

EVALUACIÓN DE PUDRICIÓN DE MAZORCA DE HÍBRIDOS DE MAÍZ EN VALLES ALTOS*

EVALUATION OF EAR ROT IN HYBRID MAIZE IN HIGH VALLEYS

Patricia Rivas-Valencia^{1§}, Juan Virgen-Vargas¹, Israel Rojas Martínez², Adriana Cano Salgado¹ y Victoria Ayala Escobar³

¹Campo Experimental Valle de México. INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco, km 13.5. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. C. P. 56250. Tel. 01 595 9212681. ²Sitio Experimental Tlaxcala. INIFAP. Carretera Tlaxcala-Santa Ana, km 2.5. Col. Industrial, Tlaxcala, Tlaxcala. C. P. 90800. ³Programa de Fitopatología. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, km 36.5. C. P. 56230. [§]Autora para correspondencia: rivas.patricia@inifap.gob.mx.

RESUMEN

En 2010, se evaluó la severidad de pudrición de mazorca y el rendimiento de 21 híbridos comerciales en dos localidades y fechas de siembra (Santa Lucía de Prías, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México y San Luis Huamantla, Tlaxcala). Para medir la severidad de pudrición de mazorca, se utilizó una escala de severidad. Se analizaron muestras de semillas con diferente grado de severidad de pudrición, para determinar las especies de hongos del género *Fusarium*. Se realizó un análisis de varianza y separación de medias para identificar los híbridos sobresalientes en rendimiento y con menor severidad. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.001$), para rendimiento y severidad en las dos localidades estudiadas. En Santa Lucía los híbridos sobresalientes en ambas fechas de siembras fueron HGVC-2 y Prospecto 4, con un rendimiento promedio de 10.36 y 10.28 t ha⁻¹, respectivamente y una severidad ponderada de 8.99 y 15.16%, respectivamente. En San Luis Huamantla, el rendimiento fue significativo ($p < 0.0022$), los híbridos que tuvieron el mayor rendimiento fueron HP-1, Prospecto 4 y H-52 (10.27, 10.07 y 9.93 ha⁻¹, respectivamente), en cuanto a la severidad calculada el híbrido Prospecto 1, presentó una severidad ponderada de 13%. Las especies de *Fusarium* asociadas a la pudrición de mazorca, aisladas a

ABSTRACT

In 2010, the ear rot severity and yield of 21 commercial hybrids at two locations and sowing dates were assessed (Santa Lucía de Prías, Coatlinchán, Texcoco, Estado de Mexico and San Luis Huamantla, Tlaxcala). In order to measure the ear rot severity, a severity scale was used. Seed samples with different degrees of rot severity were analyzed to determine the species of *Fusarium* fungi. An analysis of variance and separation of means were performed to identify the outstanding hybrid in yield and with less severity. Significant differences ($p < 0.001$) were found for yield and severity in the two studied localities. In St. Lucía, the outstanding hybrids in both sowing dates were HGVC-2 and Prospecto 4, with an average yield of 10.36 and 10.28 t ha⁻¹ respectively and weighted severity of 8.99 and 15.16% respectively. In San Luis Huamantla, the yield was significant ($p < 0.0022$), the hybrids that had the highest yield were HP-1, Prospecto 4 and H-52 (10.27, 10.07 and 9.93 t ha⁻¹, respectively), regarding to calculate the severity of hybrid Prospect 1, showing a weighted severity of 13%. The *Fusarium* species associated with ear rot, isolated from seeds with different severity degrees, were: *Fusarium verticilloides*, *F. subglutinans*, *F. proliferatum*, *F. oxysporum* and *Cephalosporium* sp.

* Recibido: enero de 2011
Aceptado: octubre de 2011

partir de semillas con diferentes grados de severidad, fueron: *Fusarium verticilloides*, *F. subglutinans*, *F. proliferatum*, *F. oxysporum* y *Cephalosporium* sp.

Palabras clave: *Fusarium* sp., fecha de siembra, rendimiento, severidad ponderada.

INTRODUCCIÓN

En México, la superficie sembrada de maíz es aproximadamente de 7 860 705 ha, de las cuales el Estado de México ocupa 562 496 ha, ubicándose entre los principales productores de este grano, después de Sinaloa y Jalisco (SIAP, 2010). El rendimiento medio en la entidad es de 2.85 t ha⁻¹, con un volumen de producción anual de 1 549 545 t. El estado de Tlaxcala tiene una superficie sembrada de 120 372 ha (1.5%), con un rendimiento medio de 2.55 t ha⁻¹ y un volumen de producción anual de 305 543 t. Las pérdidas ocasionadas por enfermedades en estas entidades no se ha estimado; sin embargo, se reconocen por su impacto las enfermedades fungosas como las pudriciones de mazorca y tallo, ocasionadas principalmente por especies de *Fusarium*.

Se estima que las pérdidas mundiales por enfermedades en los distintos cereales son de aproximadamente 9.4% de la producción total. Las pérdidas anuales en la faja maicera de los Estados Unidos de América oscilan entre 7 y 17% (Shurtleff, 1980). Las pudriciones de la mazorca y tallo causadas por especies de *Fusarium*, se encuentran entre las enfermedades más importantes a nivel mundial, se presentan principalmente en países de África, América y Asia (Marasas *et al.*, 1979; Vigier *et al.*, 1997). En México se han reportado en la región de Valles Altos, El Bajío y en los estados de Tamaulipas, Jalisco, Veracruz, Chiapas y Sonora (Ortega y León, 1971; González *et al.* 1987; Cepeda y Orozco 1989; Cepeda y Venegas 1992; Pérez *et al.*, 2001; González *et al.*, 2006; Ireta *et al.*, 2006; Morales *et al.*, 2007; Gallardo *et al.*, 2007; Robles *et al.*, 2007; Pérez *et al.*, 2007; Pérez *et al.*, 2008a; Pérez *et al.*, 2008b; López *et al.*, 2008; Montes *et al.*, 2008).

