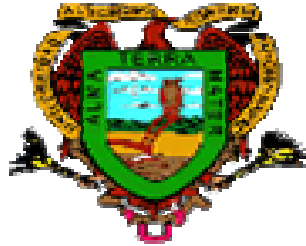


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
DIVISION DE CIENCIA ANIMAL



SELECCIÓN DE LÍNEAS ELITE DE MAÍZ TOLERANTES
A *FUSARIUM MONILIFORME* Y SEQUÍA

POR:

ARMANDO VELAZQUEZ MATEOS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO
MARZO DE 2006

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

SELECCIÓN DE LINEAS ELITE DE MAIZ TOLERANTES
A FUSARIUM MONILIFORME Y SEQUIA

POR:

ARMANDO VELAZQUEZ MATEOS

TESIS

QUE SOMETE A CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

APROBADA POR:

EL PRESIDENTE DEL JURADO

DR. RAMON F. GARCIA CASTILLO

SINDDAL

SINDDAL

Q.F.B. MA. ELENA GONZALEZ GUAJARDO

DR. HUMBERTO DE LEON CASTILLO

COORDINADOR DE LA DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

DR. RAMON F. GARCIA CASTILLO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO
MARZO DE 2006

DEDICATORIAS

A Dios por concederme la vida y por permitir culminar mis estudios

A mis padres:

Luisa Mateo Sánchez

Matías Velásquez García (+)

Por guiarme a cada paso de mi vida, por su cariño y por su amor infinito

A mis Hermanos

Esteban

Teodoro

Yolanda

Rosendo

Patricia

Guillermina

Matias

Cecilia

Por cada uno de mis hermanos que me brindaron su apoyo cuando mas lo necesitaba

A la Familia Velásquez Estrada

Lizeth (+)

Alexis A.

Ma. Lorena

Por su comprensión, su fortaleza y por su cariño que siempre me lleno de vida

A mis sobrinos: ***Dante, Maritza, Efraín, Sandra, Ana, Guadalupe, Noemí, Emmanuel, Bibiana y el pequeño (Matis).*** Por todos los momentos felices que pase con ellos.

A mis Abuelitos Telesforo (+), Susana (+), Gregorio (+) y Francisco por su cariño y amor.

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** por todo lo que me ha dado.

A MI **“ALMA MATER”**

Por abrigarme en su seno desde el momento que ingrese hasta la culminación de mi profesión

Al **INSTITUTO MEXICANO DEL MAIZ “DR. MARIO E. CASTRO GIL”**

Por realizar y finalizar la presente investigación

Al **DR RAMON GARCIA CASTILLO** por su confianza y su apoyo que me brindo al revisar el presente trabajo.

Mis mas sinceros agradecimientos a la **Q.F.B. MARIA ELENA GONZALEZ GUAJARDO** por su valioso apoyo y por sus sugerencias durante la revisión y corrección del presente trabajo ¡Gracias!

Al Dr. HUMBERTO DE LEON CASTILLO por prestarme los materiales, por su apoyo que me supo brindar y la dedicación durante la revisión del presente trabajo.

Agradezco al **Dr. JOSE GUADALUPE BOLAÑOS** por su apoyo que me brindo en la parte estadística

Agradezco a **T.L.Q. MARTHA JARAMILLO SANCHEZ** por su dedicación en el laboratorio y por sus importantes observaciones realizadas en el transcurso de esta investigación.

A la **T.L.Q. GRACIELA VAZQUEZ ROSALEZ** por su apoyo que me brindo en el laboratorio.

INDICE

DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
INDICE DE CUADROS.....	vii
RESUMEN.....	viii
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	3
HIPÓTESIS.....	3
II.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Fisiología de la planta de maíz.....	4
El fruto	4
Germinación y primeras etapas de crecimiento.....	5
Crecimiento vegetativo.....	6
Fecundación.....	7
Formación y maduración del grano.....	9
Estado crítico en el desarrollo de la planta.....	10
Factores limitantes en la producción.....	12
Reproducción en los hongos.....	13

Tipos de hongos.....	13
Reproducción asexual.....	13
Tipos de reproducción asexual.....	14
Reproducción sexual.....	15
Tipos de ciclos vitales.....	15
Tipos de hongos según la distribución de hongos.....	16
Tipos de reproducción sexual.....	16
Compatibilidad en los hongos.....	17
Toxinas.....	18
Efecto de las toxinas en las plantas.....	19
Mecanismos de acción de las toxinas.....	19
Características del hongo <i>Fusarium moniliforme</i> (sheld,) <i>guiberella, fujikuroi</i>	20
Toxinas producidas por <i>Fusarium</i>	21
Penetración y condiciones que la afectan.....	21
Importancia del inoculo secundario.....	21
Factores que afectan la patogénesis.....	22
Manejo.....	22
Las micotoxinas.....	23
Efecto de las micotoxinas en la salud animal.....	24
Métodos de inoculación del <i>Fusarium moniliforme</i>	25
Método de la punta de la mazorca (tip-of-ear).....	26
Método de inyección.....	27
Uso del filtrado toxico en la selección de materiale con resistencia a Enfermedades	28
Trabajos dentro de l a universidad.....	8
Control.....	29
Tipos de resistencia genética en las plantas.....	30
Definición de sequía.....	32
Importancia de obtener genotipos tolerantes a sequía.....	32
Efectos que causa la sequía en las plantas.....	33
Características de las plantas resistentes a sequía.....	34

Rasgos morfológicos.....	34
Rasgos fisiológicos.....	35
Respuesta de la planta hacia la sequía.....	35
Efecto de la sequía sobre el crecimiento vegetal.....	36
La resistencia a la sequía.....	36
Criterios de selección de plantas resistentes a sequía.....	38
Métodos de estudio para la resistentes a sequía.....	39
Selección de genotipos resistentes a sequía mediante agentes osmóticos.....	39
Sacarosa.....	40
Manitol.....	41
III.-MATERIALES Y METODOS.....	42
Selección de genotipos de maíz resistentes a enfermedades.....	45
Recolección del material enfermo.....	46
Preparación del medio para el aislamiento del patógeno.....	47
Aislamiento del hongo en el laboratorio.....	48
Siembra del material enfermo.....	50
Conservación del patógeno.....	51
Preparación del medio para la obtención del filtrado toxico.....	52
Inoculación del medio PDS.....	53
Agitación del PDS inoculado.....	54
Pasterización.....	56
Siembra en taco papel germinador o secante semilla de maíz y filtrado toxico.....	56
Selección de genotipos de maíz tolerantes a sequía.....	58
Siembra en taco (papel germinador o secante) secuestradores de humedad.....	59
Descripción del manitol.....	59
Ecuación de Van´t Hoff.....	60
Cálculos de la presión osmótica.....	61
Preparación de la solución de manitol.....	62
Preparación del material para la siembra.....	62
Siembra de los materiales.....	63

Incubación.....	63
Toma de datos.....	63
Análisis estadístico.....	63
Modelo lineal y prueba de hipótesis.....	64
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	68
V- DISCUSIÓN ENTRE FUSARIUM Y SEQUIA.....	82
VI.- CONCLUSIONES.....	83
VII.- LITERATURA CITADA.....	84
APÉNDICE.....	92

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pag.
1 Material genético utilizado.....	42
2 Componentes del Análisis de Varianza (ANVA) para el Diseño Experimental Bloques al Azar.....	65
3 Análisis de Varianza para la variable de longitud de plúmula de semilla de maíz inoculada con <i>Fusarium moniliforme</i> (Sheld.....	68
4 Concentración de medias para la variable de longitud de plúmula de semilla de maíz inoculado con el filtrado toxico de <i>Fusarium moniliforme</i> (Sheld.) ordenadas de mayor a menor de acuerdo con la prueba de medias D. M. S con $\alpha= 0.05$	69
5 ANVA para la variable de longitud de raíz de semilla de maíz inoculada con <i>Fusarium moniliforme</i> (Sheld.).....	71
6 Concentración de medias para la variable de longitud de raíz de semilla de maíz inoculado con Filtrado toxico de <i>Fusarium moniliforme</i> (Sheld.) ordenadas de mayor a menor de acuerdo con la prueba de medias D. M. S. con $\alpha = 0.05$	72
7 ANVA para la variable de longitud de plúmula de semilla de maíz a una presión osmótica de -5 bars con manitol.....	75
8 Concentración de medias para la variable de longitud de plúmula de semilla de maíz a una presión osmótica de -5 bars ordenadas de mayor a menor de acuerdo con la prueba de medias D. M. S. con $\alpha = 0.05$	76

9	ANVA para la variable de longitud de raíz de semilla de maíz a una presión osmótica de –5 bars con manitol.....	78
10	Concentración de medias para la variable de longitud de raíz de semilla de maíz a una presión osmótica de –5 bars ordenadas de mayor a menor de acuerdo con la prueba de medias D. M. S. con $\alpha = 0.05$	79
11	Medias de resultados de la longitud de la plúmula, raíz y peso de la semilla de maíz inoculado con filtrado toxico de <i>Fusarium moniliforme</i> al 25 %	93
12	Medias de longitud de plúmula, raíz y peso de semilla de maíz tratadas con manitol a una presión osmótica de –5 bars.....	95

RESUMEN

El presente trabajo se llevo a cabo en el Laboratorio de Tejido "In Vitro" Maíz, perteneciente al Instituto Mexicano del Maíz (I. M. M.) "Dr. Mario Castro Gil" de la UAAAN.

Se evaluaron 32 líneas del Programa del Bajío Mexicano Tepalcingo 04-05 del I. M. M. como un criterio mas de selección de genotipos de maíz tolerantes a sequía mediante secuestradores de humedad y al hongo *Fusarium moniliforme* (Sheld.) mediante el filtrado toxico y observando si hay una relación entre ambas condiciones y relacionándolas con el peso de la semilla

Se utilizo el Diseño Experimental Bloques al Azar con 32 tratamientos y tres repeticiones

Para *Fusarium* se sembró en papel secante en forma de taco inoculado con el filtrado toxico de *Fusarium moniliforme* al 25 %. De esta manera se tomaron las variables de longitud de plúmula y raíz

Para sequía se sembró la semilla de maíz en papel secante en forma de taco inoculado con manitol a una presión osmótica de -5 bars. Tomando la medición de longitud de plúmula y raíz.

En los análisis de varianza se encontró variabilidad en la respuesta genética para ambas condiciones en algunos de los materiales.

Se realizaron las pruebas de variabilidad donde se encontraron significancia con la prueba de D. M. S. (Diferencia Mínima Significativa) con $\alpha =$ para detectar los mejores genotipos.

Los mejor genotipos para Fusarium fue el tratamiento 14 que pertenece al genotipo 25 y estadísticamente similares 10,23,28,16,27,3,29,22,21,30,4,5,18 y 8

Los mejor genotipo para sequía fue el tratamiento 14 que pertenece al genotipo 25 y estadísticamente similares 20,21,9,23,28,16,3,22,18,25,27,31,8,10 29,9,31,8,25y 10.

Se encontraron relación entre ambas condiciones en algunos genotipos ya que los genotipos seleccionados para tolerancia a fusarium y sequía fue el mismo.

INTRODUCCIÓN

Dentro de los factores que provocan más pérdidas a la producción del maíz se consideran déficit de agua en la planta, heladas, plagas y enfermedades. Pues debido a estos factores, los rendimientos de maíz se ven afectados muy notablemente en la producción: Estos problemas son debidos al medio ambiente el cual es difícil de controlar, lo mismo el uso de productos químicos el cual hace incosteable la producción. Por este motivo es necesario la utilización de técnicas de laboratorio que sean eficientes, rápidas y económicas al evaluar materiales genéticos experimentales o comerciales para este tipo de situaciones desfavorables para el agro mexicano para de esta manera hacer una rápida selección de materiales genéticamente sobresalientes.

Sin duda alguna el maíz es el cultivo más importante en México y uno de los cereales básicos en el mundo. En el país los datos oficiales mencionan que el 36% de la superficie agrícola se siembra con maíz y el 80% de la misma en zonas de temporal. De esta manera el maíz a sido considerado como el componente principal de la dieta de la población humana, así también es utilizado para la alimentación de animales domésticos debido a los carbohidratos y proteína que posee y tiene amplio uso industrial, además tiene la capacidad de adaptarse en las regiones tropicales, templadas, semiáridas y áridas.

El maíz esta fuertemente ligado a la tradición y cultura de México, puesto que ha sido la base de su alimentación desde hace varios años. Aun y cuando desde 1941 se inicia el mejoramiento genético de este cultivo, se enfoca principalmente hacia la formación de híbridos para áreas de riego e incrementa la producción de grano en el país a corto plazo poniendo poca atención a las áreas de secano o temporal.

En la actualidad son de suma importancia estudios tendientes a encontrar diversos mecanismos o características que permitan a las plántulas sobrevivir y producir bien bajo condiciones de humedad limitada. Se ha considerado que los resultados obtenidos a nivel plántula coinciden aun en las últimas etapas fonológicas del cultivo.

Entre las enfermedades que causan mas daño a la producción de maíz está las de tipo fungoso causadas por microorganismos principalmente por el hongo *Fusarium moniliforme* ya que se ha considerado como él más dañino mermando la producción de maíz de acuerdo a las condiciones del clima y a la fisiología de la planta cuando el patógeno ataca, la cual causa el principal problema fitopatológico de este cultivo en el ámbito nacional provocando un decremento en la producción.

