

Producción natural de huitlacoche [*Ustilago maydis* (DC) Corda] en el estado de Aguascalientes*

Natural production of corn smut [*Ustilago maydis* (DC) Corda] in the state of Aguascalientes

Dulce J. Aguayo-González¹, Marcelo Acosta-Ramos², Laura E. Pérez-Cabrera³, Fidel Guevara-Lara⁴ y Alberto M. García-Munguía^{5,8}

¹Universidad Autónoma de Aguascalientes- Centro de Ciencias Agropecuarias. Av. Universidad N. 940 C. P. 20131, Aguascalientes, Aguascalientes, México. ²Universidad Autónoma Chapingo-Departamento de Parasitología Agrícola, km 38.5. Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. ³Departamento de Tecnología de Alimentos Centro de Ciencias Agropecuarias- Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. C. P. 20900. ⁴Universidad Autónoma de Aguascalientes- Departamento de Química Centro de Ciencias Básicas. Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, Aguascalientes, Aguascalientes, México. C. P. 20131. ⁵Universidad Autónoma de Aguascalientes-Departamento de Parasitología, Centro de Ciencias Agropecuarias. Aguascalientes, México. C. P. 20900. Tel.: +52(449) 910 74 00. ⁸Autor de correspondencia: almagamu@hotmail.com.

Resumen

El huitlacoche posee características nutrimentales como altos niveles de fibra dietaria, proteínas, aminoácidos, oligosacáridos, ácidos grasos esenciales, vitaminas, minerales y compuestos fenólicos, lo que hace que pueda aportar un beneficio importante a la nutrición. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la producción natural del huitlacoche en el estado de Aguascalientes, México. Se evaluaron siete municipios donde los muestreos se realizaron completamente al azar por conveniencia con una superficie de 500 m² por hectárea para cada tratamiento, los datos se obtuvieron cuando el elote estaba a punto de ser cosechado y el hongo alcanzó el desarrollo de las agallas para los muestreos denominados tratamientos. Las variables evaluadas fueron: índice de severidad (IS), porcentaje de incidencia (PI), gramos de huitlacoche por mazorca infectada (GMI) y rendimiento por hectárea (RH). Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza, prueba de Tukey ($p=0.05$) y correlación lineal de Pearson. El tratamiento 3 (semilla criolla amarilla de temporal) en la localidad del Ejido de Peñuelas en el Municipio de Aguascalientes, fue el mejor y significativamente diferente a todos los demás tratamientos, ya que obtuvo el mayor rendimiento por hectárea (90.554 kg

Abstract

The corn smut has nutritional characteristics as high levels of dietary fiber, protein, amino acids, oligosaccharides, essential fatty acids, vitamins, minerals and phenolic compounds, which makes it can bring significant benefit to nutrition. This research aimed to evaluate the natural production of corn smut in the state of Aguascalientes, Mexico. Seven municipalities where the samples are completely made randomly by convenience with an area of 500 m² per hectare for each treatment, data were obtained when the corn was about to be harvested and the fungus reached the development of galls for evaluated sampling known treatments. The variables evaluated were: severity index (IS), percentage of incidence (PI), grams per infected ear of corn smut (GMI) and yield per hectare (RH). The results were analyzed by analysis of variance, Tukey test ($p=0.05$) and Pearson linear correlation. The treatment 3 (yellow native seed temporary) in the village of Ejido Peñuelas in the Municipality of Aguascalientes, was the best and significantly different from all other treatments, as obtained the highest yield per hectare (90.554 kg ha⁻¹) and he presented a greater severity index infected ears (18.67%). Native seeds showed higher production of corn smut.

* Recibido: febrero de 2016
Aceptado: mayo de 2016

ha⁻¹) y presentó un mayor índice de severidad por mazorcas infectadas (18.67%). Las semillas criollas presentaron mayor producción de huitlacoche.

Palabras clave: carbón común del maíz, incidencia, riego, severidad, temporal.

