	0.03	.633	0.3	1.1
CV (%)		17.8	22.3	19.4	28.4	18.7

¹ASI=Anthesis-Silking Interval= Días a floración femenina menos días a floración masculina / ASI=Anthesis-Silking Interval= Days to female flowering minus days to male flowering.

² Índice de altura= Relación entre altura de mazorca y altura de planta / Height index= Ear height: plant height ratio.

³ Aspecto: 1= Muy bueno, 5= muy malo / Aspect: 1= Very good, 5= very poor

⁴ Rendimiento de grano ajustado a 15% de humedad / Grain yield adjusted to 15% humidity.

En cada columna valores seguidos de la misma letra indican no hay diferencia significativa (0.05%) / Values in each column followed by the same letter indicate no significant difference (0.05%)

sinéctica CP-Hilda 2 está registrada en el SNICS y es propiedad del Colegio de Posgraduados para su distribución y comercialización.

LITERATURA CITADA

- Fuentes SF, de la Isla ML, Ullstrup AJ, and Rodríguez AE. 1964. *Claviceps gigantea* a new pathogen of maize in Mexico. *Phytopathology* 54:379-381.
- Osada SK. 1984. Estudio sobre la germinación del cornezuelo del maíz e interacción hospedante-parásito (*Zea mays* L.-*Claviceps gigantea* Fuentes *et al.*). Tesis doctoral. Especialidad de Fitopatología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. 86p.
- Pandey S and Gardner CO. 1992. Recurrent selection for population, variety, and hybrid improvement in tropical maize. *Advances in Agronomy* 28:1-87. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60935-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60935-9)