OBJETIVOS GENERALES

Utilizar la metodología “*in Vitro*” como apoyo al programa de mejoramiento genético del Instituto Mexicano del Maíz (I. M. M.).

Evaluar los criterios de selección de genotipos tolerantes a sequía y a la pudrición del tallo y mazorca provocada por el hongo *Fusarium moniliforme*.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Detectar las líneas sobresalientes del programa de mejoramiento genético del Bajío Mexicano del I. M. M.

Utilizar el material seleccionado en la formación de híbridos y variedades

Correlacionar peso de semilla con las longitudes de plúmula y raíz.

Correlacionar las variables evaluadas de longitudes.

HIPÓTESIS

Dentro del material germoplasmico con que cuenta el programa de mejoramiento genético del Bajío del I. M. M. Donde existen líneas con mayor tolerancia al estrés hídrico o resistencia al hongo *Fusarium moniliforme*.

El peso de la semilla influye en las evaluaciones de longitud de plúmula y raíz tanto para resistencia a *Fusarium* como para tolerancia a sequía.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

Fisiología de la planta

El maíz es el cereal más eficiente como productor de grano. Contribuyen a ello varios factores: Gran tamaño de la planta dotada de un área foliar muy considerable, con un tallo fuerte y alto, sistema de raíz abundante y tejida vascular (conductor) amplio y eficiente.

El fruto

Cada parte del fruto (grano) de maíz tiene un origen hereditario distinto, el pericarpio, procede de la planta madre productora de la semilla, el endospermo procede en sus $2/3$ de la planta madre y un tercio del padre resulta de la multiplicación celular que sigue a la unión del núcleo secundario (diploide:) del saco embrionario con una de las dos espermias o gametos masculinos (haploide).

El embrión o semilla contiene, a partes iguales, aportes recibidos del padre y de la madre. Se origina por multiplicación del cigoto resultante de la unión de la oosfera (haploide: n) del saco embrionario, con el otro núcleo espermático (gameto

masculino también haploide:n. Cada una de estas partes tiene una misión funcional: El pericarpio protege la semilla; el endospermo es la reserva de la que se alimenta la nueva planta hasta que pueda empezar a sintetizar por si misma, el cual esta formado por un 90% de almidón, un 7% de proteína y cantidades menores de sustancias minerales, aceites, etc.

Al embrión lo forman un eje embrionario integrado a su vez por la plúmula y la radícula (esbozos embrionarios de tallo y hojas y de raíz de la nueva planta); y el escútelos o cotiledón, cuya función es la de servir de reserva a la semilla y la plántula en sus primeras etapas de desarrollo. El escutelo es rico en aceites y otros productos necesarios para la activación y crecimiento de la semilla y la plántula Ritchie y Hanway, (1992)

La germinación y primeras etapas del crecimiento

Onderdonk y Ketcheson (1972) puesta la semilla en íntimo contacto con un suelo cálido y húmedo a una profundidad de unos 6 cm. comienza por absorber agua e hincharse. Se inician entonces unos cambios químicos que provocan el crecimiento del eje embrionario (plúmula y radícula). La radícula comienza a salir por la cubierta del fruto a los dos o tres días.

Le sigue, unos dos días mas tarde, la plúmula en la que empiezan a diferenciarse un vástago, esbozo del tallo, que emerge del grano, y las primeras hojas.

Estas van creciendo y salen de la semilla protegidas al principio por una cubierta llamada coleoptilo. Después que ha salido la primera raíz, le siguen otras varias

(raíces seminales) hasta un total de 6 o 7. La plántula se nutre en sus primeros días de las sustancias minerales disueltas en el suelo, a través de estas primeras raíces seminales, las cuales cumplen también funciones de sostén hasta que empiezan a formarse las raíces principales a partir de la corona.

El coleoptilo crece a partir de un punto intermedio más o menos a la mitad de camino entre el grano y la superficie del suelo. Desde el grano hasta donde el coleóptilo desarrolla el tallo y las hojas seminales, crece una especie de tubo o tallo subterráneo de color blanco, llamado mesocotilo. Cuando la semilla se siembra a mas profundidad de lo normal, el mesocotilo se alarga hasta cubrir con su crecimiento una distancia desde la semilla que haga posible que el coleoptilo emerja sobre la superficie del terreno.

Crecimiento vegetativo

Una vez nacida la planta empieza la formación de las raíces principales a partir de la corona. El sistema principal de raíces tiene forma fasciculada; crece rápidamente y puede penetrar profundamente en el suelo o extenderse en un amplio círculo. En los nudos de la base del tallo pueden aparecer raíces aéreas o adventicias llamadas también coronarias. Estas raíces tienen funciones de sostén, absorción de agua y nutrimentos Feldman, (1994)

De las cinco hojas embrionarias esbozadas en la semilla, la plántula llega a producir de 15 a 30 hojas definitivas. Todas ellas se originan en el punto de crecimiento, que se conserva durante este periodo de crecimiento vegetativo a

poca distancia del suelo por encima de la superficie, en el interior de la planta. Esta fase de formación de las hojas dura unas cuatro semanas a partir de la siembra. Durante este periodo, el punto de crecimiento tiene forma hemisférica con el aspecto de una pequeña protuberancia. Desde que la planta termina de diferenciar todas sus hojas, el punto de crecimiento, que alcanza el nivel del suelo en ese momento, se alarga en forma de cilindro terminado en una punta de forma hemisférica. Dos o tres días después de producirse este alargamiento del punto del crecimiento, aparecen a sus costados unos bulbos pequeños, que en pocos días desarrollan el esbozo de la panoja o panícula embrionaria.

Al existir hay en esos momentos unas 10 hojas, y la planta alcanza una altura de unos 40 a 45 cm, este periodo puede reconocerse por un rápido crecimiento de los entrenudos inferiores del tallo, acompañado del alargamiento longitudinal de la planta. El esbozo de espiga o inflorescencia femenina empieza a formarse al costado del punto de crecimiento unos diez días después que inicie su formación de inflorescencia masculina. Al mismo tiempo que el punto de crecimiento evoluciona en el interior de la planta y comienza a desarrollarse en el mismo, primero la inflorescencia masculina y poco después la espiga principal en el exterior se produce el alargamiento del tallo y la aparición de todas las hojas. En esta fase en que finaliza el crecimiento vegetativo y se preparan las funciones reproductoras, la planta vive un máximo en su actividad fotosintética y absorbe del suelo grandes cantidades de agua y principios nutritivos. Shaver, (1983)

Fecundación

Al aparecer la extremidad de las flores masculinas y la punta de la espiga femenina, la velocidad de crecimiento de la planta disminuye. Los entrenudos medios e inferiores del tallo han llegado al máximo de su desarrollo. Unos dos días antes de que las espigas masculinas comiencen a liberar el polen, los entrenudos de la parte alta del tallo dan un último estirón y los penachos terminan de salir de entre las hojas superiores, impulsados por este empujón del extremo superior del tallo. Las tres semanas que preceden a la liberación del polen y el alargamiento de los estilos son una etapa crítica para la planta. En ella, la actividad asimiladora es máxima. Una deficiencia en el aporte de agua y nutrientes, en especial de los nitrogenados, durante esos veinte días, perjudicaría el resultado de la cosecha de la forma irreversible.

La planta destina el máximo de su actividad a asegurar, en primer lugar, la formación de las flores masculinas y el polen y en segundo término, la de la espiga y los estilos.

La espiga principal (inflorescencia femenina) se desarrolla sobre el ápice de una ramificación lateral aproximadamente la altura del sexto nudo contando de arriba hacia abajo. Con bajas densidades de siembra o en variedades altamente productivas pueden producirse espigas que dan mazorcas y grano por debajo de la espiga principal Salazar, (1990)

Las flores masculinas que coronan la planta producen millones de granos de polen. La liberación del polen empieza, por lo general algo después de que las flores masculinas fueran impulsadas fuera del verticilo foliar por el alargamiento de los últimos entrenudos superiores del tallo. Los granos de polen producidos en la inflorescencia masculina llevados por el viento pueden fecundar a varias

espigas femeninas. El polen es expulsado generalmente desde las primeras horas del día hasta media mañana, el rocío de la noche y la primera luz del día facilitan la dehiscencia de las anteras y la propagación del polen. Normalmente la máxima producción de polen se produce al tercer día de la dehiscencia, las primeras flores que sueltan su polen suelen ser las del centro y las últimas, las de las puntas y la base.

La liberación del polen puede durar de seis a ocho días. La cantidad de polen que producen las plantas es normalmente mas que suficiente para fecundar todas las espigas de la plantación Cheng y Paredy, (1994)

Formación y maduración del grano

Al unirse el núcleo espermático masculino, transportado en el tubo polínico con el óvulo femenino se forma el cigoto, su división da lugar al embrión o semilla cuyas células reciben una dotación cromosómica cuantitativamente igual del padre y de la madre (o de la flor masculina y la flor femenina. Después de fecundadas las flores de la espiga, los estilos se oscurecen y marchitan. A los pocos días puede ya verse sobre la espiga los pequeños granos con aspecto de pequeñas gotas de agua. Estos crecen rápidamente y al mismo tiempo la espiga se alarga y ensancha hasta formar la mazorca con su tamaño definitivo.

Unos veinte días después de la polinización los granos se llenan de una pasta lechoza y azucarada que evoluciona para transformarse en las sustancias almidonadas y las proteínas del endospermo; para entonces el embrión ya esta formado.

Después de la fecundación hacia los treinta o treinta cinco días empieza a depositarse y almacenarse el almidón en el interior del grano a partir de la corona (zona apical del fruto).

Aproximadamente unos cuarenta días después de la fecundación pueden distinguirse dos zonas en el grano: un superior rico en sustancias almidonadas y otra inferior que contiene las sustancias lechosas todavía sin transformarse; por esa época continua la formación de materia seca por la planta y su acumulación principal en la zona lechosa de los granos, donde las sustancias van transformándose en almidón y emigrando hacia la parte superior del grano, estos fenómenos de síntesis transformación, transporte y acumulación van acompañados por una pérdida neta de humedad en el grano. Hacia la octava o novena semana después de la fecundación el embrión a terminado de formarse en el interior del fruto y de acumulo de sustancias nutritivas de reserva, el grano alcanza el máximo peso seco y se encuentra en estado de madurez fisiológica (Copyright, 1999-2004)

Estados críticos en el desarrollo de la planta

El maíz pasa por determinadas fases de crecimiento o transformación de sus funciones en las que resulta especialmente sensible a las variaciones originadas en el medio en que vive. La germinación y el arraigo de la semilla son las primeras etapas delicadas para el posterior desarrollo de las plantas. En contacto con la humedad del suelo se abren las cubiertas del fruto que protegen la semilla, y los tejidos ricos en sustancias de reserva quedan expuestos a los organismos que

viven en el suelo; otro peligro para la adecuada germinación y primeras fases del desarrollo es la falta de condiciones (humedad y temperatura) y buen estado (agregación y finura) de las partículas del suelo. Si tales condiciones negativas no llegan a impedir la germinación pueden retrasar las primeras fases del desarrollo de la planta lo que expone esta al ataque de parásitos y organismos patógenos.

El equilibrio entre los distintos principios minerales nutritivos contenidos en el suelo y su estado de asimilación para las raíces es de gran importancia en los primeros días una vez que el embrión consumió las sustancias de reserva del fruto y las primeras raíces empiezan a alimentar a la planta. La falta de algún elemento en especial de fósforo en el suelo afecta principalmente al crecimiento de la planta durante las primeras semanas; en la etapa de crecimiento vegetativo desde la planta que puede considerarse que arraigo hasta poco antes de la floración, las adversidades de cualquier tipo (climáticas, alta o exceso de cualquier elemento, plagas, enfermedades), afecta el desarrollo posterior retrasando el momento final de la maduración del grano, sin embargo las consecuencias no suelen ser irreversibles ni graves durante esta etapa.

El periodo crítico más importante para la vida de la planta y la cosecha transcurre aproximadamente en las tres semanas anteriores al momento de la floración. La formación y desarrollo interno de las flores masculinas y de la espiga femenina, y la maduración del polen, óvulos requieren condiciones bastante concretas en cuanto al suministro de principios minerales en estado asimilable en el suelo para lo que se precisa y además un aporte suficiente de agua.

La abundancia de agua en el suelo, contando con equilibrio aporte de abonos y una eficiente protección contra las plagas y enfermedades son las condiciones

básicas en este periodo para el buen desarrollo de las flores y una efectiva fecundación que garantice un rendimiento acorde con las posibilidades intrínsecas de la variedad.(copyright, 1999-2004)

Factores limitantes en la producción

El hongo *Fusarium moniliforme* es el hongo más importante que limita en gran medida la producción de maíz, causando cuantiosas perdidas económicas; así como cambios en su contenido nutritivo, sabor en los productos y contaminación de los granos con micotoxinas Domarys *et al*, (1976)

Barriere (1979) menciona que la pudrición de tallo provocada por *Fusarium moniliforme* es la enfermedad más importante en el maíz precoz en Francia.