Introducción

Huitlacoche es el nombre que se le da a las agallas o tumores que se forman en plantas de maíz (*Zea mays* ssp. *mays*) y teozintle (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) por la acción del hongo *Ustilago maydis*. La producción de este hongo no es planificada para el cultivo, se produce por infecciones naturales y al azar, ya que es considerado un patógeno y puede llegar a ser una enfermedad devastadora para el cultivo de maíz dulce. La infección natural algunas veces no es muy confiable, ya que la aparición del hongo en el maíz depende de las condiciones ambientales que conducen a la infección por el carbón y a la asociación entre la etapa en el desarrollo del hospedante durante el período de infección y el tejido de la planta en el cual se forman las agallas (Pataky, 1991). El huitlacoche aparece en casi todas las regiones productoras de maíz; las condiciones climáticas favorables para su desarrollo son muy variadas: la producción natural de este hongo puede aumentar en ambientes húmedos (humedad relativa de 72 a 80%) y templados (17 a 20 °C) (Villanueva *et al.*, 1999; Martínez-Martínez *et al.*, 2005), y es más frecuente en áreas cálidas (26 a 34 °C) y moderadamente secas (Agrios, 2006).

Existen diversos factores que favorecen el desarrollo del hongo *U. maydis*, como la temperatura, la humedad relativa y el material genético. La gran mayoría de las variedades de maíz presentan algún grado de resistencia al ataque del hongo, siendo las variedades de maíz dulce las más susceptibles a esta enfermedad Pataky (1995). El huitlacoche es un alimento con características nutrimentales esenciales para el ser humano. Se ha encontrado que los altos niveles de fibra dietaria y oligosacáridos sugieren que el huitlacoche puede aportar un beneficio importante a la salud, ya que dichos componentes han demostrado estar directamente involucrados en disminuir el riesgo de contraer cáncer de colon. Asimismo, las concentraciones elevadas de compuestos fenólicos de este hongo proporcionan una alta actividad antioxidante; dichos componentes bioactivos están relacionados con la disminución de la incidencia de enfermedades crónicas degenerativas (Pataky, 1991; Beas *et al.*, 2011; Méndez-Morán y Ruiz-Herrera, 2008).

Keywords: common corn smut, incidence, irrigation, severity, time.

Introduction

Corn smut is the name given to the galls or tumors that form in corn plants (*Zea mays* ssp. *mays*) and teozintle (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) by the action of the fungus *Ustilago maydis*. The production of this fungus is not planned for cultivation, it is produced by natural infections and random, as it is considered a pathogen and can be a devastating disease for growing sweet corn. Natural infection is sometimes not very reliable, since the appearance of fungus in corn depends on environmental conditions that lead to infection coal and association between stage in the development of the host during the period of infection and plant tissue in which the galls (Pataky, 1991) are formed. Corn smut appears in almost all maize growing regions; favorable weather conditions for their development are varied: the natural production of this fungus can increase in a humid environment (relative humidity of 72-80%) and mild (17 to 20 °C) (Villanueva *et al.*, 1999; Martínez-Martínez *et al.*, 2005), and is more common in warm areas (26-34 °C) and moderately dry (Agrios, 2006).

There are several factors that favor the development of fungus *U. maydis*, such as temperature, relative humidity and genetic material. The vast majority of maize varieties have some degree of resistance to fungal attack, being sweet corn varieties are the most susceptible to this disease Pataky (1995). Corn smut is a food with nutritional characteristics essential for humans. It has been found that high levels of dietary fiber and oligosaccharides suggest that corn smut could bring significant benefit to health, as these compounds have been shown to be directly involved in reducing the risk of colon cancer. Also, high concentrations of phenolic compounds of this fungus provide high antioxidant activity; said bioactive components are related to the decreased incidence of chronic degenerative diseases (Pataky, 1991; Méndez-Morán and Ruiz-Herrera, 2008; Beas *et al.*, 2011).

The evaluating maize genotypes for production of corn smut can know their level of genetic susceptibility Pan *et al.* (2008). The state of Aguascalientes, Mexico, is producer of corn and corn during the spring-summer-autumn (March-November). However, no data on genetic

La evaluación de genotipos de maíz para fines de producción de huitlacoche permite conocer su nivel de susceptibilidad genética Pan *et al.* (2008). El estado de Aguascalientes, México, es productor de maíz y elote durante la temporada primavera-verano-otoño (mazo-noviembre). Sin embargo, no existen datos sobre los materiales genéticos de maíz susceptibles ni sobre la incidencia a la infección por *Ustilago maydis* en la región. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue conocer la producción natural del huitlacoche en el estado de Aguascalientes en diferentes variedades de maíz, localidades, tipo de riego y épocas de siembra.