La pudrición de mazorca ha causado reducción del rendimiento hasta 50%, mientras que la pudrición del tallo puede ocurrir con una incidencia (plantas dañadas) hasta 75% y causar pérdidas de 57% (Munkvold y Desjardins 1997; Ireta *et al.*, 2006; Pérez *et al.*, 2006; Briones, 2007). Aunque la pudrición de mazorca y del tallo de maíz es causada por diversos géneros de hongos, las especies

Key words: *Fusarium* sp., planting date, yield, weighted severity.

INTRODUCTION

In Mexico, maize acreage is about 7 860 705 ha, of which the Mexico State has 562 496 ha, ranking among the main producers of this grain, after Sinaloa and Jalisco (SIAP, 2010). The average yield in the State is 2.85 t ha⁻¹, with an annual production volume of 1 549 545 t. The State of Tlaxcala has a planted area of 120 372 ha (1.5%), with an average yield of 2.55 t ha⁻¹ and an annual production volume of 305 543 t. Losses caused by diseases in these States have not been estimated, but fungal diseases can be recognized by their impact such as ear and stalk rot, mainly caused by *Fusarium* species.

Global losses caused by diseases in various grains are estimated in approximately 9.4% of the total production. Annual losses in the maize belt of the United States range between 7 and 17% (Shurtleff, 1980). The ear and stem rots caused by *Fusarium* species are among the most important diseases worldwide, occurring mainly in countries in Africa, America and Asia (Marasas *et al.*, 1979; Vigier *et al.*, 1997). In Mexico, they have been reported in the Highlands region, El Bajío and the States of Tamaulipas, Jalisco, Veracruz, Chiapas and Sonora (Ortega and León, 1971; González *et al.*, 1987; Cepeda and Orozco, 1989; Cepeda and Venegas, 1992; Pérez *et al.*, 2001; González *et al.*, 2006; Ireta *et al.*, 2006; Morales *et al.*, 2007; Gallardo *et al.*, 2007; Robles *et al.*, 2007; Pérez *et al.*, 2007; Pérez *et al.*, 2008a; Pérez *et al.*, 2008b; López *et al.*, 2008; Montes *et al.*, 2008).

Ear rot has caused yield reduction up to 50%, while the stem rot can occur with an incidence (damaged plants) up to 75%, causing losses of 57% (Munkvold and Desjardins, 1997; Ireta *et al.*, 2006; Pérez *et al.*, 2006; Briones, 2007). Although ear and stalk rot of maize are caused by various fungi genera, the most frequently species reported as cause of these diseases in Mexico, belong to the genus *Fusarium*, as in other regions of the world.

Both *F. subglutinans* and *F. verticillioides* (Teleomorph: *Gibberella fujikuroi*), are reported in both diseases, while *F. proliferatum*, *F. poae*, *F. solani*, *F. chlamydosporum*, and *F. pseudonygamai* have been identified only in ears with

más frecuentemente reportadas como causantes de estas enfermedades en México corresponden al género *Fusarium*, al igual que en otras regiones del mundo.

Tanto *F. subglutinans* y *F. verticillioides* (Teleomorfo: *Gibberella fujikuroi*), se reportan en ambas enfermedades, mientras que *F. proliferatum*, *F. poae*, *F. solani*, *F. chlamydosporum*, y *F. pseudonygamai* han sido identificadas sólo en mazorcas con pudrición, *F. oxysporum* y *F. graminearum* en asociación a la pudrición del tallo (Robles *et al.*, 2007; Morales *et al.*, 2007, Pérez *et al.*, 2007). De las especies anteriores, *Fusarium verticillioides* puede considerarse la especie más frecuente y distribuida afectando maíz en el mundo (Munkvold y Desjardins, 1997) la cual también puede ocurrir, junto con otras especies que afectan al maíz, dañando cereales de grano pequeño como trigo, cebada, sorgo y triticale.

En el Campo Experimental Valle de México del INIFAP, se realizaron dentro del programa de maíz, investigaciones en mejoramiento genético y producción de semillas, desarrollándose diversos materiales genéticos, así como la tecnología para la identificación de la localidad y manejo agronómico óptimo. Los objetivos del presente estudio fueron: evaluar el rendimiento y la intensidad de daño ocasionado por pudrición de mazorca en híbridos de maíz para Valles Altos, en dos fechas de siembra y en dos localidades (Santa Lucía de Prías, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México y San Luis Huamantla, Tlaxcala) y la identificación de especies de *Fusarium* asociadas a esta enfermedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento de experimentos. En 2010 se establecieron bajo condiciones de infección natural de los hongos causantes de pudrición de mazorca, en Santa Lucía de Prías, Estado de México (19° 26' 44.06" latitud norte y 98° 53' 21.79" longitud oeste a 2 268 msnm) (riego) y San Luis Huamantla, Tlaxcala (19° 20' 3.86" latitud norte y 97° 55' 7.5" longitud oeste a 2 485 msnm) (punta de riego), dos experimentos en diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones y arreglo factorial de 20 híbridos de INIFAP y un testigo comercial (Cuadro 1), en dos fechas de siembra (FS) el 18 y 28 de mayo en Santa Lucía de Prías y una FS el 30 de abril en San Luis Huamantla, Tlaxcala.

rot, *F. oxysporum* and *F. graminearum* in association with stem rot (Robles *et al.*, 2007; Morales *et al.*, 2007; Pérez *et al.*, 2007). From the species just mentioned, *Fusarium verticillioides* can be considered as the most common and distributed species, affecting maize worldwide (Munkvold and Desjardins, 1997), which can also occur with other species affecting maize, damaging small grain cereals like wheat, barley, sorghum and triticale.