La pudrición de tallo esta ampliamente distribuida en E. U. y en otros países productores de maíz. En cuanto a las perdidas ocasionadas por la pudrición de tallo y mazorca se encontró de 10 a 20 % de perdidas en E. U. y de un 25 a 35 % en otros países, además se ha reportado que puede ocasionar hasta un 50 % de perdidas en molienda (American Phytopathological Society, 1980)

En algunas regiones del país, la producción del maíz se ha visto afectada por la pudrición de tallo la cual es causada por *Fusarium moniliforme*. Durante los últimos años, esta enfermedad se ha intensificado en dichas regiones, y ha alcanzado altos porcentajes de infección en áreas donde apenas se manifestara su presencia Escobedo y Olivares, (1987)

Actualmente uno de los problemas fitopatologicos del maíz en México es la marchites causada por el hongo *Fusarium moniliforme* que ocasiona daños hasta

del 100 % en condiciones optimas para su desarrollo, además atacan al grano en el campo Flores Y Delgado, (1991)

Reproducción en los hongos

La reproducción implica la formación de nuevos individuos que poseen todas las características de la especie, puede ser de dos tipos; asexual y sexual.

Reproducción asexual: somático o vegetativo, no hay unión de núcleo, de células sexuales o de órganos sexuales.

Reproducción sexual: implica la unión de núcleos W. Nultsch, (1975)

Tipos de hongos

Holocarpicos: El talo entero se convierte en una estructura (órgano) reproductivo.

Las fases somáticas y reproductivas no coexisten.

Eucarpicos: Los órganos reproductores surgen únicamente de una porción de talo, el resto continúa sus actividades somáticas normales Ramón Reges, (1999)

Reproducción asexual

Incluye cualquier método de propagación de nuevos individuos o producción de células reproductoras especializadas (esporas) sin intervención de sexualidad.

Permite la producción de numerosos individuos

Se suele repetir varias veces en el ciclo vital Ramón Reges, (1999)

Tipos de reproducción asexual

1. Fragmentación de soma, cada fragmento se transforma en un nuevo individuo, puede ser irregular o regular, la fragmentación regular da lugar a dos tipos muy importantes.

Artrosporas: Las hifas se descomponen en las células que las forman y se comportan como esporas.

Clamidosporas: Las hifas se fragmentan en las células y se recubren de una pared

2. Fisión de células somáticas para dar dos células hijas por constricción y formación de una pared celular.

3. Gemación de células somáticas, formación de una pequeña evaginación (yema), a la cual migra un núcleo hijo, cada yema crece y se separa produciendo un nuevo individuo.

4. Esporulación: Producción de esporas que germinan originando un tubo germinal que desarrollara el micelio. Son muy variables en forma, color, tamaño, y número de células. Algunos hongos producen un solo tipo de esporas, otros llegan a producir hasta cuatro tipos diferentes; el cual puede ser de dos tipos:

Esporangiosporas: Esporas producidas en esporangios, los esporangios son estructuras saciformes cuyo contenido se convierten en su totalidad por segmentación en una o más esporas que están rodeadas por una pared esporal de esta manera se distinguen dos tipos.

Zoosporas: Son móviles, uniflageladas o biflageladas, con flagelos lisos o barbuladas.

Aplanosporas: Son inmóviles.

5. Conidios: Esporas producidas en el ápice o lados de hifas Ramón Reges, (1999)

Reproducción sexual

Implica la unión de dos núcleos compatibles y se separan en las siguientes fases

1. Plasmogamia: Unión de dos protoplastos y la reunión de los dos núcleos en una célula.
2. Cariogamia: Unión de dos núcleos, posterior a la Plasmogamia.
3. Meiosis: Paso al estado haploide.

Plasmogamia y Cariogamia son casi simultáneos en los hongos primitivos, pero están separadas en el tiempo y el espacio en los hongos más complejos, por lo que las células tienen dos núcleos genéticamente distintos (dicarióticas y heterocarióticas). Las hifas dicarióticas pueden crecer duplicando sus núcleos y manteniendo la heterocariosis Ramón Reges (1999)

Tipos de ciclos vitales

1. Haplobiontico: Solo hay un tipo de talo (haploide o diploide).
2. Diplonbiontico: Un talo haploide alterna con un talo diploide.
3. Solo los oomycetes presentan un micelio diploide y los gametos son haploides
Rafael Tormo, (1988)

Tipos de hongos según la distribución de sexos

1. Monoicos: Con órganos masculinos femeninos en el mismo talo, puede reproducirse sexualmente solo si son auto compatible
2. Dioicos: Los órganos sexuales están separados en individuos diferentes
3. Sexualmente indiferenciados: Las estructuras sexuales son morfológicamente indistinguibles

Los gametangios son los órganos sexuales que producen células sexuales diferenciadas con uno o más núcleos gaméticos, pueden ser de dos tipos.

1. Isogametangios: Morfológicamente indistinguibles y producen isogametos también indistinguibles
2. Heterogametangios: Morfológicamente diferentes y producen heterogametos, son de dos tipos.

-Anteridios: Son masculinos

-Oogonios: Son los femeninos Ramón Reges (1999)

Tipos de reproducción sexual

1. Copulación de planogametos, gametos flagelados
2. Contacto gametangial, oogametangia, los gametangios entran en contacto pero sin fusión, el núcleo masculino migra a través de un poro o tubo de fecundación hasta el gametangio femenino.
3. Copulación gametangial, oogametangiogamia, los gametangios o sus protoplastos se fusionan dando lugar a un cigoto o espora de resistencia.

4. Espermatización: Plasmogamia producida por unión de un espermatozoó (gameto inmóvil uninucleado) con una estructura receptora
5. Somatogamia: Fusión de células somáticas durante la Plasmogamia Rafael Tormo, (1988)

Compatibilidad en los hongos

Se distinguen diferentes tipos de hongos según la compatibilidad

-Homotalicos: Son sexualmente auto fértiles, pueden reproducirse por sí mismos.

-heterotalicos: Los talos son sexualmente autoestériles, requieren otro talo de tipo diferente, pueden ser de dos tipos:

*Bipolares (unifactoriales), los talos pueden ser de dos tipos según la compatibilidad genes A1 Y A2

*Tetrapolares (bifactoriales), hay cuatro tipos de talo (individuos), la compatibilidad se regula por dos pares de factores A1 A2 Y B1 B2 en 2 cromosomas distintos, solo es posible el cigoto A1A2B1B2.

-Homotalicos secundarios, en algunos hongos heterotalicos bipolares durante la formación de las esporas actúa un mecanismo por el que dos núcleos de tipo de apareamiento opuesto pasan al interior de cada espora que al germinar da un talo con núcleos A1 y A2 comportándose como homotalico. Rafael Tormo, (1988).

Toxinas

Las toxinas son sustancias dañinas producidas por microorganismos unicelulares y organismos superiores, los cuales pueden ser letales a otros organismos aun en muy bajas concentraciones.

Graniti, (1972) menciona que las toxinas de acuerdo a su toxicología pueden clasificarse así.

- a) Zootoxinas: Son producidas por animales entre los que podemos mencionar a los insectos, nematodos, serpientes, arácnidos y peces.
- b) Fitotoxinas: Son sustancias alcaloides y glucósidos los cuales excretan hongos y plantas clasificados como superiores
- c) Toxinas microbiales: Son excretadas por organismos unicelulares como son los hongos y bacterias, microplasma, spiroplasma las cuales producen sustancias como micotoxinas, aflatoxinas y botulinas.

Wheeler y Luke citado por Bouer, (1984) coinciden en clasificar a las toxinas conforme a los síntomas producidos en el organismo.

Patotoxinas: Se asemejan al agente causal produciendo todas las características de la enfermedad en plantas susceptibles.

Vivotoxinas: Son sustancias producidas por el hospedero infectado y que manifiesta solamente una parte de los síntomas. En esta categoría podemos encontrar el ácido fusarico que son toxinas no específicas.

Fitotoxinas: Estas son sustancias producidas por el patógeno, pero no manifiestan ninguno de los síntomas de la enfermedad que producen y como ejemplo tenemos el ácido fusarico el cual es sintetizado por metabolismo de *Alternari solana*.

Fitoagresivas: Sustancias que en bajas concentraciones no son toxicas al huésped, pero son responsables de toda la sintomatología de la enfermedad.

Efecto de las toxinas en las plantas

Las toxinas dañan a las células y tejidos de las plantas provocando no-coherencia entre células colapsos celulares y muerte de protoplasto.

Salinas, (1979) menciona que un factor que se puede considerar como evidencia a la acción toxica de los metabolitos producidos por patógenos, es su capacidad de lesionar al follaje, esto esta en relación con la actividad desintegradora en la pared celular, ya que esta se forma a base de compuestos pépticos y celulosa; a la vez las toxinas producidas por los patógenos son a base de enzimas como las pectinazas y celulosas, las que rompen las cadenas moleculares de los compuestos antes mencionados junto con la pared celular.

Ellingboe, (1968) indica que también pueden tener efectos como reguladores de crecimiento en las plantas

Mecanismos de acción de las toxinas

1. Por su bajo peso molecular, la toxina interviene en el cambio de estructura del protoplasma, la cual es afectada provocando trastornos a nivel celular.

2. Cuando las formas son consideradas como reguladores de crecimiento, estas intervienen en el crecimiento y desarrollo de la planta hospedera.
3. Las toxinas conocidas con acción enzimática pueden degradar a las paredes celulares y afectar todas las estructuras internas.
4. Las toxinas afectan los movimientos normales del agua, nutrientes y producción de metabolitos primarios.
5. Las toxinas al considerarse no tóxicas para el hospedero, no afectan la selectividad sobre el tejido colonizado.

Características del hongo *Fusarium moniliforme* (Seld.), (*Gibberella, fujikuroi*)

Presenta peritecios de color violeta con centrum tipo nectrio como *Gibberella zeae*; ascos cilíndricos, adelgazados hacia la base; ascosporas ovales a elípticas con las extremas redondeadas bicelulares. Fase conidial caracterizado por microconidias abundantes, formando cadenas largas o cortas, hialinas, unicelulares, macroconidias angostas de paredes delgadas septadas (3 a 5 septas transversales). Romero, (1993)

Barnett y Hunter, (1972) menciona que el hongo posee un micelio extendido y algodonoso, frecuentemente con matices rosas, púrpuras o amarillos; conidioforas variables delgadas simples o cortas y robustas, solo o agrupados en un esporodoquio; conidias hialinas, frecuentemente sostenidas en pequeñas cabezas; macroconidias con varias células delgadas, curvadas o encorvadas de

forma típica de canoa macroconidia celular ovoide y oblonga, nacen solas o en cadena.

Toxinas producidas por *Fusarium*

El género *Fusarium* produce sus toxinas principalmente en el maíz y otras gramíneas que infectan en el campo cuando el maíz es almacenado en los graneros. La zearalenona y el tricoteceno y sus derivados correspondientes son producidos por varias especies de *Fusarium* principalmente en el maíz enmohecido, la zearalenona conocida como micotoxina f-2, es producida por *Fusarium roseum*, *F. moliniforme*, *F. Tricinetum* y *F. oxysporum*. Las tricotecinas de las cuales la más conocida es la T-2 son producidas por las mismas especies y por otras distintas del género *Fusarium*. Agrios, (1985)

Penetración y condiciones que la afectan

En la primavera, durante condiciones cálidas y húmedas, las ascosporas son liberadas desde los peritecios y son deseminadas por el viento hasta los tallos y espigas. Las ascosporas germinan y pueden penetrar directamente o a través de heridas y causar infección Agrios, (1991)

Importancia del inoculo secundario

Conidios producidos sobre tallos enfermos pueden actuar como inoculo secundario. Puede existir contagio por contacto entre raíces sanas y enfermas.

Fusarium es un género que comprende a hongos habitantes en el suelo, pero la sobrevivencia en el suelo depende de la especie de patógeno. Estos hongos también pueden causar tizón de la plántula de trigo o cebada Agrios, (1991)

Factores que afectan la patogénesis

La enfermedad es favorecida por sequía al comienzo de la estación y tiempo húmedo a la emergencia de estigmas. La enfermedad es mas frecuente con alta densidad de siembra, elevado contenido de nitrógeno o deficiencia de potasio en el suelo y en híbridos de maduración temprana Agrios, (1991)

Manejo

Para reducir al mínimo los efectos del vuelco por pudrición de la raíz y la base del maíz se recomienda rotación de cultivos, utilización de híbridos resistentes y reducir la densidad de siembra. El ajuste en la fertilización es otro elemento importante dentro de un esquema de manejo integrado. El examen del cultivo en estados próximos a madurez fisiológica, apretando los tallos, pueden promover alguna indicación de la probabilidad de vuelco de tallos con pudrición basal. Si la incidencia de tallos con pudrición basal es alta es conveniente ajustar el esquema de cosecha, de manera tal que las líneas mas susceptibles puedan ser cosechadas primero; de este modo se reducirán las perdidas. La pudrición del tallo es una enfermedad compleja y no puede ser completamente controlada, aunque las siguientes recomendaciones de Stuckey *et al*, (1990), posibilitan reducir sus efectos sobre sus rendimientos.

Seleccionar un híbrido con resistencia al tipo de podredumbre del tallo que prevalezca (basado en experiencias previas), con resistencia a enfermedades foliare, otras enfermedades del maíz e insectos, y con tallo de buena fortaleza

Elegir un híbrido que utilice toda la estación de crecimiento, y sembrarlo temprano, asegurando no exceder la densidad de siembra recomendada para ese híbrido.