Materiales y métodos

El área de estudio se ubica en el Estado de Aguascalientes, localizado en la parte central de la República Mexicana (101° 53' y 102° 52' O y 22° 27' y 21° 28' N), con una superficie de 5 680.33 km² (568 033 ha) que representa el 0.3% del total del país. La división política consta de once municipios: Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío, Jesús María, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, San José de Gracia, Tepezalá, San Francisco de los Romo y El Llano; Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2008).

El muestreo se realizó en siete municipios del estado de Aguascalientes: Aguascalientes, Asientos, Jesús María, Rincón de Romos, San José de Gracia, Tepezalá y El Llano, se obtuvieron 13 tratamientos cada uno conformado por un municipio, localidad, periodo de siembra, tipo de cultivo, utilidad de la semilla y tipo de semilla (Cuadro 1).

La toma de muestras se realizó en formato en cinco de oros, con un total de 500 m² para cada tratamiento. Las muestras del hongo se cortaron y se colocaron en hieleras para trasladarlas al Laboratorio de Parasitología Agrícola del Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes; la temperatura a las que se mantuvieron durante el traslado y manipulación fue de 25 °C ± 2 °C. Se tomaron en cuenta las variables medioambientales de temperatura, precipitación y humedad relativa a partir de la siembra hasta la cosecha para cada una de las localidades con la estación meteorológica del INIFAP más cercana al sitio de muestreo. Las muestras se fotografiaron, midieron y pesaron para cada repetición por tratamiento. Se evaluaron las siguientes cuatro variables.

materials susceptible corn or on the incidence of infection by *Ustilago maydis* in the region. Therefore, the objective of this research was to determine the natural production of corn smut in the state of Aguascalientes in different maize varieties, locations, type of irrigation and planting seasons.

Materials and methods

The study area is located in the State of Aguascalientes, located in the central part of the Mexican Republic (101° 53' and 102° 52' O and 22° 27' and 21° 28' N), with an area of 5 680.33 km² (568 033 ha) representing 0.3% of the country. The political division consists of eleven municipalities: Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío, Jesús María, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, San José de Gracia, Tepezalá, San Francisco de los Romo and El Llano; National Institute of Statistics and Geography (INEGI, 2008).

Sampling was carried out in seven municipalities in the state of Aguascalientes: Aguascalientes, Seats, Jesús María, Rincón de Romos, San José de Gracia, Tepezalá and El Llano, 13 treatments each consisting of a municipality, locality, sowing period were obtained, type of crop, use of seed and seed type (Table 1).

Sampling was conducted in in five golds, with a total of 500 m² for each treatment. Fungus samples were cut and placed in ice chests to be transferred to the Laboratory of Parasitology Agricultural Center Agricultural Sciences at the Autonomous University of Aguascalientes; the temperature at which they were kept during transportation and handling was 25 °C ± 2 °C. Environmental variables of temperature, precipitation and relative humidity were taken into account from planting to harvest for each of the locations with the weather station nearest the sampling site INIFAP. The samples were photographed, measured and weighed for each repetition per treatment. The following four variables were evaluated.

Severity index (IS). It corresponded to the proportion of the corn covered by galls formed by the fungus, with the following scale of severity (Table 2) (Madrigal *et al.*, 2010, as amended by Aguayo- González, 2014).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en cuanto a producción natural de huitlacoche en municipios del estado de Aguascalientes.
Table 1. Treatments evaluated for natural production of corn smut in municipalities in the state of Aguascalientes.

Tto	Municipio	Localidad	PS	TC	Utilidad	Semilla
1	Aguascalientes	La Providencia	mayo - agosto	Riego	Silo	Aspros
2	Aguascalientes	La Providencia	mayo - agosto	Riego	Silo	Unices (Ares)
3	Aguascalientes	Ejido Peñuelas	junio - septiembre	Temporal	Forraje seco	Criolla
4	Jesús María	Posta UAA	mayo - agosto	Riego	Forraje seco	Cimarrón
5	Jesús María	Posta UAA	mayo - agosto	Riego	Forraje seco	2366
6	Asientos	Francisco Villa	mayo - agosto	Riego	Grano	Cimarrón
7	Rincón de Romos	El Bajío	mayo - agosto	Riego	Grano	H9105W
8	Rincón de Romos	Ejido del Bajío	junio - septiembre	Temporal	Forraje verde	Criolla de Villanueva, Zacatecas
9	Rincón de Romos	Ejido del Bajío	junio - septiembre	Riego	Forraje seco	H9105W
10	San José de Gracia	Paredes	mayo - agosto	Temporal	Grano	Criolla, Pozolero blanco
11	Tepezalá	San Antonio de Tepezalá	junio - septiembre	Riego	Grano	NB11
12	Tepezalá	San Antonio de Tepezalá	junio - septiembre	Temporal	Grano	Criolla
13	El Llano	De la Luz	junio - septiembre	Temporal	Forraje seco	Criolla

Tto= tratamiento; PS= periodo de siembra; TC= tipo de cultivo.