In the Experimental Field of Valle de Mexico of INIFAP, within the maize breeding program, researches about genetic improvement and seed production were performed, developing various genetic materials as well as the technology to identify the optimal location and agronomic management. The aims of this study were to assess the yield and intensity of damage caused by ear rot in maize hybrids for Highlands in two planting dates and two locations (Santa Lucía de Prías, Coatlinchán, Texcoco, Mexico State and San Luis Huamantla, Tlaxcala) and, the identification of *Fusarium* species associated with this disease.

MATERIALS AND METHODS

Experimental establishment. In 2010, were established under conditions of natural infection of the fungi that cause ear rot in Santa Lucía de Prías, Mexico State (19° 26' 44.06" north latitude and 98° 53' 21.79" west longitude at 2 268 masl) (under irrigation) and San Luis Huamantla, Tlaxcala (19° 20' 3.86" north latitude and 97° 55' 7.5" west longitude at 2 485 masl) (drip irrigation), two experiments with randomized complete block design with three replications and factorial arrangement of 20 hybrids of INIFAP and a commercial control (Table 1), in two planting dates (PD) May 18th and 28th in Santa Lucía de Prías and a PD on April 30th in San Luis Huamantla, Tlaxcala.

Plots or treatments had four rows with 5 m long by 0.8 m wide. Agronomic management consisted on fertilization (150-70-30), pre-emergence weed control (a. i. S-metolachlor, 2 L ha⁻¹), in post-emergence and after the second weeding, when the weed has about 10 cm (a. i. dicamba, 2 L ha⁻¹) and for pest control, a. i. methomyl 90% and atrazine 250 g ha⁻¹ were applied during vegetative growth 3 to 5 leaves and after the second weeding.

Cuadro 1. Híbridos de maíz evaluados en Santa Lucía de Prías, Estado de México y San Luis Huamantla, Tlaxcala en 2010.
Table 1. Maize hybrids evaluated in Santa Lucía de Prías, Mexico State and San Luis Huamantla, Tlaxcala in 2010.

Material	Origen	Estatus	Año registro SNICS
H-40	INIFAP	Comercial	1999
H-44	INIFAP	Comercial	1998
H-52	INIFAP	Comercial	2006
H-66	INIFAP	Comercial	2009
HGVC-1	INIFAP	Precomercial	*
HGVC-2	INIFAP	Precomercial	*
HHMA-1	INIFAP	Precomercial	*
HHMA-2	INIFAP	Precomercial	*
Prospecto-1	INIFAP	Precomercial	*
Prospecto-2	INIFAP	Precomercial	*
H-47AE-1	INIFAP	Precomercial	*
H-47AE-2	INIFAP	Precomercial	*
H-47AE-3	INIFAP	Precomercial	*
Prospecto-3	INIFAP	Precomercial	*
Prospecto-4	INIFAP	Precomercial	*
HP-1	INIFAP	Precomercial	*
HP-2	INIFAP	Precomercial	*
HP-3	INIFAP	Precomercial	*
H-70	INIFAP	Comercial	2010
H-72E	INIFAP	Precomercial	*
BUHO	Asgrow	Comercial	2006

Las parcelas o tratamientos fueron de cuatro surcos con 5 m de largo por 0.8 m de ancho. El manejo agronómico consistió en fertilización (150-70-30), control de maleza en preemergencia (i. a. S-metolacoloro, 2 L ha⁻¹); en posemergencia y después de la segunda escarda, cuando la maleza tiene alrededor de 10 cm (i. a. dicamba, 2 L ha⁻¹) y para control de plagas, se aplicó i. a. metomil 90% y atrazina 250 g ha⁻¹ durante el crecimiento vegetativo 3 a 5 hojas y después de la segunda escarda.

Evaluación de rendimiento. La estimación del rendimiento por genotipo se calculó usando la siguiente fórmula: $R = ((PC * MS * PG) * FC / 8600)$; donde: PC= peso de campo; MS= materia seca; PG= porcentaje de grano; FC= factor de corrección (1 000 m²/8 m²); 8 m²= 2 surcos de 5 m*0.8 m (parcela útil) y 8 600= superficie ajustada al 14% de humedad.

Evaluación de pudrición de mazorca. A la cosecha se evaluaron el total de las mazorcas por parcela o tratamiento y repetición el daño por pudrición de mazorca, utilizando una escala de severidad de seis clases; donde: 0= sana, 1= 1-10%, 2= 11-25%, 3= 26-50%, 4= 51-75%, 5= 76-100% de pudrición. El total de mazorcas cosechadas por genotipo se agruparon según la clase y se contabilizaron. Se calculó la media ponderada de severidad con la fórmula:

Yield evaluation. The estimated yield per genotype was calculated using the following formula: $R = ((PC * MS * PG) * FC / 8600)$; where: PC= field weight; MS= dry matter; PG= grain percentage; FC= correction factor (1 000 m²/8 m²) 8 m²= 2 rows of 5 m*0.8 m (usable plot) and 8 600= surface adjusted to 14% humidity.