Fertilizar basando las aplicaciones en el análisis de suelo, no usar dosis excesivas de nitrógeno.

Mejorar las condiciones del suelo, tales como el pH, y evitar su compactación

Cosechar apenas la humedad del grano lo permita

Irrigar para evitar el estrés durante los cincuenta días posteriores a la polinización

Recordar, sin embargo, que las pudriciones del tallo pueden incrementarse cuando el riego no es aplicado apropiadamente.

¿Que son las micotoxinas?

Las micotoxinas son toxinas producidas por hongos tóxicos genéticos (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*) que se desarrollan en los productos agrícolas.

Aunque durante siglos se han conocido sus efectos nocivos, solo en los últimos tres decenios se ha tomado conciencia plena de lo que representan exactamente para la salud y la economía.

Efecto de las toxinas en la salud animal

Las fuentes de micotoxinas incluye a todo producto que contenga carbohidratos, proteínas o grasas y cita granos, forrajes y sus derivados Rosiles, (1983) también menciona que las circunstancias en las cuales se sospecha de que una micotoxina este incrementada como causa de ciertos desordenes en animales son los siguientes; actividad micótica en el alimento, desordenes no transmisibles, no respuesta a la terapia con antibióticos y casi siempre es un problema que se relaciona con cierta estación del año.

Trenholm *et al.* (1990) mencionan los siguientes signos clinicos.

Micotoxinas:

Zearalenona: Vulva enrojecida e hinchada, prolapso vaginal y en ocasiones prolapso rectal en cerdos; las lechonas pueden presentar agrandamiento de vulva, problemas de fertilidad.

Vomotoxina

(desoxinivalenol, DON): Inapetencia y disminución en la ganancia de peso en los cerdos con concentraciones de DON de mayor o igual de los miligramos por kilogramos en el alimento; vomito y rechazo del alimento con concentraciones muy elevadas de DON (mayor o iguala veinte miligramos por kilogramo de alimento)

Otros Tricótesenos: Toxina T-2, Toxina TH-2, Diacetoxiescirpenol: Más tóxicos que el DON; disminución de la ingestión de alimentos; emesis irritación cutánea y

gastrointestinal; neurotoxicidad; cría con anomalías; mayor sensibilidad a las enfermedades; hemorragias.

Ocratoxina: Afecta principalmente los túbulos proximales de los riñones en los cerdos y las aves de corral; los riñones se ven muy agrandados y pálidos; hígado graso en las aves de corral.

Alcaloide del cornezuelo: Trastornos en el sistema nervioso; temblores, convulsiones, necrosis de las extremidades (gangrena) disminución de la ingestión de alimento, abortos, crías nacidas muertas y agalactia (escasa producción de leche) ennegrecimiento de la cresta, las uñas y el pico en las aves de corral.

Flavomicinas: Son considerados como una nueva clase de micotoxinas estructuralmente relacionadas, caracterizadas a partir del cultivo del maíz (*Fusarium moniliforme*). La fumosina B es la responsable de la Leucoencefalomalacia equina y el edema pulmonar porcino. También se ha reportado su capacidad hepatotóxica en ratas y estadísticamente se ha relacionado su presencia con la prevalencia del cáncer en el esófago.

Métodos de inoculación del *Fusarium moniliforme* (Seld.)

Coutiño, (1973) probó siete técnicas de inoculación de hongos causantes de las pudriciones de tallos y mazorcas del maíz. En la mazorca probó el método de

inyección, aspersión a los estigmas con una aspersora de jardín tipo pistola y la aspersión a los estigmas con mochila concluyo que la inoculación por inyección causa mayor grado de invasión pero no se recomienda en pruebas de la resistencia ya que causa un índice de daño muy elevado que no permite hacer una adecuada selección entre las variedades que se utiliza como fuente de resistencia. Para la selección de material resistente se recomienda la técnica de inoculación por aspersión con mochila y los estigmas de la mazorca.

Cepeda, (1991) estudia los métodos de la inoculación de *Fusarium moniliforme* en tallo de maíz, para determinar la mejor técnica en campo. Encontró que es necesario utilizar inóculo producido en laboratorio para seleccionar genotipos tolerantes y dentro de estas metodología lo que provoco mayor incidencia es el palillo con medio de cultivo y micelio en los métodos dando el inóculo proviene del suelo es indistinto utilizar cualquier de las dos herramientas (palillo con inóculo de suelo).

Qureshi y Hagler, (1992) citan que la fumonisina B1 (FB1) es uno de los metabolitos recientemente descubierto producido por *Fusarium moniliforme* Sed, ocurriendo de la manera natural en maíz y causa la muerte de varias especies de animales incluyendo caballos, cerdos y patos.

Método de la punta de la mazorca (tip-of-ear)

Las brácteas son separadas hacia abajo, hasta que la punta de la mazorca quede expuesta, en esta se aplican aproximadamente 10 ml. De suspensión de esporas; auxiliándose con una botella de plástico. Posteriormente las bracteas son

reacomodadas para cubrir la punta, además de que se cubren con glassines para evitar la contaminación Lugo, (1990)

Método de inyección

Se utiliza una jeringa con aguja hipodérmica, la cual esta conectada a un matraz que contiene una suspensión de esporas; con la jeringa de inyectan varios milímetros de la suspensión, por todas las bracteas y dentro de la punta de la mazorca.

González *et al*, (1988) menciona que los mejores métodos de inoculación de *Fusarium moniliforme* en campo para la pudrición de la mazorca fue el de los primeros días después de la fecundación del grano con algodón impregnado de suspensión conidial a los granos y para el germinado prematuro fue el de grano inoculando en madurez fisiológica asperjando una suspensión conidial a los estigmas del elote.

Flores y Delgado (1991) evaluaron la técnica de inoculación *In Vitro* e invernadero de progenitores de híbridos de maíz para determinar tolerancia a *F. moniliforme* encontraron una alta correlación entre los resultados obtenidos en laboratorio y los obtenidos en invernadero para los parámetros evaluados en los genotipos de maíz. La técnica es confiable para evaluar la tolerancia a maíz a *F. moniliforme*.

Uso del filtrado tóxico en la selección de materiales con resistencia a enfermedades

En la búsqueda de nuevas técnicas de selección de plantas resistentes a enfermedades, las cuales no están sujetas a los cambios climáticos naturales pero proporcionan información igualmente confiable que las técnicas tradicionales, se ha empleado recientemente el método de la aplicación de las toxinas de los patógenos como agentes seleccionador Gutiérrez *et al.*, (1991)

Trabajos dentro de la universidad

Pérez (1985) evaluó el efecto de varios niveles de filtrado tóxico de *Fusarium sp* para ver el comportamiento In Vitro de varias líneas de maíz. Encontró que el uso de cultivos de tejidos en trabajos que impliquen la aplicación de filtrados tóxicos como partes de programas de resistencia genética a enfermedades es adecuada para el caso de *Fusarium sp.* , pues permite la diferenciación bastante clara entre los materiales de maíz empleados. Las concentraciones óptimas del filtrado tóxico para diferenciar materiales de maíz son 20, 24 y 28 %. Los parámetros de longitud de raíz, longitud de tallo, peso fresco y peso seco, son eficientes en conjunto para la evaluación de los materiales.

Escobedo y Olivares (1987) al diseñar una metodología para la evaluación In Vitro genotipos de maíz en base a su resistencia a *Fusarium moliniforme* (Seld.), encontraron que las concentraciones más adecuadas del filtrado tóxico fueron las de 20, 24 y 28 %. Las mismas líneas fueron probadas con el método del palillo, el

cual reportó resultados muy parecidos, esto indica que el método de cultivo *In Vitro* es efectivo en la evaluación de resistencia a *Fusarium moliniforme* (Seld.) Sánchez (1990) evaluó 12 cruza simples de maíz para la tolerancia a *F. moniliforme* en el trópico húmedo, mediante el cultivo de embriones de maíz en medios artificiales adicionados con un 25 %de filtrado tóxico de éste hongo. Concluyó que ésta técnica es eficiente, económica y rápida para seleccionar genotipos tolerantes a *F. moniliforme*.

Control

Romero (1993) mencionó que para el control de este hongo es recomendable la destrucción de los residuos de cosecha, el uso de fungicidas para proteger la semilla y plántulas.

Riό (1990) estudio el efecto de la aplicación de 104 Kg. /ha de potasio en combinación con la quema del rastrojo sobre la incidencia y severidad de la pudrición de mazorca en el maíz Guayapeblanco 102, causada por *Sternocarpella maydis* y *F. moliniforme* en Honduras. Encontró que la quema de rastrojo destruye algún material o plantas contaminadas y la severidad de la enfermedad decreció, El potasio no tuvo un efecto significativo sobre la incidencia y severidad de la enfermedad.

Osunlaja (1990) evaluó el efecto de los mejoradores de suelo *Calopogonium sp*, paja de arroz, aserrín de madera, zacate guinea fresco y estiércol de pollo agregados a un suelo con una historia reciente o severa de pudrición de tallo causada por *M. phaseolina* y *F. moniliforme*. Encontró que los patógenos

reaccionaron de manera diferente a los mejoradotes de suelo. Todos los mejoradores de suelo redujeron la incidencia de la pudrición de tallo por *G. fujikuroi*, aparentemente debido al incremento de la actividad microbiana.

La desinfección de la semilla con productos químicos es recomendada como prevención y control.

La desinfección de semillas para la siembra mediante el uso de compuestos mercuriales orgánicos (Granosán, Semesán, etc.) son efectivos para dicho efecto Lugo, (1990)

Lisker y Lillehoj (1991) citas que para prevenir la contaminación por micotoxinas (principalmente aflatoxinas y fusarinas) en precosecha los métodos se enfocan principalmente en el mejoramiento para la resistencia, prácticas culturales (irrigación rotación de cultivos) y control químico.

Tipos de resistencia genética en plantas

Walden, (1978) y Agrios, (1989) definen dos tipos de resistencia genética en plantas las cuales se clasifican de la siguiente manera

Resistencia vertical o Mendeliana. Puede ser monogénica y esta se detecta cuando la resistencia de una planta o en un patógeno cualquiera es resultado de uno o varios mecanismos de defensa controlados por una o varios genes mayores.

Resistencia horizontal o Poligénica: Esta resistencia esta dada al combinarse mecanismos menos eficientes y son controlados por un grupo de genes complementarios de los llamados menores.

Younis *et al*, (1969) trabajó con *Fusarium moniliforme* mostrando que el carácter de resistencia es dominante sobre el susceptible. El análisis genético mostró a dos parejas de genes mayores como diferencia entre dos parientes con diferente resistencia, concluyendo que se trataba de un carácter de alta heredabilidad siendo ésta vertical.

Scott y King, (1984) señalaron que en los tejidos externos del grano de maíz se encuentran los factores de resistencia *Fusarium moniliforme* y esta se centúa cuando el pericarpio es de origen homocigótico.

Definición de sequía

May y Milthorpe, (1962) define a la sequía como un evento meteorológico y ambiental que consiste en la ausencia de lluvia por un periodo de tiempo suficientemente grande para causar una reducción de la humedad del suelo que ocasiona daños a las plantas.

Kramer, (1980) nos dice que la sequía es un estrés ambiental de suficiente duración para producir un déficit o estrés de agua en la planta la cual causa disturbios en los procesos fisiológicos.

Quizenberry, (1987) define ala sequía como cualquier periodo durante el cual las deficiencias de agua en el suelo afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas.

Importancia de obtener genotipos tolerantes a sequía

La producción en el campo es afectada fuertemente debido a los diversos factores ambientales a los que la planta se enfrenta, ya que alguno de estos factores puede en ocasiones presentarse en forma desfavorable causando algún estrés o daño a la planta y a veces hasta la muerte de la misma.

Bidwell, (1979) declara que, siendo la sequía una de las tensiones mas comunes a las que la planta se enfrenta y ha de soportar la que raramente las plantas se desarrollan en condiciones climatológicas adecuadas enfrentándose, por lo tanto a uno o mas condiciones adversas, causando una tensión fuerte en la planta, la cual reacciona mediante varios mecanismos bioquímicos y fisiológicos para superar, evitar o neutralizar una tensión.

Dentro de los factores climáticos la precipitación es importante según Robledo, (1993) ya que esta puede limitar la producción agrícola, tanto por su cantidad, distribución a través del ciclo del cultivo así como el estado físico en que se presenta líquido o sólido.

Efectos que causa la sequía a las plantas

El déficit hídrico es uno de los factores que en mayor grado limitan la producción de los cultivos. El maíz aun cuando es uno de los cultivos mas tolerantes a los déficit hídrico, también es afectado por estos de ahí que año con año se presentan desde ligeros decrementos hasta perdidas totales en la producción de grano, esto dependerá de la intensidad y la duración de la sequía y de la etapa fonológica del cultivo Robledo *et al*, (1993)

Rojas, (1978) causa los siguientes efectos de la falta de agua en la planta

La fotosíntesis disminuye

Falla de transporte

La respiración de órganos de vida activa aumenta por sobre lo normal.

La conjugación de alta respiración y baja fotosíntesis determinará un estado de desnutrición si persiste cierto tiempo.