Índice de severidad (IS). Correspondió a la proporción de los elotes cubiertos por agallas formadas por el hongo, con la siguiente escala de severidad (Cuadro 2) (Madrigal *et al.*, 2010, modificado por Aguayo- González, 2014).

Porcentaje de incidencia (PI). Se determinó como el número de elotes infectados con algún grado de severidad dividido entre el número de elotes evaluados multiplicado por 100 (Madrigal *et al.*, 2010).

Gramos por mazorca infectada (GMI). Se evaluó el peso total en gramos del huitlacoche desgranado de todos los elotes infectados y se dividió entre el número de elotes infectados por el hongo (Madrigal *et al.*, 2010).

Rendimiento por hectárea (RH). Se obtuvo al multiplicar la densidad de población de maíz por los GMI, el PI y el número de elotes por planta (Madrigal *et al.*, 2010).

Los resultados se analizaron en un diseño completamente al azar. Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) con el programa estadístico SAS versión 9.1 para determinar si existían diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las variables IS, PI, GMI y rendimiento por hectárea de los 13 tratamientos. Cuando se detectaron diferencias estadísticas, se procedió a la comparación de medias con una prueba de Tukey ($p = 0.05$).

Cuadro 2. Escala para evaluar el índice de severidad del huitlacoche en maíz.

Table 2. Scale to assess the severity index of corn smut in maize.

Escala	Grado de severidad Proporción de mazorca infectada
Severidad 1 (S1)	1-20%
Severidad 2 (S2)	>20-40%
Severidad 3 (S3)	>40-60%
Severidad 4 (S4)	>60-80%
Severidad 5 (S5)	>80-100%

Percentage of incidence (PI). It was determined as the number of infected corn with some degree of severity divided by the number of corn tested multiplied by 100 (Madrigal *et al.*, 2010).

Grams per infected ear (GMI). The total weight was evaluated in grams of shelled corn smut of all infected corn and divided by the number of infected corn fungus (Madrigal *et al.*, 2010).

Yield per hectare (RH). It was obtained by multiplying the population density of corn by GMI, the PI and the number of corn per plant (Madrigal *et al.*, 2010).

The results were analyzed in a completely randomized design. The data analysis of variance (ANOVA) with SAS statistical software version 9.1 were subjected to determine

Resultados y discusiones

El IS fluctuó de 0.17 a 18.67%, el PI varió de 0.05 a 6.7%, el GMI fue de 3.38 a 49.81 g y el rendimiento fluctuó de 0.728 a 90.554 kg ha⁻¹ en los 13 tratamientos evaluados (Cuadro 3). Las pruebas de significancia indicaron que al menos uno de los tratamientos fue diferente significativamente para cada una de las variables evaluadas ($p \leq 0.05$). La comparación de medias de Tukey reflejó que el tratamiento 3 que correspondió al municipio de Aguascalientes, Ejido Peñuelas, con un periodo de siembra de junio-septiembre, en cultivo de temporal y con semilla criolla, fue diferente significativamente en el IS con 18.67%, en el PI con 6.47% y RH de 90.554 kg ha⁻¹ con respecto a los demás tratamientos ($p = 0.05$).

Cuadro 3. Componentes del rendimiento de huitlacoche producido de manera natural en el estado de Aguascalientes, México.
Table 3. Yield of corn smut produced naturally in the State of Aguascalientes, Mexico.