Assessment of ear rot. At harvest, total ears per plot or treatment and repetition, the damage due to ear rot were assessed, using a severity scale of six classes, where: 0= healthy, 1= 1-10%, 2= 11-25%, 3= 26-50%, 4= 51-75%, 5= 76-100% of rot. The totals of ears harvested per genotype were grouped according to class and were counted. The weighted severity average was calculated using the formula: $P = \{[\sum (n * v)] / [CM * N]\} * 100$; where: n= number of ears per each class in the scale; v= numerical value of each class; CM= major category; N= total number of ears. An analysis of variance and mean separation test of Tukey were performed. Statistical analysis was performed using SAS System™ version 9.2.

Isolation and identification of fungi that cause ear rot. A sample of 10 shelled cobs with different percentages of severity by planting date was processed in the laboratory of plant pathology, located in the Valley of Mexico

$P = \{[\sum (n \cdot v)] / [CM \cdot N]\} * 100$; donde: n= número de mazorcas por cada clase en la escala; v= valor numérico de cada clase; CM= categoría mayor; N= número total de mazorcas. Se realizó análisis de varianza y prueba de separación de medias de Tukey. Los análisis estadísticos se realizaron con SAS System™ versión 9.2.

Aislamiento e identificación de hongos patógenos causantes de la pudrición de mazorca. Una muestra de 10 mazorcas desgranadas con diferente porcentaje de severidad por fecha de siembra, se procesó en el laboratorio de fitopatología, ubicado en el Campo Experimental Valle de México. Para el aislamiento de los hongos patógenos causantes de la pudrición de mazorca, se tomaron 50 semillas y se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1% por un minuto, lavándose en dos pasos con enjuague en agua estéril, se colocaron en cámaras húmedas y se incubaron a temperatura ambiente (22-25 °C) con luz blanca diaria.

El registro de crecimiento micelial se realizó a las 24, 48 y 72 h, revisándose cada una de las semillas bajo el microscopio compuesto (Leica DM500). Se transfirió el micelio a cajas petri con medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA) acidificado, dejándose incubar a temperatura ambiente en condiciones de luz negra (F40BI black light 40 w GE™). Las colonias que se desarrollaron se observaron microscópicamente para identificar los aislamientos. A partir de un conidio, se obtuvieron los aislamientos monoconidiales correspondientes. Los aislamientos monoconidiales se mantuvieron de 10 a 14 días en condición de luz negra para observar el color desarrollado por las colonias.

Se agruparon por color y características morfológicas de las colonias (tipo de crecimiento, forma color y textura) y se realizó la identificación morfológica según las claves de Nelson *et al.*, (1983) y Leslie y Summerell (2006). Según el caso, se indujo la presencia de clamidosporas colocando los cultivos monoconidiales a temperatura ambiente, siete días con luz blanca y siete días en luz negra. Los aislamientos identificados se conservaron en arena en condiciones de temperatura ambiente (Smith, 1983).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la información obtenida de los experimentos realizados en Santa Lucía de Prías, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, se encontró que el mayor rendimiento general

Experimental Station. In order to isolate the pathogenic fungi that cause ear rot, 50 seeds were disinfected with 1% sodium hypochlorite for one minute, two-step washing and rinsing in sterile water, placed in moist chambers and incubated at room temperature (22-25 °C) with daily white light.

The mycelial growth record was made at 24, 48 and 72 h, reviewing each of the seeds under the compound microscope (Leica DM500). Mycelium was transferred to petri dishes with acidified potato-dextrose-agar (PDA) culture medium, letting incubate at room temperature in dark light conditions (F40BI black light 40 w GE™). The developed colonies were examined microscopically to identify the isolates. From a conidial, corresponding monoconidial isolates were obtained. The monoconidial isolates were maintained from 10 to 14 days under black light in order to observe the color developed by colonies.

Then, they were grouped by color and morphological characteristics (growth type, form, color and texture) and morphological identification was performed according to the keys of Nelson *et al.*, (1983); Leslie and Summerell (2006). According to the case, the presence of clamidosporas was induced by placing the monoconidial cultures at room temperature with white light for seven days and seven days in black light. The identified isolates were preserved in sand at room temperature (Smith, 1983).

RESULTS AND DISCUSSION

With the information obtained from the experiments conducted in Santa Lucía de Prías, Coatlinchán, Texcoco, Estado de Mexico, it was found that, the greatest overall yield occurred in the first PD-1 (May 18th) with an average of 14.2 t ha⁻¹ with respect to the second PD-2 (May 28th) with an average of 7.23 t ha⁻¹. The weighted average severity in both planting dates was quite similar (16.13 and 13.06%).

The analysis of variance ($p < 0.05$) indicates a significant effect of planting date on hybrids yield, excelling HGVC-2 and Prospecto 4 (PD-1) and Prospecto 4 and HGVC-2 (PD-2), both of intermediate cycle (> 80 days), surpassing the commercial control (Buho) (Table 2 and 3). These results show that, even if the planting dates are not recommended

ocurrió en la primera FS-1 (18 de mayo) con un promedio de 14.2 t ha⁻¹, con respecto a la segunda FS-2 (28 de mayo) con un promedio de 7.23 t ha⁻¹. La severidad ponderada promedio en ambas fechas de siembra fue muy similar (16.13 y 13.06%).

El análisis de varianza ($p < 0.05$) indica que existe un efecto significativo de la fecha de siembra sobre el rendimiento en los híbridos, sobresaliendo HGVC-2 y Prospecto 4 (FS-1) y Prospecto 4 y HGVC-2 (FS-2), ambos de ciclo biológico intermedio (> 80 días) superando al testigo comercial (Buho) (Cuadro 2 y 3). Estos resultados muestran que aún y cuando las fechas de siembra no son las recomendadas (10-20 abril), los híbridos HGVC-2 y Prospecto 4 se pueden adaptar a las condiciones y factores climáticos adversos, prolongando así el periodo de siembra hasta en un mes con buen rendimiento (Figura 1).