La síntesis de proteína disminuye

La cantidad de ácidos nucleicos disminuye

El crecimiento de la planta se detiene es muy pobre, lento; en sí se ve reducido

Aumenta la caída de frutos

El rendimiento se reduce

Características de las plantas resistentes a sequía

López, (1987) menciona que la resistencia a la sequía de las plantas se origina por los siguientes factores: Morfológicos, fisiológicos, bioquímicos, condiciones del suelo y de la atmósfera y que la verdadera resistencia a la sequía depende particularmente del grado de disección que el protoplasma de una planta pueda soportar. Diversas características fisiológicas y morfológicas contribuyen a la tolerancia a la sequía entre ellos la defoliación, alteraciones de los ángulos de inserción de las hojas, una mayor proporción de raíces, cutícula cerosa gruesa, mantenimiento de la turgencia, estomas cerrados, capacidad de continuar la translocación fotosintética y la distribución de asimilados y menor acumulación de prolina Rajaram, (1989)

Daubenmire, (1982) reporta las siguientes características de las plantas que crecen con un balance de agua desfavorable en comparación con las que crecen en condiciones óptimas de humedad.

Rasgos morfológicos

1. Tamaño reducido del brote (enanismo)
2. Incremento del sistema radical
3. Células más pequeñas en las hojas las cuales a su vez causan:
 - a) Láminas pequeñas y gruesas o láminas segmentadas
 - b) Estomas menores y muy juntos entre sí

- c) Mas pelos por unidad de superficie si las hojas son pubescentes
- d) Cutícula y paredes gruesas con más lípidos en la superficie de la transpiración.

Rasgos fisiológicos

- 1.- Tasa de transpiración mas rápida por unidad de área cuando la transpiración neta por planta puede disminuir.
2. Tasa de fotosíntesis mas rápida por unidad de área
3. Menor potencial osmótico
4. Menor viscosidad protoplásmica
5. Mayor permeabilidad protoplásmica
6. Mayor resistencia a la marchites
7. Anticipación en el florecimiento y la producción de frutas
8. Aumento del porcentaje de agua ligada por unidad de peso seco de los tejidos

Respuesta de la planta hacia la sequía

La sequía se manifiesta comúnmente mediante una secuencia de alteraciones fisiológicas que pueden incluir una tasa de crecimiento menor, el rizado de las hojas, la clorosis, la marchites, la reducción de la fotosíntesis, la alteración de la respiración, la pérdida de la integridad celular, la necrosis localizada, finalmente la muerte de la planta Rajaram, (1989)

Bajo condiciones de sequía la cantidad de agua requerida para la transpiración y la evaporación directa excede al agua disponible en el suelo y si las condiciones

no se equilibran mediante la aplicación de agua de riego, la planta comenzará a marchitarse hasta morir Griffiths, (1985)

Efecto de la sequía sobre el crecimiento vegetal

Espinosa *et al*, (1994) al evaluar el efecto del déficit hídrico en el crecimiento del tallo de dos variedades de maíz encontraron que el déficit hídrico severo redujo drásticamente la longitud del tallo y volumen de las células, la longitud de entre nudos y crecimiento del tallo. Si la sequía ocurre durante la etapa vegetativa del cultivo, el impacto principal es una reducción en el crecimiento foliar y la velocidad con la que el cultivo cubre el terreno debido a una menor interceptación acumulada de radiación solar se puede esperar una baja en la producción de la materia seca, y por lo tanto al rendimiento de grano si el índice de cosecha se mantiene constante Bolaños y Edmeades, (1989)

Ferreira, (1986) el déficit hídrico en el maíz causa una reducción de las variables de crecimiento, longitud de la raíz principal, peso seco de la parte aérea y raíces. La relación PSR/PSPA (peso seco de la raíz entre peso seco de la parte aérea) y la densidad de raíces se incrementa por el efecto del déficit hídrico.

La resistencia a la sequía

La resistencia a la sequía es la capacidad de la planta para sobrevivir entre condiciones de la sequía ambiental. Se presentan las modalidades básicas de resistencia a la sequía; tolerancia y evasión, la tolerancia es la capacidad de una planta para sobrevivir bajo condiciones de sequía ambiental en base a su

habilidad para soportar niveles avanzados en la caída del potencial hídrico. La evasión es la capacidad de una planta para sobrevivir bajo condiciones de sequía en base a su habilidad para conservar niveles relativamente altos de potencial hídrico Muñoz, (1980)

La resistencia a la sequía de las plantas anuales es muy alta al inicio del desarrollo, y va disminuyendo a medida que se diferencian los órganos reproductivos hasta la ocurrencia de los órganos florales en cuya etapa la resistencia es mínima, esta resistencia varía a través de las etapas del ciclo de vida del cultivo, es denominada ontogénica y se diferencia de la resistencia promedio entre especies, variedades o plantas a la cual se le denomina fitogenéticas.

Para valorar la resistencia a la sequía es necesario no solo tener el comportamiento de la planta bajo sequía, si no también bajo no sequía.

Con base en el modelo Riego-Sequía la resistencia a la sequía puede definirse como la capacidad de una planta para rendir bajo sequía en función de su potencial genético medio y de la interacción de ese potencial con las variaciones de humedad. Esto indica que una variedad resistente a la sequía se debe seleccionar de acuerdo con el promedio (bajo ambas condiciones de humedad y por la capacidad para reducir su producción en menor grado al pasar de la condición favorable a la desfavorable Muñoz, (1980)

El término tolerancia a sequía se vincula con un medio de escasa humedad e implica la capacidad de un genotipo de ser más productivo que otro con una determinada cantidad de humedad Rojas, (1979)

Criterios de selección de plantas resistentes a sequía

Kurubadi, (1980) indico varios métodos para clasificar variedades por su grado de resistencia a sequía: Evaluación de genotipos para rendimiento en el campo bajo temporal, medio de la tasa de fotosíntesis, densidad y comportamiento de los estomas, agua retenida en las hojas cortadas, medición de la temperatura de la hoja, potencial hídrico en los tejidos de la planta, porcentaje de germinación de semilla de diferente presión osmótica con manitol, evaluación del contenido de prolina, betaina, ácido abcísico, agua fisiológica, proteínas, azúcares y actividad de enzimas, estudio del potencial y modelo del sistema radicular, presencia de pubescencia de las hojas, área foliar y evaluación del factor de recuperación después de castigo de agua en diferentes etapas de la planta.

Se han hecho intentos de medir la resistencia a la sequía mediante diversos métodos de laboratorio, Algunos de los resultados mas satisfactorios se han obtenido mediante pruebas de marchitamiento en las que la plántula se ha sometido:

- a) A altas temperaturas
- b) Sequía de suelo
- c) Sequía atmosférica. La recuperación después de dichos tratamientos constituye una medida de la resistencia al calor y a la sequía Poehlman, (1986)

Williams *et al*, (1967) presentaron tres métodos sencillos y rápidos en la determinación de los maíces mas tolerantes a sequía:

- a) Exposición de semillas a una temperatura de 52 grados centígrados por seis horas
- b) Germinación de semillas en una solución a una presión osmótica de 15 atmósferas
- c) Sometiendo plántulas a un periodo permanente de sequía por 14 días en el invernadero

Métodos de estudio para la resistencia a sequía

Se han empleado métodos diversos tanto en invernadero como en laboratorio; algunos se basan en índices como la tolerancia a la presión osmótica, a la marchites permanente y al calor, así como la estabilidad de la clorofila Muñoz, (1980)

En estudios sobre el efecto de la sequía en la germinación o crecimiento de plántulas en medio líquido, el potencial hídrico puede ser simulado al adicionar substratos osmóticos al agua. Así el suelo se descarta para eliminar las complicaciones inherentes al medio suelo-agua, con ello se elimina el componente mátrico, y el potencial hídrico total equivale al potencial osmótico de la solución. Rivera, (1988)

Selección de genotipos resistentes a sequía mediante agentes osmóticos

Los polietilenglicoles (PEG) han sido ampliamente usados como agentes osmóticos debido a que son químicamente inertes, no tóxicos aún en altas concentraciones solubles en agua, estables e inactivas simuladores de sequía y

no penetran la cubierta de la semilla; a altos pesos moleculares son compuestos fisiológicamente inertes, no iónicos y no provocan efectos secundarios en el metabolismo de las plantas Viqueira *et al*, (1981)

Álvarez, (1991) usó de la técnica "*in Vitro*" de cultivo de embriones en un medio de cultivo el MS adicionando con PEG.

Encontró que este reactivo es factible su uso en soluciones acuosas usando semillas completas como material vegetativo, pero no en medio sólido ya que este reactivo no permite su solidificación.

Cloruro de sodio: La germinación es afectada por la salinidad del suelo. La sal soluble como cloruro de sodio puede reducir o impedir la germinación por efecto directo de los iones o por la disminución del potencial osmótico del suelo citado por Fulbringt, (1988)

Sacarosa

Marqués, (1979) sometió 8 variedades de maíz a sequía por el método de germinación de semillas en concentraciones molares de sacarosa, concluyó que esta técnica es un buen auxiliar en la evaluación de germoplasma, en los programas de mejoramiento encaminado a la selección y formación de variedades para áreas de región de humedad deficiente.

Álvarez, (1991) uso tres reactivos como indicadores de sequía, sacarosa, PEG y manitol con el objetivo de determinar cual es el mejor para la técnica "*in vitro*" usando como medio de cultivo el MS. Para sacarosa encontró datos muy variados

dentro de las repeticiones de cada material ya que la sacarosa resulta metabolizable por la planta, por lo que se descarto su uso.

Manitol

Williams et al,1967 encontraron que al poner a germinar semilla de maíz en soluciones de manitol a -15 atmósferas de presión osmótica determinaron que es un método rápido y útil par seleccionar genotipos con tolerancia a sequía.

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Cultivo “*In Vitro*” de Tejidos Vegetales perteneciente al Instituto Mexicano del Maíz “Dr. Mario E. Castro Gil” de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” localizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, situada geográficamente entre las coordenadas 101° Longitud Oeste y 25° 22’ Latitud Norte, a una altitud de 1742 m.s.n.m.

El material genético es proveniente del Programa del Bajío Tepalcingo 04-05 del Instituto Mexicano del Maíz.

Cuadro 1 Material Genético Utilizado.

Genotipo	Lugar	Año	Origen
1	Tepalcingo	04-05	0101
2	Tepalcingo	04-05	0102
4	Tepalcingo	04-05	1113
6	Tepalcingo	04-05	1115
7	Tepalcingo	04-05	0106
8	Tepalcingo	04-05	0107
13	Tepalcingo	04-05	0112
14	Tepalcingo	04-05	0113
15	Tepalcingo	04-05	0114

17	Tepalcingo	04-05	0116
18	Tepalcingo	04-05	0117
23	Tepalcingo	04-05	0121
24	Tepalcingo	04-05	0122
25	Tepalcingo	04-05	1120
26	Tepalcingo	04-05	0124
28	Tepalcingo	04-05	0201
29	Tepalcingo	04-05	1122
32	Tepalcingo	04-05	1123
34	Tepalcingo	04-05	0206
35	Tepalcingo	04-05	0207
36	Tepalcingo	04-05	0208
37	Tepalcingo	04-05	0209
38	Tepalcingo	04-05	0210
41	Tepalcingo	04-05	0213
42	Tepalcingo	04-05	0214
44	Tepalcingo	04-05	1202
46	Tepalcingo	04-05	0217
49	Tepalcingo	04-05	0220
51	Tepalcingo	04-05	0221
52	Tepalcingo	04-05	0222
54	Tepalcingo	04-05	0224
58	Tepalcingo	04-05	0303

Se consideraron cinco grupos germoplásmicos que se representaron cada uno con diferentes líneas de buen comportamiento agronómico al cual pertenecen a las líneas del nivel 56 del grupo tropical 1, 2, 4, 6, 7, 8; grupo de maíz enano 13, 14,15, 17, 18; grupo arquetípico 23, 24, 25, 26, 28, 29; grupo exótico 32, 34,35, 36,37, 38; grupo QMP 41, 42, 44, 46, 49, 51, 52, 54, 58; donde se menciona una breve descripción de cada grupo

Grupo 1. Pertenece al grupo tropical, cuyas líneas se derivaron de poblaciones de origen 100 % tropical; son de ciclo biológico variado, altamente seleccionado y no fueron derivadas de una población común.

Grupo 2. Grupo de maíz enano, cuyas líneas fueron derivadas de una población de plantas braquíticas que soportan altas densidades de población. Responden positivamente a la aplicación de insumos y muestran una gran plasticidad de adaptación en combinaciones hídricas. Tienen madurez diversa por lo que se pueden encontrar líneas precoces a intermedias, entrenudos cortos debajo de la mazorca, tendencia a la prolificidad, hojas cortas y erectas y espigas compactas.

Grupo 3. Grupo arquetípico, cuyas líneas fueron derivadas de una población constituida por plantas con excelentes atributos agronómicos, que se transformaron de una versión enana a plantas normales mediante un programa continuo de cuatro retrocruzadas, donde el donador fue una población de amplia y selecta base genética con adaptación al área de el Bajío. Sus individuos son de altura intermedia, pocas hojas, cortas y erectas, espiga compacta, madurez

intermedia, alto índice de cosecha y adaptación a regiones con altitudes de 1000 a 2000 m.

Grupo 4. Grupo exótico, cuyas líneas se derivaron de una población constituida mediante la recombinación de híbridos comerciales a los que previamente se les seleccionó por poseer altos efectos de aptitud combinatoria general.