Tratamientos	IS (%)	PI (%)	GMI (g)	RH (kg ha ⁻¹)
1	0.17 ^c	0.17 ^c	4.03 ^c	1.299 ^c
2	0.17 ^c	0.1 ^c	3.38 ^c	1.027 ^c
3	18.67 ^a	6.47 ^a	8.68 ^c	90.554 ^a
4	0.14 ^c	0.14 ^c	3.69 ^c	0.728 ^c
5	0.89 ^c	0.41 ^{bc}	9.54 ^c	7.109 ^{bc}
6	1.79 ^c	0.76 ^{bc}	15.05 ^{bc}	14.027 ^{bc}
7	1.07 ^c	0.48 ^{bc}	17.1 ^{bc}	10.283 ^{bc}
8	0.74 ^c	0.26 ^c	36.67 ^{ab}	22.119 ^{bc}
9	1.24 ^c	0.48 ^{bc}	19.34 ^{bc}	11.311 ^{bc}
10	3.68 ^{bc}	0.74 ^{bc}	49.81 ^a	46.5 ^b
11	1.44 ^c	0.69 ^{bc}	8.99 ^c	12.886 ^{bc}
12	0.21 ^c	0.05 ^c	4.87 ^c	1.469 ^c
13	8.1 ^b	2 ^b	5.21 ^c	16.863 ^{bc}

IS= índice de severidad; PI= porcentaje de incidencia; GMI= gramos de huitlacoche por mazorca infectada; RH= rendimiento por hectárea. Medias con la(s) misma(s) letra(s) en la misma columna son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p = 0.05$).

Para el IS se obtuvo que los tratamientos 3 y 13 fueron diferentes significativamente con respecto a los de más tratamientos con un IS de 18.67 y 8.10%, respectivamente, para el PI, el tratamiento 3 y el 13 también obtuvieron los porcentajes más altos con 6.47 y 2% respectivamente en relación a los demás tratamientos, en los GMI los tratamientos 8 y 10 se diferenciaron del resto de los tratamientos al obtener 36.67 y 49.81 g, respectivamente, y para el RH resaltaron los tratamientos 3 y 10 con una producción natural de 90.554 y 46.5 kg ha⁻¹, respectivamente, siendo diferentes significativamente al resto de los tratamientos.

Los tratamientos 3 (Aguascalientes, Ejido Peñuelas), 8 (Rincón de Romos, Ejido el Bajío) y 13 (El Llano, Localidad de la Luz) sembrados en junio-septiembre y las semillas que

whether there were significant differences ($p \leq 0.05$) between variables IS, PI, GMI and yield per hectare of 13 treatments. When statistical differences were detected, we proceeded to compare means with Tukey test ($p = 0.05$).

Results and discussions

The IS ranged from 0.17 to 18.67%, the PI ranged from 0.05 to 6.7%, the GMI was 3.38 to 49.81 g and the yield ranged from 0.728 to 90.554 kg ha⁻¹ in the 13 treatments evaluated (Table 3). Significance tests indicated that at least one of the treatments was significantly different for each of the evaluated variables ($p \leq 0.05$). The comparison of Tukey showed

that treatment 3 that corresponded to the municipality of Aguascalientes, Ejido Peñuelas, with sowing period from June to September, in culture temporary and native seed, differed significantly in IS with 18.67% in the PI with 6.47% and RH of 90.554 kg ha⁻¹ with respect to the other treatments ($p = 0.05$).

The IS was obtained for treatments 3 and 13 differed significantly from those of more treatments with IS 18.67 and 8.10%, respectively, for the IP, treatment 3 and 13 also had the highest percentages with 6.47 and 2% respectively in relation to other treatments in GMI treatments 8 and 10 were differentiated from other treatments to obtain 36.67 and 49.81 g, respectively; and they stressed the RH treatments 3 and 10 with a natural production of 90.554 and 46.5 kg ha⁻¹, respectively, being significantly different to other treatments.

se utilizaron fueron de origen criolla y el tratamiento 10 (San José de Gracia, Localidad Paredes) sembrado en mayo-agosto y con semilla criolla, en cultivo de temporal para los cuatro tratamientos. Dichos tratamientos fueron los mejores y diferentes significativamente a los demás tratamientos en cada uno de los caracteres evaluados (Cuadro 3).

La aparición del huitlacoche en el maíz depende de varios factores como las condiciones ambientales, etapa del desarrollo de la planta del maíz, la susceptibilidad genética de la semilla y patogenicidad del hongo (Pataky, 1991; Pataky *et al.*, 1995; Pan *et al.*, 2008). Lo que se reflejó en la variabilidad de los resultados para el rendimiento por hectárea a causa de las condiciones ambientales, tipo de semilla y tipo de cultivo que se utilizaron en cada una de los tratamientos, además de las prácticas agronómicas y los tipos de patogenicidad del hongo prevalentes en las regiones evaluadas pudieron afectar significativamente los componentes del rendimiento, ya que existe una amplia diversidad genética en *Ustilago maydis*, como lo ha reportado Jiménez (2010); Calderón (2010).