(April 10th to 20th), HGVC-2 and Prospect 4 hybrids can adapt to adverse conditions and weather factors and thus prolonging the planting period up to one month with good yield (Figure 1).

The analysis of variance ($p < 0.05$), indicates a significant effect of planting date on damage intensity (weighted severity) of ear rot in hybrids, caused by several *Fusarium* species. In the PD-1 and PD-2 the hybrids with lower weighted severity (Tukey $p = 0.05$) were HHMA-1 (0.096 c) and the HGVC-2 hybrid showed the least weighted severity in both planting dates with values of (0.103 c, 0.070 b, respectively (Tukey, $p = 0.05$), confirming that it is a consistent hybrid in yield and tolerance for ear rot in Highlands (Figure 2). The hybrid with more severity in the PD-1 was H47AE-2 (0.25 a) and in PD-2 were H47AE-1 and H-70 (0.24 a).

Cuadro 2. Separación de medias Tukey ($p = 0.05$) de rendimiento de híbridos con fecha de siembra de 18 de mayo. Santa Lucía, Coatlínchán, Texcoco en 2010.

Table 2. Tukey mean separation ($p = 0.05$) of hybrids yield with planting date of May 18th. Santa Lucía, Coatlínchán, Texcoco in 2010.

Híbrido	Media	Híbrido	Media	Híbrido	Media
HGVC-2	11.363 a	H-72	8.603 abcd	H47AE-2	7.243 bcd
Prospecto 4	10.503 ab	HP-2	8.437 abcd	HHMA-1	7.237 bcd
Prospecto 1	10.007 abc	HHMA-2	8.337 abcd	H-40	7.197 bcd
Buho	9.967 abc	H-70	7.82 abcd	HP-1	6.983 bcd
Prospecto 3	9.933 abc	HP-3	7.52 abcd	H-44	6.813 bcd
H-66	8.71 abcd	HGVC-1	7.387 bcd	H47AE-3	6.29 cd
Prospecto 2	8.66 abcd	H47AE-1	7.36 bcd	H-52	5.867 d

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes.

Cuadro 3. Separación de medias Tukey ($p = 0.05$) de rendimiento de híbridos con fecha de siembra de 28 de mayo. Santa Lucía, Coatlínchán, Texcoco en 2010.

Table 3. Tukey mean separation ($p = 0.05$) of hybrids yield with planting date of May 28th. Santa Lucía, Coatlínchán, Texcoco in 2010.

Híbrido	Media	Híbrido	Media	Híbrido	Media
Prospecto 4	10.06 a	HHMA-2	8.167 abcd	H47AE-1	6.313 bcde
HGVC-2	9.37 ab	Buho	7.87 abcde	H-40	6.306 bcde
Prospecto 2	8.766 abc	Prospecto 3	7.68 abcde	H-70	6.006 cde
HP-1	8.446 abc	HHMA-1	6.99 abcde	HA74E-2	5.65 cde
Prospecto 1	8.24 abcd	H-44	6.856 abcde	HP-2	5.576 cde
H-66	8.23 abcd	HGVC-1	6.633 bcde	H-52	5.056 de
HP-3	8.173 abcd	H-72	6.576 bcde	H47AE-3	4.81 e

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes.

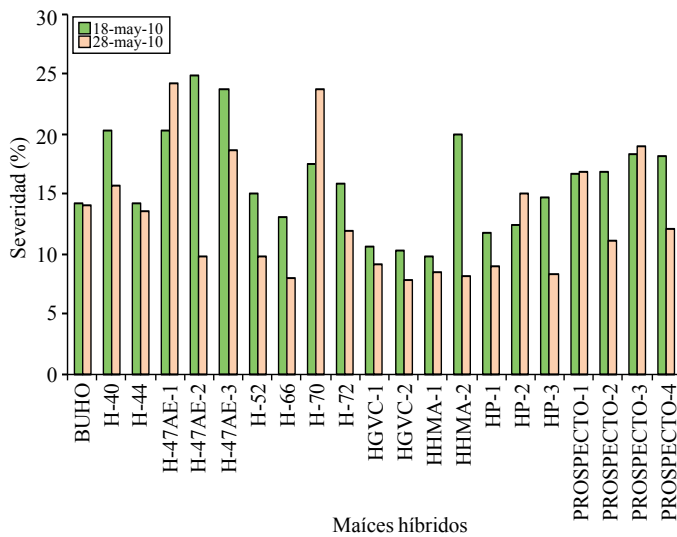


Figura 1. Severidad de pudrición de mazorca de híbridos de maíz en dos fechas de siembra en Santa Lucía de Prías, Coatlínchán, Texcoco, Estado de México en 2010.

Figure 1. Severity of ear rot of maize hybrids at two planting dates in Santa Lucía de Prías, Coatlínchán, Texcoco, Estado de Mexico in 2010.

El análisis de varianza ($p < 0.05$), indica que existe un efecto significativo de la fecha de siembra sobre la intensidad de daño (severidad ponderada) de la pudrición de mazorca en los híbridos, ocasionada por varias especies de *Fusarium*. En la FS-1 y FS-2 los híbridos con menor severidad ponderada (Tukey $p = 0.05$) fueron HHMA-1 (0.096 c) y el híbrido HGVC-2, obtuvo la menor severidad ponderada en ambas fechas de siembra con valores de (0.103 c, 0.070 b, respectivamente (Tukey, $p = 0.05$), lo cual confirma que es un híbrido consistente en rendimiento y tolerancia a la pudrición de mazorca para Valles Altos (Figura 2). Los híbridos con la severidad mayor en la FS-1 fue el H47AE-2 (0.25 a) y en FS-2 H47AE-1 y H-70 (0.24 a).