Grupo 5. Grupo QPM, que fue considerado a partir de líneas proporcionadas por el programa de maíz del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT); tales líneas poseen un alto contenido de los aminoácidos lisina y triptofano, y adaptación al área del Bajío.

Selección de genotipos de maíz resistentes a enfermedades

Principio

Uno de los factores que mayormente limita la producción de maíz son las enfermedades sobre todo la de tipo fungoso, el problema es considerado nacional e internacional y requiere atención prioritaria

Fundamento

Para el control de enfermedades sería indispensable el control de medio ambiente como humedad, temperatura; de tal manera, que ésta en condiciones naturales es muy difícil. Por lo que surge la necesidad de la implementación de una

metodología que permite seleccionar genéticamente materiales que sirven de apoyo al fitomejorador.

El I.M.M. ha desarrollado una metodología para selección de genotipos de maíz resistentes a *Fusarium moliniforme* y *Macrophomina phaseoli*.

El presente trabajo “*In Vitro*” se desarrollo en el laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales; en el cual se han probado las siguientes técnicas de evaluación

A) Medio nutritivo artificial como sustrato, adicionado de filtrado tóxico y embrión de maíz como parte vegetativa.

B) Caja petri conteniendo dos círculos de papel sanita más filtrado tóxico y semilla de maíz

C) Se utiliza papel secante, filtrado tóxico y semilla de maíz

D) Técnica del palillo de dientes

Procedimiento

Se seleccionó la técnica C donde se sembró la semilla de maíz en papel secante filtrado tóxico en forma de taco

1.-Se realizó una recolección en el campo del material enfermo

Materiales

Bolsa de polietileno, talache, y un objeto punzo cortante

Procedimiento

Efectuar el muestreo de plantas infestadas por Fusarium mostrando síntomas como podredumbre de tallo, raíz, mazorca o necrosis (coloración rosa violácea obscura o necrótica) secado de tallo, grano chupado etc.

2.-Preparación del medio para aislamiento de patógeno

Reactivos

Medio de cultivo (papa-dextrosa-agar)

- 1.- PDA
- 2.- Agua destilada
- 3.- Alcohol al 70 %

Material y cristalería

- 1.- Matraz erlenmeyer 1000 ml
- 2.- Probeta graduada de 1000 ml
- 3.- Cajas petri

Equipo

- 1.- Balanza analítica
- 2.- Autoclave
- 3.- Perilla electromagnética

Procedimiento

Se pesan 39 gramos de PDA, se colocan en un matraz erlenmeyer y se afora a un litro con agua destilada, se le agrega una barrita magnética y se coloca en una parrilla electromagnética para su total homogenización y posterior esterilización

3.- Aislamiento del hongo en el laboratorio

Reactivos

- 1.- PDA –medio de cultivo (papa-dextrosada-agar)
- 2.- Agua destilada
- 3.- Hipoclorito de sodio o calcio
- 4.- Alcohol del 96 grados

Material y cristalería

- 1.- Caja petri
- 2.- Vasos de precipitado 250, 500, 1000, 4000 ml
- 3.- Bisturí quirúrgico
- 4.- Mechero
- 5.- Pinzas de disección
- 6.- Mascarillas quirúrgicas
- 7.- Material vegetativo
- 8.- Mechero de alcohol
- 9.- Cinta mágica

Equipo

- 1.- Campana de flujo laminar
- 2.- Incubadora
- 3.- Microscopio compuesto binocular
- 4.- Micrómetro
- 5.- Balanza analítica
- 6.- Destilador
- 7.- Parrilla electromagnética
- 8.- Barritas magnéticas
- 9.- Autoclave
- 10.- Estufa

Procedimiento

El medio que se utiliza para aislar el patógeno es el PDA para la cual se requiere de 39 gramos de PDA las cuales se colocan en un matraz erlenmeyer al cual se le añade 1000 ml de agua destilada posteriormente el matraz se coloca en una parrilla electromagnética para su total homogenización.

Este medio es esterilizado por medio de alta presión en una autoclave a una presión de 15 lb/pulgadas al cuadrado con una temperatura a 120 grados centígrados. Por separado se esteriliza las cajas petri necesarias para efectuar su llenado de PDA dentro de la campana de flujo laminar. Una vez que solidifique el medio se procede a la siembra del material vegetativo enfermo.

4.- Siembra del material enfermo

Material y cristalería

- 1.- Cajas petri
- 2.- Vasos de precipitado de 250 y 500 ml
- 3.- Mechero de alcohol
- 4.- Pinzas de disección
- 5.- Mascarilla quirúrgica
- 6.- Bisturí quirúrgico
- 7.- Cinta mágica
- 8.- Material vegetativo enfermo

Equipo

- 1.- Campana flujo laminar
- 2.- Incubadora

Procedimiento

Realizar cortes pequeños de la planta enferma, lavar con una solución jabonosa al 4% y enjuagar con agua destilada

Después lavar estos mismos trozos de planta con alcohol al 70 % y enjuagar con agua destilada

Se esteriliza el material lo cual se efectúa en un área estéril utilizando una campana de flujo laminar la cual funciona a base de luz ultravioleta y filtros de aire para crear un área de total asepsia, lavar los trozos de planta enferma con

hipoclorito de sodio al 5 % y enjuagar con agua destilada y esterilizada para después proceder a su siembra en cajas petri conteniendo medio de PDA estéril e incubando por un periodo mínimo de 5 días.

5.- Conservación del patógeno

Reactivos

1.- Aceite mineral

Material y cristalería

1.- Pipeta de 5 a 10 ml

2.- Cepa puro de hongo

3.- Mecheros de alcohol

4.- Mascarillas quirúrgicas

Equipo

1.- Campana de flujo laminar

2.- Autoclave

3.- Refrigerador

Procedimiento

Si se pretende conservar el hongo una vez desarrollado se le agrega aceite mineral (esterilizado tres veces) todo en condiciones de asepsia y se procede a refrigerar para su posterior utilización.

6.- Preparación del medio para obtención de filtrado tóxico PDS

Substancias y reactivos

- 1.- Papa natural
- 2.- Agua destilada
- 3.- Dextrosa
- 4.- Sacarosa
- 5.- Algodón

Material y cristalería

- 1.- Papel aluminio
- 2.- Bisturí quirúrgico
- 3.- Vaso de precipitado
- 4.- Embudo buchner
- 5.- Matraz kitasato
- 6.- Tapón horadado
- 7.- Manta de cielo

Equipo

- 1.- Parrilla eléctrica
- 2.- Autoclave

Procedimiento

Se requieren 200 gramos de papa natural, la cual es cortada en trozos pequeños y colocados en un vaso de precipitado al cual, se le añaden 1000 ml. de agua destilada. El vaso es colocado en una parrilla eléctrica a temperatura de ebullición. Al momento de empezar a hervir se cuenta 30 minutos y se le esta añadiendo el agua que evapore. Una vez transcurridos los 30 minutos se procede a filtrar para la cual se utiliza manta de cielo.

Lo que resulte de este filtrado se afora a 3000 ml, y se coloca en un matraz erlenmeyer de 4000 ml, que contiene 30 gr. de sacarosa y 20 gr. de dextrosa mas una barita magnética. Se coloca una torunda de algodón en dicho matraz se cubre la boca con papel aluminio y se sella perfectamente para proceder a su esterilización en la autoclave.

7.- Inoculación de medio PDS

Reactivos

- 1.- Medio PDS
- 2.- Alcohol
- 3.- Cepa de hongo puro

Material y cristalería

- 1.- Vaso de precipitado de 100 ml
- 2.- Espátula

Equipo

- 1.- Campana flujo laminar

Procedimiento

Una vez que se enfría el medio se procede a inocularlo con pequeños trozos de micelio aproximadamente 6 trozos de un centímetro cuadrado todo en perfectas condiciones de asepsia

8.- Agitación de PDS inoculado

Reactivos

- 1.- Medio PDS inoculado con cepa de hongo

Material y cristalería

- 1.- Barritas magnéticas Matraz erlenmeyer 4000 ml
- 3.- Sanitas 25 hojas
- 4.- Cinta adhesiva (maskintape) 50 cm
- 5.- Algodón (4 torundas)
- 6.- Un metro de papel aluminio
- 7.- Reactivos de Benedict
- 8.- Tiras de glucosa
- 9.- Embudo bochner
- 10.- Papel filtro
- 11.- Pinzas de disección

12.- Pizeta

13.- Agua destilada

14.- Vaso de precipitado 500 ml

15.- Matraz kitasato 1000 ml

16.- Tres matraces erlenmeyer 1000 ml

Equipo

1.- Parrilla electromagnética, bomba de vacío

2.- Autoclave

Procedimiento

Una vez inoculado el PDS se cubre el matraz para lograr oscuridad y se coloca en una parrilla electromagnética por 7 días (cuando se presenta turbio o con una especie de nata) en los cuales el azúcar debe consumirse por el hongo y dar lugar a la obtención de la toxina. Para confirmar la ausencia de azúcares se utiliza el reactivo Benedict o bien tiras de glucosa.

Transcurridos los 7 días se procede a filtrar el PDS inoculado por medio de una bomba de vacío, embudo bochner, matraz kitasato y papel filtro.

Una vez obtenido este filtrado se procede a su esterilización en autoclave en matraces de 1000 ml para evitar contaminación en baño maría.

9.- Pasterizacion

Reactivos

1.- PDS inoculado y agitado por 7 días, posteriormente filtrado y esterilizado

Material y cristalería

1.- Tres matraces erlenmeyer de 1000 ml

Equipo

1.- Autoclave

2.- Llave de agua

3.- Refrigerador

Procedimiento

Una vez esterilizado el filtrado tóxico se procede a su pasterización (cambio drástico de temperatura) y refrigeración hasta su utilización

10.- Siembra en taco papel germinador o secante semilla de maíz y filtrado tóxico

Procedimiento

Se inicia tomando el peso de cada repetición y cada repetición esta conformada por 5 semillas de maíz posteriormente se siembran las 5 semillas en el papel

secante que se humedecen a saturación completa con el filtrado tóxico al 25 % (3 repeticiones).

El papel secante se divide en 2 y se raya con distancias de dos centímetros a partir de la parte media, sujetando las semillas con pegamento. Se utiliza doble hoja del mismo tamaño y cantidad de solución; en una se siembra y con la otra se cubre; una vez realizado lo anterior el papel secante con la siembra de semillas es enrollado en forma de taco, cada taco se marca y se coloca en bolsas de polietileno en una cámara germinadora con luz y una temperatura de 25 a 28 grados centígrados.

Para la toma de datos 7 días es suficiente para los testigos; después de ello ya no se marcan tanto las diferencias.

Selección de genotipos de maíz tolerantes a sequía

Principio

Con el uso de reactivos de alto peso molecular

Que actúan secuestrando agua y simulan condiciones de estrés hídrico

Se evaluaron en el laboratorio genotipos de maíz tolerantes a sequía

Fundamento

La sequía es uno de los factores ambientales que mayormente limita la productividad. En México la mayor parte que se dedica a la producción del maíz se realiza bajo condiciones de temporal; debido a las condiciones ambientales que afectan a la producción del maíz y a otras especies y que no se pueden controlar, de esta manera se seleccionan genéticamente materiales que produzcan bajo escasa humedad.

El I. M. M. ha desarrollado a través de la biotecnología una metodología que permite identificar genotipos de maíz tolerantes a sequía mediante el uso de secuestradores de humedad y tres técnicas distintas de evaluación que a continuación se mencionan pero con recomendación hacia la tercera técnica. Por múltiples ventajas:

1. Siembra en medio nutritivo artificial adicionado de secuestradores de humedad
2. Siembra en caja petri – sanita y secuestradores de humedad
3. Siembra en taco (papel germinador o secante) y secuestradores de humedad

Siembra en taco (papel germinador o secante) secuestradores de humedad

Mediante el uso de compuestos de alto peso molecular como el manitol y polietilenglicol que actúan secuestrando agua y simulan condiciones de estrés hídrica y mediante el uso de la semilla completa de maíz es posible identificar genotipos tolerantes a sequía.

Materiales y reactivos

Papel germinador o secante

Cinta adhesiva (masking tape)

Semilla de maíz

Lápiz tinta

Bolsa de polietileno

Equipo

Balanza analítica

Incubadora

Destilador

Descripción del manitol

El manitol es un reactivo químico que no es absorbido por las plantas y puede ser metabolizable por las células, pero se hizo un estudio previo de concentraciones y se detectó la dosis óptima substituyendo así al PEG, siendo buen inductor de

condiciones de sequía permitiendo seleccionar genotipos tolerantes a sequía. Con la ayuda de la ecuación de Van't-Hoff y el uso de manitol se modifican las presiones osmóticas de los medios de nutritivos.

Para determinar la cantidad de manitol que se requiere para llevar el medio de cultivo a la presión osmótica de -5 bars se utilizó en esta metodología la ecuación de Van' t-Hoff ya que tomo en cuenta el factor temperatura y por lo tanto los cálculos son mas exactos.

De esta manera el potencial osmótico de las lecturas directas del osmómetro, como una función de la concentración de la solución, J. H. Van't Hoff descubrió en 1887 una relación empírica que parece exactamente la ley de los gases perfectos.