Los tratamientos bajo condición de riego (Figura 1) no reflejaron mayores rendimientos de huitlacoche en las condiciones de precipitación, a pesar de que este alimento está formado principalmente por agua (~90%; Beas *et al.*, 2011); sin embargo, en la condición de temperatura hay una relación estrecha con el rendimiento por hectárea (Cuadro 4). En los tratamientos 3 y 10 obtuvieron la mejor producción natural del hongo, las condiciones ambientales que se presentaron en los dos tratamientos son completamente diferentes (Figura 2), estas no están relacionadas con el rendimiento que se obtuvo del hongo (Cuadro 4).

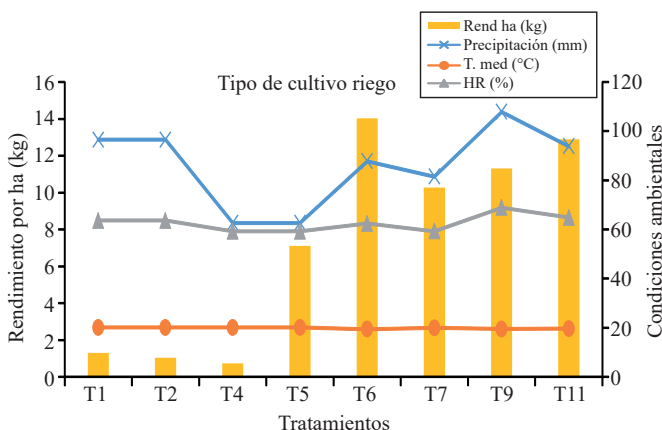


Figura 1. Comparación de las condiciones ambientales en los tratamientos con riego.
Figure 1. Comparison of the environmental conditions in irrigation treatments.

The treatments 3 (Aguascalientes, Ejido Peñuelas), 8 (Rincón de Romos, Ejido el Bajío) and 13 (El Llano, Localidad de la Luz) sown in June-September and seeds used were of native origin and treatment 10 (San José de Gracia, City Walls) sown in may-august and native seed in temporary crop for the four treatments. These treatments were the best and significantly different from other treatments in each of the characters evaluated (Table 3).

The appearance of corn smut in maize depends on several factors such as environmental conditions, stage of development of the corn plant, genetic susceptibility seed and pathogenicity of the fungus (Pataky, 1991; Pataky *et al.*, 1995; Pan *et al.*, 2008). This was reflected in the variability of the results for the yield per hectare due to environmental conditions, type of seed and crop type that were used in each of the treatments, in addition to agronomic practices and types of pathogenicity fungus prevalent in the evaluated regions could significantly affect yield components, as there is a wide genetic diversity in *Ustilago maydis*, as reported Jiménez (2010); Calderón (2010).

Treatments under irrigation condition (Figure 1) is not reflected in higher yields of corn smut precipitation conditions, although this food is mainly composed of water (~90%; Beas *et al.*, 2011); however, the temperature condition there is a close relation to the yield per hectare (Table 4). In treatments 3 and 10 obtained the best natural production of the fungus, environmental conditions that occurred in the two treatments are completely different (Figure 2), these are not related to the performance of the fungus it was obtained (Table 4).

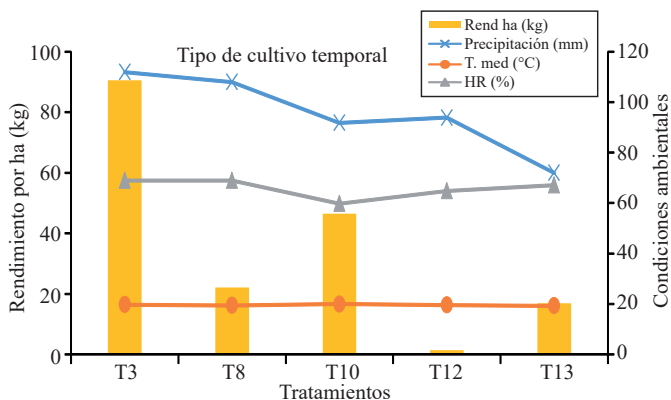


Figura 2. Comparación de las condiciones ambientales en los tratamientos de temporal.
Figure 2. Comparison of the environmental conditions in temporary treatments.