Las especies de *Fusarium* aisladas e identificadas en semillas con diferentes grados de severidad fueron: *F. subglutinans*, *F. verticilloides* (moniliforme), *F. proliferatum* y *F. oxysporum*. No se encontraron diferencias entre las especies de *Fusarium* e híbridos, pero sí hubo diferencias de las especies dependiendo la intensidad de daño o severidad, como es el caso de *F. oxysporum* que se aisló de semillas con pudrición intensa, lo cual concuerda con el trabajo de García y Martínez (2010), aunque cabe señalar que esta especie se relaciona con mayor frecuencia a la pudrición de tallo, lo cual ocurre con *F. subglutinans* (Figuroa *et al.*, 2010).

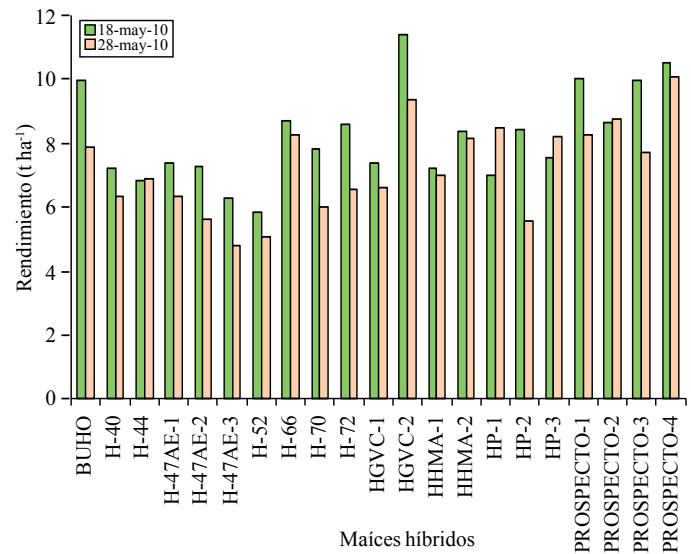


Figura 2. Rendimiento promedio de híbridos de maíz en dos fechas de siembra en Santa Lucía de Prías, Coatlínchán, Texcoco, Estado de México en 2010.

Figure 2. Average yield of maize hybrids at two planting dates in Santa Lucía de Prías, Coatlínchán, Texcoco, Mexico State in 2010.

Fusarium species that were isolated and identified in seeds with different severity degrees were: *F. subglutinans*, *F. verticilloides* (moniliform), *F. proliferatum* and *F. oxysporum*. No differences were found between the *Fusarium* species and hybrids, but there were species differences depending on the intensity or severity of the injury, as in the case of *F. oxysporum* which was isolated from seeds with intense rot, consistent with the paper of García and Martínez (2010), although it should be noted that this species is most often associated with stem rot, which occurs with *F. subglutinans* (Figuroa *et al.*, 2010).

Morales *et al.* (2007) reported a species complex: *F. verticilloides*, *F. subglutinans*, *F. solani* and four species that had not been reported as ear pathogens: *F. chlamydosporum*, *F. napiforme*, *F. poae* and *F. pseudonygamai*. Additionally, *Cephalosporium* sp. was isolated from healthy-looking seeds. It has been reported that some species of this genus are responsible for vascular necrosis, causing stem rot. King (1981), isolated *F. verticilliodes* and *Cephalosporium acremonium* more often in maize grains.

The average yield in San Luis Huamantla, Tlaxcala, resulted in a range of 5.4-10.27 t ha⁻¹. From the 21 evaluated hybrids, the yield was significant ($p < 0.05$) for HP-1 (early cycle

Morales *et al.*, (2007) reportan un complejo de especies: *F. verticilloides*, *F. subglutinans*, *F. solani* y otras cuatro especies que no habían sido reportadas como patógenos de la mazorca: *F. chlamyosporum*, *F. napiforme*, *F. poae* y *F. pseudonygamai*. Adicionalmente se aisló de semillas aparentemente sanas, *Cephalosporium* sp. Se ha reportado que algunas especies de este género son causantes de necrosis vascular, ocasionando pudrición de tallos. King (1981) aisló *F. verticillodes* y *Cephalosporium acremonium* con mayor frecuencia de granos de maíz.

El rendimiento promedio en San Luis Huamantla, Tlaxcala, resultó en un rango de 5.4-10.27 t ha⁻¹. De los 21 híbridos evaluados, el rendimiento fue significativo ($p < 0.05$) para HP-1 (ciclo biológico precoz < 80 días) y Prospecto-4 (ciclo biológico intermedio) (10.27 y 10.07 t ha⁻¹, respectivamente), mayores al rendimiento del testigo comercial Búho (8.2 t ha⁻¹) (Tukey, $p = 0.05$). Los híbridos que obtuvieron menor rendimiento fueron H47AE-2 y H47AE-1 (5.4 y 6.8 t ha⁻¹). La severidad ponderada de pudrición de mazorca, ocasionada por especies de *Fusarium*, fue para H-47AE-1 y H-66 (0.133 a y 0.023 b, respectivamente) (Duncan, $p = 0.05$). El híbrido HP-1, sobresale en rendimiento y pudrición de mazorca, lo que ofrece para las condiciones de esa región una alternativa importante (Figura 3).