Preparación de la solución de manitol:

Ecuación de Van T' Hoff.

$$\Pi = \frac{RT}{V} N_s$$

V

Dónde

Π = Presión osmótica en bares

R = Constante de los gases 0.82

T = Temperatura 273 + C° = K°

V = Volumen (1 lto)

Ns= Número de moles

Esta ley señala que el potencial osmótico (actualmente presión osmótico) será equivalente a la presión de un gas bajo condiciones equivalentes esto es que si la solución estuviera suspendido en un volumen equivalente como un gas ejercerían

una presión en las paredes equivalentes al valor absoluto (positivo) del potencial osmótico Castro, (1987).

Para preparar la solución a la concentración deseada se realizó lo siguiente:

Los grados centígrados se convirtieron a grados Kelvin, donde se utilizó una temperatura constante de 25 °C, por lo tanto:

$$273 + ^\circ\text{C} = ^\circ\text{K}$$

$$273 + 25 ^\circ\text{C} = 298 ^\circ\text{K}$$

Cálculos de la presión osmótica del medio normal

$$\Pi = \frac{R T}{V} N_s = \quad \quad \quad \Pi V = R T N_s =$$

$$N_s = \frac{\Pi V}{R T} =$$

$$N_s = \frac{.082 \times 298}{24.43} = \frac{5 \times 1}{5} = 0.204 \text{ mols}$$

1 mol _____ 182.17 g/lit. (peso molecular manitol)

$$.204 \quad \quad \quad \times$$

$x = 37.162 \text{ g/lto.}$

$1 \text{ Atm.} = 1.013 \text{ bar} = 0.987 \mu\text{pa (mega pázcales)}$

Esto quiere decir que se necesitan o se requieren 37.162 g/ lt. de manitol para llevar la solución a la presión osmótica de -5 bars.

Preparación de la solución de manitol

En un matraz erlenmeyer se colocaron los 37.162 g/lto. de manitol necesarios para llevar la solución a la presión osmótica requiere (-5 bars), este se aforo a un litro con agua destilada.

Una vez hecha se colocó el matraz en una parrilla electromagnética con un agitador magnético dentro, dejándola el tiempo necesario para su total homogenización.

Preparación del material para la siembra

Se utilizó papel secante del utilizado en ensayos de germinación y humedecidos a saturación completa con las soluciones a la concentración a evaluar previo al humedecimiento. El papel secante se divide en 2 y se raya con distancia de dos centímetros a partir de la parte media sujetando las semillas con pegamento. Se utiliza doble hoja del mismo tamaño y cantidad de solución; en una se siembra y con otra se cubre.

Siembra de los materiales

Para la evaluación de genotipos en laboratorio primero se pesan las semillas que se van a evaluar (5 semillas por cada repetición el cual son 32 tratamientos por 3 repeticiones), luego se siembran 5 semillas por taco en un sustrato como el papel secante del utilizado en ensayos de germinación.

. Una vez hecho la anterior, el papel secante con la siembra de semilla es enrollado en forma de taco. Posteriormente a esto, cada taco, previamente identificado es colocado en bolsas de polietileno .

Incubación

La siembra se llevó a cabo dentro del cuarto de incubación a una temperatura de 25 -30 °c y con iluminación constante de luz blanca y fría proporcionada por lámparas de luz fluorescente de 40 watts.

Toma de datos

La toma de datos se realizo a los 7 días después de la siembra; si se deja mas tiempo en la germinadora puede haber una contaminación en los materiales.

Se midió la longitud de plúmula y raíz desde la base hasta la punta.

Análisis estadístico

Uno de los principales objetivos del análisis de los datos de un diseño experimental es cuantificar y evaluar la importancia de las fuentes de variación

(factores de tratamientos y de clasificación). Esto puede ser obtenido a través del análisis de varianza (ANVA). Donde se utilizó el diseño experimental Bloques completamente al azar con 32 tratamientos con 3 repeticiones.

Modelo lineal y prueba de hipótesis

El modelo lineal aditivo es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + E_{ij}; j = 1, \dots, b, i = 1, \dots, t$$

Donde:

Y_{ij} = Respuesta de la j – ésima unidad experimental con el tratamiento i – ésimo

μ = Media general, común a todas las unidades experimentales antes de aplicar los tratamientos

T_i = Efecto del i – ésimo tratamiento.

β_j = Efecto del j – ésimo bloque

ϵ_{ij} = Error en la j –ésimo repetición del i –ésimo tratamiento.

Se probaron las siguientes hipótesis estadísticas

H_0 : $T_1 = T_2 = T_3 = \dots = T_t$. Los tratamientos son iguales

H_a : $T_1 = T_2 \neq \dots \neq T_t$. Un tratamiento es distinto a los demás

Se realizó un análisis de varianza para cada una de las variables cuyos componentes de dicho análisis son:

Cuadro 2 Componentes del ANVA para el diseño de bloques al azar

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA
TRATAMIENTO	t-1	$\frac{\sum_{i=1}^t y_i^2}{r} - \frac{y_{..}^2}{t r}$	$\frac{SCT}{t-1}$	$\frac{CMT}{CME}$
BLOQUES	r-1	$\frac{\sum_{j=1}^r y_{.j}^2}{t} - \frac{y_{..}^2}{r}$	$\frac{SCT}{r-1}$	$\frac{CMB}{CME}$
ERROR	(t-1)(r-1)	DIFERENCIA	$\frac{SCB}{(t-1)(r-1)}$	
TOTAL	t r - 1	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{t r}$		

Para cada una de las variables evaluadas se calculó el coeficiente de variación (c.v.) mediante la siguiente fórmula.

$$C.V. = \frac{\sqrt{CMEE}}{\bar{X}} \times 100$$

Donde:

CV= Coeficiente de variación

CMEE= Cuadro medio del error experimental.

—

X = Media general

100 = constante

Se realizó una comparación de medias para cada una de las variables, y así clasificar los tratamientos y elegir a los mejores. Se utilizó la prueba del rango múltiple (Diferencia Mínima Significativa) D. M. S. por medio de la siguiente fórmula.

$$D. M. S. = \tau \alpha (gl E. E.) \sqrt{\frac{S^2}{n} + \frac{S^2}{n}}$$

Donde:

t_{α} (gl E. E.) = Indica el valor de t obteniendo con el valor de significancia y los grados de libertad del error experimental.

s^2 = Varianza o cuadrado medio del error experimental.

n = Número de repeticiones o número de valores necesarios para calcular los promedios en estudio

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 3 Análisis de varianza (ANVA) para la variable de longitud de plúmula de maíz inoculado con *Fusarium Moniliforme* (Seld.)

FV	GL	SC	CM	Fc
TRAT	31	941.713	30.377	4.53**
BLO	2	196.870	98.435	14.68**
E. E.	62	415.865	6.707	
TOTAL	95	1554.449		

C. V.= 20.780 %

En el análisis de varianza para los caracteres de longitud de plúmula se encontraron diferencias altamente significativas en la fuente de tratamientos al nivel de $\alpha = .01$, esto indica que los genotipos tuvieron una respuesta diferente debido a la conformación genética intrínseca de cada uno de ellos cuando las semillas de maíz se inocularon con el filtrado toxico del *Fusarium Moniliforme*. Por la cual mostraron variación a la respuesta al inoculado, esto quiere decir que de todos los tratamientos al menos uno se resiste al *Fusarium* con la probabilidad del 95 %.

En la fuente de los bloques en la longitud de plúmula se obtuvieron también diferencias altamente significativas

El coeficiente de variación fue de 20.780 %, lo cual es aceptable indicándonos que los resultados obtenidos de este análisis estadístico son confiables, por lo que el experimento realizado se condujo en forma eficiente.

Cuadro 4 Concentración de medias para la variable de longitud de plúmula de la semilla de maíz con el filtrado tóxico de *Fusarium moniliforme* (Seld.) ordenadas de mayor a menor de acuerdo con la prueba de medias de D. M. S. con $\alpha= 0.05$

Genotipo	Medias ordenadas
14	17.01 A
10	16.60 AB
23	16.50 AB
28	16.32 ABC
16	16.28 ABC
9	15.81 ABCD
27	15.59 ABCD
3	15.40 ABCDE
29	14.79 ABCDEF
22	14.64 ABCDEF
21	14.22 ABCDEFG
30	13.99 ABCDEFG
4	13.81 ABCDEFG

5	13.63	ABCDEFGH
18	13.40	ABCDEFGH
8	12.96	ABCDEFGHI
17	12.76	BCDEFGHI
7	12.70	BCDEFGHIJ
11	12.12	CDEFGHIJK
2	11.76	DEFGHIJK
25	11.26	EFGHIJK
15	10.88	FGHIJKL
20	10.40	GHIJKL
1	10.40	GHIJKL
26	10.13	GHIJKL
13	9.49	HIJKL
31	9.13	IJKL
6	8.88	IJKLM
24	8.51	JKLM
19	7.90	KLM
12	6.74	M
32	4.70	M

D. M. S. = 2.589887

$\alpha = 0.05$

Los genotipos estadísticamente superiores para la variable de la longitud de plúmula de acuerdo a la prueba de medias fue el genotipo 14 prosiguiéndole el 10, 23, 28, 16, 9, 27, 3, 29, 22, 21, 30, 4, 5, 18 y el tratamiento 8 aunque los genotipos 17 y 7 son estadísticamente iguales a los tratamientos mencionados anteriormente de tal manera que también se obtuvieron los tratamientos 6, 24, 12 y 32 estos resultaron ser los mas afectados por el *Fusarium* por lo cual su desarrollo se vió gradualmente afectado teniendo el mas bajo crecimiento de la variable de longitud de plúmula.

Cuadro 5 Análisis de varianza (ANVA) para la variable de longitud de la raíz de la semilla de maíz inoculado con *Fusarium moniliforme* (Seld.).

FV	GL	SC	CM	Fc
TRAT	31	1373.326	44.300	7.49**
BLO	2	309.467	154.733	26.14**
E. E.	62	366.948	5.918	
TOTAL	95	2049.743		

C. V. = 20.596 %

El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas de la fuente de tratamientos $\alpha = .01$ de la variable de longitud de la raíz lo que indica que los

materiales genéticos tuvieron una respuesta diferente al inoculado de la toxina. Esta respuesta se dió por la variabilidad de materiales involucrados en este estudio y al contenido genético de cada material.

En la fuente de los bloques se encontraron diferencias altamente significativas debido al germoplasma que los caracteriza al inocularlos con el filtrado tóxico, de esta manera estos datos obtenidos son confiables.

El coeficiente de variación para la variable de longitud de raíz fue 20.596 % lo cual se encuentra normal; esto quiere decir que los datos obtenidos son altamente confiables

Cuadro 6 Concentración de medias para la variable de longitud de la raíz inoculado con el filtrado tóxico de *Fusarium moniliforme* (Seld.) ordenados de mayor a menor de acuerdo con la prueba de medias de D. M. S. con $\alpha = 0.05$

Genotipo	Medias ordenadas	
14	19.82	A
29	19.17	AB
10	18.36	ABC
3	18.26	ABC
28	16.01	ABCD

9	15.57	CDE
27	14.67	CDEF
8	14.50	CDEF
22	13.48	DEFG
16	13.43	DEFG
23	13.29	DEFG
11	12.71	DEFGH
21	12.02	EFGHI
25	11.96	EFGHI
18	11.78	EFGHIJ
31	11.70	EFGHIJK
5	11.45	FGHIJK
2	10.81	FGHIJKL
20	10.77	FGHIJKL
1	10.50	GHIJKLM
7	10.23	GHIJKLM
4	10.20	GHIJKLM
13	10.20	GHIJKLM
6	9.15	HIJKLMN
30	9.01	HIJKLMN
17	8.69	IJKLMN
24	7.82	JKLMN
15	7.73	KLMN
12	7.01	LMN

26	6.70	MN
32	5.48	N
19	5.39	N

D. M. S. = 2.432801

$\alpha = 0.05$

Los mejores tratamientos para la variable de longitud de la raíz de acuerdo a la prueba de medias representa estadísticamente el mas alto al tratamiento 14 seguidos por los tratamientos 29, 10, 3 y el tratamiento 28 siendo estadísticamente iguales al 9, 27 y 8.

Finalmente los genotipos que mostraron un menor desarrollo en esta variable fueron el 12, 26, 32, 19 esto quiere decir que estos materiales son mas susceptibles al filtrado toxico de Fusarium, no habiendo genes que muestren resistencia al mismo dentro del numero total de genes que contiene cada genotipo.

Hubo coincidencia en un tratamiento 14 con el valor estadístico más alto tanto para longitud de plúmula y raíz.

Cuadro 7 Análisis de varianza para la variable de longitud de plúmula de semilla de maíz a una presión osmótica de -5 bars con manitol

FV	GL	SC	CM	Fc
TRAT	31	329.514	10.629	4.91**
BLO	2	10.953	5.476	2.53 NS
E.E.	62	134.227	2.164	
TOTAL	95	474.696		

C. V. = 23.872 %

El análisis de varianza de sequía para la variable de medición de longitud de plúmula en los tratamientos se encontraron diferencias altamente significativas de (α 0.01). Esto nos indica que hay diferentes respuestas de los genotipos en cuando son sometidos a la presión osmótica de -5 bars con manitol. Esto quiere decir que hubo materiales que debido a su conformación genética les permitió sobresalir mejor en esta condición adversa de humedad esto quiere decir que posee genes para resistencia a sequía. Debido a esta variabilidad en la respuesta es posible seleccionar genotipos con tolerancia a sequía.