Some authors Valdez *et al.*, (2009); Salazar *et al.*, (2013) mention that with the method of artificial inoculation and under controlled conditions in production, reached yields

Cuadro 4. Correlación entre condiciones ambientales y rendimiento por hectárea para los tratamientos con riego y temporal.
Table 4. Correlation between environmental conditions and yield per hectare for treatments with irrigation and temporary.

	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (HR)
RH (riego)	0.2477*	-0.8658**	0.2775*
RH (temporal)	0.5434*	0.5622*	0.1405*

**Correlación significativa al nivel de 0.01. *Correlación no significativa al nivel de 0.05.

Algunos autores Valdez *et al.*, (2009; Salazar *et al.*, (2013) mencionan que con el método de inoculación artificial y bajo condiciones controladas en la producción, llegaron a obtener rendimientos de hasta 15 t ha⁻¹ con maíces criollos. La producción natural para las semillas criollas de temporal el mejor rendimiento fue de 90.554 kg ha⁻¹.

La producción bajo el método de inoculación artificial para maíces híbridos es de 7 a 8 t ha⁻¹ (Martínez *et al.*, 2000; Madrigal *et al.*, 2010). En el presente trabajo se obtuvo que, para los maíces híbridos bajo riego, el tratamiento 6 resultó con el mejor rendimiento con cerca de 14.027 kg ha⁻¹, a comparación del tratamiento 4 en donde se utilizó la misma semilla con 0.728 kg ha⁻¹ pero en diferente localidad. La temperatura promedio pudo haber determinado el mejor rendimiento en el tratamiento 6, ya que hay una relación estrecha entre estas dos variables (Cuadro 4).

Conclusiones

El tratamiento 3 a base de semilla criolla amarilla de temporal sembrada en junio-septiembre, en la localidad del Ejido de Peñuelas, Aguascalientes, mostró la severidad y porcentaje de incidencia del carbón del maíz (huitlacoche) más alta con 18.67 y 6.47% respectivamente, y por tanto obtuvo el mayor rendimiento de huitlacoche con 90.554 kg ha⁻¹.

El tratamiento 10 de la localidad de Paredes, San José de Gracia con semilla criolla pozolera blanca de temporal sembrada en mayo-agosto, obtuvo en gramos por mazorca infectada por huitlacoche el promedio más alto con 49.81 g; sin embargo, por su porcentaje de incidencia bajo (0.74%) mostró un rendimiento de 46.5 kg ha⁻¹.

Las semillas híbridas y criollas difieren en los resultados de producción natural ya que la susceptibilidad de las semillas y la patogenicidad del hongo *Ustilago maydis* están estrechamente relacionados para obtener una infección masiva en el cultivo del maíz.

of up to 15 t ha⁻¹ with landraces. The natural production for temporary native seeds the best yield was 90.554 kg ha⁻¹.

The production under artificial inoculation method for hybrid maize is 7 to 8 t ha⁻¹ (Martínez *et al.*, 2000; Madrigal *et al.*, 2010). In this work it was found that, for hybrid maize under irrigation, treatment 6 was the best performance with about 14.027 kg ha⁻¹, as compared to treatment 4 where the same seed used with 0.728 kg ha⁻¹ but in a different location. The average temperature may have given the best performance in treating 6, since there is a close relationship between these two variables (Table 4).

Conclusions

The treatment 3 based yellow native seed temporary sown in June-September, in the village of Ejido Peñuelas, Aguascalientes, showed the severity and incidence rate of coal maize (corn smut) higher with 18.67 and 6.47% respectively, and therefore he obtained the highest yield of corn smut with 90.554 kg ha⁻¹.

The treatment 10 of the town of Paredes, San José of Gracia with white pozolera temporary native seed sown in may-august, obtained in grams per cob infected corn smut the highest average with 49.81 g; however, by its low incidence rate (0.74%) showed a yield of 46.5 kg ha⁻¹.

The hybrid and native seeds differ in natural production results since the susceptibility of seeds and pathogenicity of the fungus *Ustilago maydis* are closely related for a massive infection in maize cultivation.