CONCLUSIONES

Las pudriciones más comunes que afectan a la mazorca, son ocasionadas por diversas especies de *Fusarium*, las cuales pueden reducir el rendimiento significativamente. En el caso de híbridos para Valles Altos, las especies encontradas fueron *F. subglutinans*, *F. moniliforme*, *F. proliferatum* y *F. oxysporum*. Los híbridos que muestran los rendimientos mayores no son los que presentan las severidades menores y viceversa, lo cual indica que la variabilidad de especies de *Fusarium* encontradas, es un factor a considerarse en el mejoramiento genético de híbridos.

LITERATURA CITADA

Briones, R. D. 2007. Resistencia a pudrición de la mazorca en poblaciones de maíz bajo mejoramiento participativo en el altiplano de México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Estado de México. 65 p.

<80 days) and Prospect-4 (intermediate cycle) (10.27 and 10.07 t ha⁻¹, respectively), greater than the Buho commercial control yield (8.2 t ha⁻¹) (Tukey, $p = 0.05$). The hybrids that obtained lower yields were H47AE-2 and H47AE-1 (5.4 and 6.8 t ha⁻¹). Weighted severity of ear rot, caused by *Fusarium* species, was for H-47AE-1 and H-66 (0.133 a and 0.023 b, respectively) (Duncan, $p = 0.05$). The HP-1 hybrid excels in yield and ear rot, which provides an important alternative for this region conditions (Figure 3).

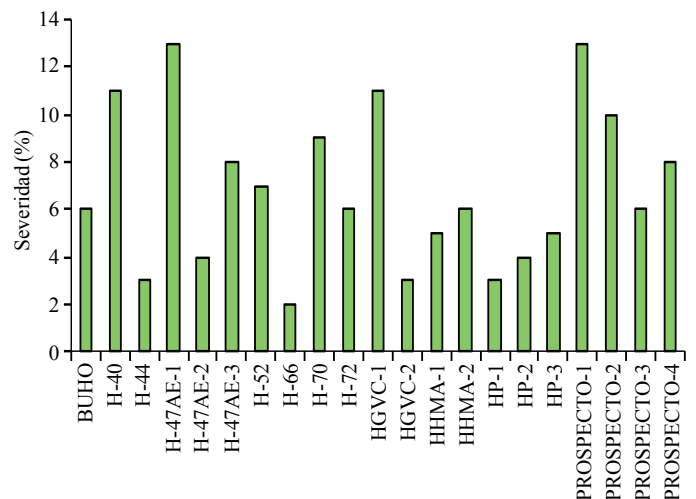


Figura 3. Severidad de pudrición de mazorca de híbridos de maíz en una fecha de siembra 30 de abril. San Luis Huamantla, Tlaxcala en 2010.

Figure 3. Severity of ear rot of maize hybrids in planting date, April 30th. San Luis Huamantla, Tlaxcala in 2010.

CONCLUSIONS

The most common rot affecting the ear is caused by various species of *Fusarium*, which can significantly reduce yield. In the case of hybrids in Highlands, the species found were *F. subglutinans*, *F. moniliforme*, *F. proliferatum* and *F. oxysporum*. The hybrids that showed higher yields are not those with lower severities and vice versa, indicating that *Fusarium* species' variability is a factor to be considered in hybrids breeding.

End of the English version



- Cepeda, M. y Orozco, G. 1989. Enfermedades del maíz en Michoacán. XIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. 24 al 26 de julio, 1989. Montecillo, Estado de México. Memoria. 182 p.
- Cepeda, M. y Venegas, E. 1992. Control del *Fusarium moniliforme* (Sheld.) Zinder y Hansen, en tallos de maíz de riego en Tarímbaro, Michoacán. XIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. 19 al 21 de agosto, 1992. Saltillo, México. Memoria. 219 p.
- Figuroa, R. M. A.; Rodríguez, G. R.; Guerrero, A. B. Z.; González, C. M. M.; Pons, H. J. L.; Ramírez, P. J. G.; Andrio, E. E. y Mendoza, E. M. 2010. Caracterización de especies de *Fusarium* asociadas a la pudrición de raíz de maíz en Guanajuato, México. Rev. Mex. Fitopatol. 28:124-134.
- Gallardo, R. E. D.; Ibarra, M. G. M.; Sánchez, M. R. I.; Cuamea, C. G.; Parra, V. N. V.; Rosas, B. E. C. y Cortez, R. M. O. 2007. Micobiota de maíz recién cosechado y producción de fumonisina B1, por cepas de *Fusarium verticillioides* bajo condiciones controladas. IX Congreso Internacional-XXXIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología, XIV Congreso de la Asociación Latinoamericana de Fitopatología y XLVII Annual Meeting of the American Phytopathological Society-Caribbean Division. Resumen 91.
- García, A. G. y Martínez, F. R. 2010. Especies de *Fusarium* en granos de maíz recién cosechado y desgranado en el campo en la región de Ciudad Serdán, Puebla. Revista Mexicana de Biodiversidad. 81:15-20.
- González, S.; Leyva, G. y Villaseñor, M. E. 1987. Evaluación de técnicas y fechas de inoculación de *Fusarium moniliforme* S. y H. causante de la pudrición de la mazorca y el germinado prematuro del maíz. XIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. 15 al 17 de julio, 1987. Morelia, México. Memoria. 136 p.
- González, H. A.; Vázquez, G. L. M.; Pérez, L. D.; Domínguez, L. A.; Balbuena, M. A.; Sahagún, C. J. y Rodríguez, P. J. E. 2006. Pudrición de mazorca y diversidad fenotípica en variedades de maíz en el valle de Toluca-Atlacomulco, México. XXXIII Congreso Nacional de Fitopatología-VIII Congreso Internacional de Fitopatología. Resumen C-44.
- Ireta, M. J.; Flores, L. H.; Pérez, D. J. F.; Medina, O. S. y Soltero, D. L. 2006. La pudrición del tallo (*Fusarium* sp.) en maíz: análisis de una epifita en El Bajío, México. XXXIII Congreso Nacional de Fitopatología-VIII Congreso Internacional de Fitopatología. Resumen C-11.
- King, S. B. 1981. Time of infection of maize kernels by *Fusarium moniliforme* and *Cephalosporium acremonium*. Phytopathology. 71:796-799.
- Leslie, J. F. and Summerell, B. A. 2006. The laboratory *Fusarium* manual. Blackwell Publishing Ames. Iowa, USA. 388 p.
- López, M. R.; Garrido, R. E. R.; Camas, G. R.; Hernández, G. E.; Ferrera, R. D.; Daniel, S. N. y Constantino, M. M. 2008. Patogenicidad y producción de fumonisina por aislamientos de *Fusarium* obtenidos de maíz en el estado de Chiapas, México. X Congreso Internacional-XXXV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Resumen C-39.
- Marasas, W. F. O.; Kriek, N. P. J.; Wiggins, V. M.; Steyn, P. S.; Towers, D. K. and Hastie, T. J. 1979. Incidence, geographic distribution, and toxigenicity of *Fusarium* species in South African corn. Phytopathology. 69:1181-1185.
- Montes, G. N.; Reyes, M. C. A.; Cantú, A. M. A. y Montes, R. N. 2008. Micobiota en híbridos de maíz (*Zea mays* L.) blanco y amarillo del noroeste de México. X Congreso Internacional-XXXV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Resumen C-87.
- Morales, R. I.; Yañez, M. M. J.; Silva, R. H. V.; García, S. G. and Guzmán P. D. A. 2007. Biodiversity of *Fusarium* species in Mexico associated with ear rot in maize, and their identification using a phylogenetic approach. Mycopathologia. 163:31-39.
- Munkvold, G. P. and Desjardins, A. E. 1997. Fumonisins in maize. Can we reduce their occurrence? Plant Dis. 81:556-565.
- Nelson, P. E.; Toussoun, T. A. and Marasas, W. F. O. 1983. *Fusarium* species. An illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University. University Park and London. USA. 193 p.
- Ortega, A. and León, C. 1971. Plant protection. In: Carballo, A. y Bork, D. (eds.). Proceeding of the first maize workshop. CIMMYT. El Batán, Estado de México, México. 95-102 pp.

- Pérez, B. D.; Jeffers, D.; González, L. D.; Khairallah, M.; Cortés, C. M.; Velázquez, C. G.; Aspíroz, R. S. y Srinivasam, G. 2001. Cartografía de QTL de la resistencia a la pudrición de la mazorca (*Fusarium moniliforme*) en maíz de Valles Altos, México. *Agrociencia*. 35:181-196.
- Pérez, C. J. P.; Bobadilla, M. M. y Becerra, L. F. 2006. Evaluación de la tolerancia de híbridos comerciales de maíz a la pudrición de mazorca causada por *Fusarium* sp., en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México. XXXIII Congreso Nacional de Fitopatología-VIII Congreso Internacional de Fitopatología. Resumen C-33.
- Pérez, C. J. P.; Bobadilla, M. M. y Mercado, F. Y. 2007. Identificación del agente causal de la pudrición del tallo de maíz en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México. IX Congreso Internacional-XXXIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología, XIV Congreso de la Asociación Latinoamericana de Fitopatología y XLVII Annual Meeting of the American Phytopathological Society-Caribbean Division. Resumen 229.
- Pérez, C. J. P.; Hernández, C. J. M.; Bobadilla, M. M. y Becerra, L. J. 2008a. Caracterización de la pudrición de la mazorca causada por *Fusarium* spp., en materiales nativos de maíz del estado de Hidalgo, México. X Congreso Internacional-XXXV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Resumen C-57.
- Pérez, C. J. P.; Bobadilla, M. M.; Gómez, M. R.; Núñez, C. L. y Hernández, O. A. P. 2008b. Evaluación de la pudrición de la mazorca por *Fusarium* spp., en cuatro fechas de siembra en el estado de Querétaro, México. X Congreso Internacional/XXXV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Resumen C-103.
- Robles, Y. L.; Rodríguez, G. R.; Chablé, M. F.; Ramírez, P. J. G.; Moran, V. N.; López, B. A. y Mendoza, E. M. 2007. Hongos asociados a la pudrición del tallo de maíz. IX Congreso Internacional-XXXIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología, XIV Congreso de la Asociación Latinoamericana de Fitopatología y XLVII Annual Meeting of the American Phytopathological Society-Caribbean Division. Resumen 91.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), SAGARPA. 2010. URL: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.
- Shurtleff, M. C. 1980. Compendium of corn diseases. St Paul, Minnesota, USA: APS press.
- Smith, D. 1983. A two stage centrifugal, freeze drying method for the preservation of fungi. *Transactions of the British Mycological Society*. 80:333-337.
- Vigier, B.; Reid, L. M.; Seifert, K. A.; Stewart, D. W. and Hamilton, R. I. 1997. Distribution and prediction of *Fusarium* species associated with maize ear rot in Ontario. *Canadian J. Plant Pathol.* 19:60-65.