The environmental conditions are not closely related to the yield per hectare for temporary native seeds.

End of the English version



Las condiciones ambientales no están estrechamente relacionadas con el rendimiento por hectárea para las semillas criollas de temporal.

Literatura citada

- Agrios, G. N. 2006. Fitopatología. 2ª ed. Ed. LIMUSA. México, D. F.
- Beas, F. R.; Loarca, P. G.; Guzmán, M. S. H.; Rodríguez, G. M.; Vasco, M. N. L. y Guevara, L. F. 2011. Potencial nutraceutico de componentes bioactivos presentes en huitlacoche de la zona de centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas. Asociación Farmacéutica Mexicana, A. C.* México. Abril-junio. 42(2):36-44.
- Calderón, F. M. L. 2010. Caracterización clásica y molecular del huitlacoche [*Ustilago maydis* D. C. (Corda)], hongo de importancia social y económica en la Región Central de México. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (consultado enero, 2014). http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/319/calderon_fernandez_ml_dc_edar_2010.pdf?sequence=1.
- INEGI. 2008. La biodiversidad en Aguascalientes: estudio de estado. 2008. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Instituto del Medio Ambiente del estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). México. 389 p.
- Jiménez, B. M. F. 2010. Estudio de la diversidad genética y análisis molecular del locus *b* de *Ustilago maydis*. Instituto Politécnico Nacional-CBG. Reynosa, Tamaulipas.
- Madrigal, R. J.; Villanueva, V. C.; Sahagún, C. J.; Acosta, R. M.; Martínez, M. L. y Espinosa, S. T. 2010. Ensayos de producción de huitlacoche (*Ustilago maydis* Cda.) hidropónico en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16(3): 177-182. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rsh/v16n3/v16n3a5.pdf>.
- Martínez, M. L.; Villanueva, V. C. y Sahagún, C. J. 2000. Susceptibilidad y resistencia del maíz al hongo comestible huitlacoche (*Ustilago maydis* Cda.) mejorando su virulencia. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 6(2):241-255.
- Martínez, M. L.; Muñoz, O. A.; Mejía, C. J. A.; Molina, G. J. D.; Zavaleta, M. E.; Sandoval, I. J. S. y Villanueva, V. C. 2005. Efectos genéticos e interacciones entre familias de maíz y aislados de huitlacoche (*Ustilago maydis* D. C. Corda). *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 11(1):121-128.
- Méndez, M. L. y Ruiz, H. J. 2008. Estudio de genes diferenciales durante el proceso patogénico de *Ustilago maydis* en *Arabidopsis thaliana* un huésped no natural. *Avances en la Investigación Científica en el CUCBA. In: XIX Semana Nacional de la Investigación Científica.* Zapopan, Jalisco. México. 407-414 pp.
- Pan, J. J.; Baumgarten, A. M. and May, G. 2008. Effects of host plant environment and *U. maydis* Cda. infection on the fungal endophyte community of maize (*Zea mays* L.) *New Phytologist.* (178):147-156.
- Pataky, J. K. 1991. Production of huitlacoche [*Ustilago maydis* (D. C.) Corda] on sweet corn. *HortSci.* 26:1374-1377.
- Pataky, J. K.; Nankam, C. and Kerns, M. R. 1995. Evaluation of a silk-inoculation technique to differentiate reactions of sweet corn hybrids to common smut. *Phytopathology.* 85(10):1323-1328.
- Salazar, T. J. C.; Martínez, T. E.; Álvarez, H. R. y Méndez, L. A. 2013. Susceptibilidad de maíces híbridos y criollos al huitlacoche (*Ustilago maydis* (D.C.) CDA.), y rentabilidad de la producción, en Chapingo, México. *Ciencias Agronómicas y ambientales. 1er Congreso Internacional de Ciencias Aplicadas.* Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, Estado de México. 84-93 pp.
- Valdez, M. M.; Valverde, M. E. y Paredes L. O. 2009. Procedimiento tecnológico para la producción masiva de huitlacoche. *CINVESTAV-Irapuato. Sincco.*10-37 pp.
- Villanueva, C. V.; Cruz, -Molina, D. J. D.; Castillo, F. and Zavaleta, E. 1999. Artificial induction of huitlacoche (*Ustilago maydis*): influence of different conditions in the field. *Micol. Neotrop. Apl.* 12:41-57.