En cuanto a los bloques se describe que se obtuvieron resultados no significativos debido a que no todos los materiales que se utilizaron son completamente iguales en su conformación germoplásmica.

El coeficiente de variación estimado fue de 23.872 %, lo cual esta dentro del rango permitido de variación, esto nos da confianza y seguridad en que el experimento se condujo en forma adecuada y que los resultados obtenidos son aceptables.

Cuadro 8 Concentración de medias para la variable de longitud de plúmula de maíz a una presión osmótica de -5 bars, ordenados de mayor a menor según la D. M. S. con $\alpha = 0.05$

Genotipo	Medias ordenadas	
14	11.14	A
20	8.92	B
5	7.98	BC
21	7.86	BCD
9	7.73	BCDE
23	7.56	BCDE
28	7.37	BCDE
16	7.36	BCDE
3	7.36	BCDE
22	7.35	BCDE
18	7.22	BCDE
25	6.96	BCDEF
27	6.86	BCDEF
31	6.76	BCDEFG
8	6.70	BCDEFG
10	6.66	BCDEFG
29	6.33	CDEFGH

17	6.32	CDEFGH
7	6.20	CDEFGHI
15	5.81	CDEFGHI
4	5.56	DEFGHIJ
6	5.42	EFGHIJ
1	4.77	FGHIJK
11	4.63	FGHIJK
32	4.58	FGHIJK
30	4.37	GHIJK
12	4.37	GHIJK
19	3.94	HIJK
26	3.89	IJK
2	3.31	JK
13	2.91	K
24	2.66	K

D.M.S.= 1.471383

$\alpha = 0.05$

Como se encontraron diferencias altamente significativas en el análisis estadístico en la fuente de tratamientos se hizo una comparación de medias con la prueba de rango múltiple D. M. S.(Diferencia Mínima Significativa) con $\alpha = 0.05$ para seleccionar los mejores tratamientos.

De acuerdo con esta prueba el mejor tratamiento fue el 14 estadísticamente después le prosiguió el 20, 5, 21, 9, 23, 28, 16, 3, 22, 18, 25, 27, 31, 8 y el tratamiento 10 sin embargo del 5 al 10 fueron estadísticamente iguales al 29,17,7 y 15 también se obtuvieron los tratamientos 2, 13 y 24 estadísticamente inferiores a los demás.

Cuadro 9 Análisis de varianza para la variable de longitud de raíz de la semilla de maíz a una presión osmótica de -5 bars con manitol

FV	GL	SC	CM	Fc
TRAT	31	883.376	28.496	6.03**
BLO	2	12.882	6.441	1.36NS
E. E.	62	292.893	4.724	
TOTAL	95	1189.152		

C. V.= 15.981 %

En el análisis de varianza se obtuvieron genotipos altamente significativos esto quiere decir que los materiales analizados al inocularlos con manitol a una presión osmótica de -5 bars pueden tolerar la sequía.

Los bloques de la medición de longitud de raíz tratadas con manitol resultaron no significativos esto se debe a que los materiales estudiados no son totalmente iguales en su conformación genotípica.

Los coeficientes de variación para las variables estudiadas de longitud de raíz es mas bajo por lo tanto se consideran altamente confiables. De tal manera que la variabilidad expresada por los materiales analizados es debido a las diferentes respuestas de los genotipos para medir la velocidad de crecimiento a esta presión osmótica.

Cuadro 10 Concentración de medias para la variable de medición de longitud de raíz del maíz a una presión osmótica de -5 bars ordenadas en forma descendente según la prueba D. M. S. con $\alpha = 0.05$

Genotipo	Medias ordenadas	
14	20.02	A
29	18.43	AB
9	18.24	AB
31	18.18	AB
8	17.21	AB
25	16.96	ABCD
10	16.74	ABCDE
3	15.80	BCDEF
22	15.69	BCDEF

16	15.39	BCDEFG
5	14.96	BCDEFG
7	14.56	CDEFGH
27	14.28	CDEFGHI
6	13.97	CDEFGHI
20	13.62	DEFGHIJ
23	13.26	EFGHIJ
15	13.25	EFGHIJ
1	13.22	EFGHIJ
18	12.89	FGHIJK
2	12.46	FGHIJKL
21	12.10	GHIJKLM
4	12.00	GHIJKLM
28	11.86	GHIJKLMN
32	11.61	HIJKLMN
17	11.58	HIJKLMN
30	10.79	JKLMN
11	10.22	JKLMN
13	10.17	JKLMN
12	9.38	KLMN
19	9.24	LMN
26	8.67	MN
24	8.37	N

D. M. S = 2.173496

$\alpha = 0.05$

Como se encontraron diferencias altamente significativas para ambas variables se hizo una comparación de medias con la prueba de rango múltiple D. M. S. (Diferencia Mínima Significativa) con $\alpha = 0.05$ para seleccionar los mejores tratamientos o genotipos.

Para la variable de longitud de raíz en el maíz estadísticamente superior fue el tratamiento 14 seguidos por los tratamientos 29,9,31,8,25 y el tratamiento número 10 de esta manera también se obtuvieron los tratamientos 19, 26 y 24 que son estadísticamente inferiores a los demás tratamientos.

V.- DISCUSIÓN ENTRE FUSARIUM Y SEQUIA

Tomando en cuenta las argumentaciones para Fusarium y Sequía se acepta la hipótesis numero uno.

Entre los tratamientos que presentaron los valores estadísticos mas altos para tolerancia a Fusarium y para tolerancia a Sequía coincide el tratamiento 14.

Ya que los materiales que resultaron seleccionados para Fusarium no son los mismos para tolerancia a Sequía, por tanto la hipótesis dos se rechaza.

El peso de la semilla no influye con las expresiones de longitudes alcanzadas por las plúmulas en ambos casos.

Pero cuando se midió tolerancia a sequía en la longitud de la raíz se detecto que el peso de la semilla influye en el desarrollo de la radícula pudiendo sesgar el efecto de los secuestradores de humedad. Sin embargo como también en este análisis se detecto una fuerte asociación entre la longitud de plúmula y raíz en la prueba de sequía, se puede utilizar como un criterio confiable el seleccionar exclusivamente con base en longitud de plúmula sin temor de cometer errores significativos.

VI.- CONCLUSIONES

Se encontró variabilidad en la respuesta de los materiales evaluando longitud de plúmula y raíz para sequía como para tolerancia a *Fusarium moniliforme*, solamente en un material tanto para sequía y *Fusarium* coincidieron en la respuesta genética. Esta nos permitió hacer la selección de los mejores genotipos para ambas condiciones, corroborando que la técnica del uso de manitol como agente osmótico y el uso de filtrado toxico de *Fusarium moniliforme* para la selección de genotipos son aceptables para la tolerancia de ambas condiciones.

De esta manera se seleccionaron los mejores genotipos para tolerancia a *Fusarium moniliforme* (Seld.) fue al tratamiento 14 el cual es el mejor de todos proseguidos por los genotipos 29, 10, 3, 28, 10,23,28,16,9,27,3,29,22,21,30,4,5,18 y el genotipo numero 8.

Se obtuvo un tratamiento en mayor escala estadísticamente el 14, iguales a los tratamientos 29, 9, 31, 8, 25 y el tratamiento 10 con alto grado de tolerancia a sequía.

Se encontró relación entre la tolerancia a la sequía y la tolerancia al filtrado toxico en el genotipo 14 de esta manera se concluye que esta compuesto por genes iguales y los demás esta dado por genes diferentes corroborando con los resultados obtenido.

VII.- LITERATURA CITADA

Agrios, G. N. 1985 Fitopatología. Limusa. México 113-114.

Agrios, G. N. 1991 Fitopatología. Limusa. México 113-114

American Phytopathological Society. 1980. Compendio de enfermedades del maíz.
Hemisferio Sur. Buenos Aires Argentina.

Bolaños, J. A. y G. O. Edmeades. 1989. La importancia del intervalo de floración
en el mejoramiento para la resistencia a sequía en maíz tropical. Trabajo
presentado en la xxx Reunión Anual del PCCMCA. San Pedro Sula,
Brasil, abril 2-9, 1989. Programa de maíz . CIMMYT, México. 14 P.

Bouer, M. L. I. 1984. Fitopatologia. Primera edicion. Edit. LIMUSA. México.P. 370-
371.

Brauer, H. O. 1983. Fitopatología aplicada. Los conocimientos de la herencia
vegetal el servicio de la humanidad. Limusa. México pp 155-161.

Cautiño, A. A. 1973. Evaluación de siete técnicas de inoculación de hongos
causantes de pudrición de tallos y mazorca de maiz . Tesis de
Licenciatura. ESAHE. Chihuahua. México. p.

Cepeda, V. M. A. 1991. Métodos de inoculación de *Fusarium moniliforme* en tallo
de maíz. Memorias del XVIII Congreso Nacional de Fitopatología.
Puebla, Puebla del 24-26 Julio de 1991. P

Copyright @ 1999-2004 Pasturas de America

- Chavana V.G. 1990 Selección de genotipos de maíz (*Zea mays* L.) tolerantes a sequía en una fase inicial de desarrollo. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista Saltillo. Coah. P.
- Cheng, P.C. & Pareddy, D.R. 1994. Morphology and development of the tassel and ear. In M. Freeling & V. Walbot, eds. *The maize handbook*, p. 37-47. New York, NY, USA, Springer-Verlag.
- De León, C. 1984. Enfermedades del maíz, una guía para su identificación en el campo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 3a Ed. 114 P.
- De León C., H., Mosito R., E., Martínez L., E. Ecuación de ocho líneas de maíz para tolerancia a sequía y *Fusarium moliniforme* a Laboratorio a nivel plántula.
- Deubemire, R.F. 1982 Ecología vegetal. Tratado de autoecología de plantas 3a Ed. Limusa. México.
- Domarys, M.; Medina, C. Y Centeno, z. 1976 Micoflora de mazorcas del maíz en México. Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología. 10:71-77.
- Escobedo B.,L. Olivares S., G. 1987. Metodología para evaluar In Vitro genotipos de maíz en base a su resistencia a *Fusarium moliniforme*. Rev. Agraria. UAAAN 3 (2) : 171-186.
- Espinosa P.,N., Rodrigues O., J.L., Cardenas S.,E y Muñoz O.,A. 1994. Efecto de la déficit hídrica en el crecimiento del tallo de dos variedades de maíz . Memorias XV Congreso Nacional de Fitopatología. Monterrey, N.L. Mexico del 25 al 30 de septiembre. P. 354.

- Feldman, L. 1994. The maize root. In M. Freeling & V. Walbot, eds. The maize handbook, p. 29-37. New York, NY, USA, Springer-Verlag.
- Ferreira, D., M. A. (1986) Efecto de la toxicidad del aluminio en el maíz . Tesis de Maestría. UACH . Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. 120 P.
- Flores O., A. y Delgado L. E. 1991. Evaluación de la técnica de inoculación In Vitro e invernadero de progenitores de maíz (*Zea mays* L.) para determinar tolerancia a *Fusarium moniliforme*. Memorias del XVIII Congreso Nacional de Fitopatología. Puebla, Puebla. Del 24 al 26 de Julio de 1991. P 142.
- Fulbringt, T. E. 1988. Effect of temperature, water potential, and sodium chloride on indiangrass germination. *Journal of Range Management* 41(3): 9-19
- González G.,D.F. 1999. Selección de maíces forrajeros para tolerancia a sequía mediante secuestradores de humedad. Tesis de Licenciatura UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., México
- González G. M. E. Métodos de análisis de laboratorio, evaluación y métodos de campo para la selección de genotipos utilizados en el I.M.M.
- González G., S.G. Leyva M., G. y Villaseñor, M.M. 1988. Evaluación de técnicas de inoculación de *Fusarium moniliforme* (Sed.) Zinder & Hansen causante de la pudrición de la mazorca y el germinado prematuro del maíz. *Rev. Mex. Fitopatología*. 6:237-243.
- Graniti, B 1972. Phytotoxinas in Plant diseases . London, Aademic Press. 530 P.
- Griffiths, J.F. 1985. Climatología aplicada. Publicaciones culturales. México. P. 70.

- Gutiérrez H., L.; L. González y M. Díaz. 1991. Selección In Vitro de callos de diferentes genotipos de frijol, resistentes al filtrado tóxico de *Macrophomina phaseolina* (Tesis) Goid. Memorias del XIX Congreso Nacional de Fitopatología. Buenavista Saltillo, Coahuila del 19 al 21 de Agosto de 1992. P.
- Hucl, P. 1993. Effect's of temperature and moisture stress on the germination of diverse common bean genotypes. Can. J. Plant. Sci. 73:697-702.
- Kramer, P.J. 1974. Relaciones hídricas de suelo y plantas. Una síntesis moderna. Edutex, S. A. México. 538 P.
- Kramer, P.M. 1980 Drought stress and the origen of adaptation of plant to water and high temperature stress. (Ed.) N.C. Turner and P.J. Kramer, Wiley. New York, USA.
- Kurubadi, S. 1980 Studies on dry land wheat *Triticum durum*. Postdoctoral Researsch Investigation. Agrl. Canada Res. Station Research Branch. Swift current Saskatchan. Canada.
- Lisker, N. And Lillehoj, E. B.1991. Prevention of micotoxins contamination (principally aflatoxins and *Fusarium* toxins) at the preharvest strage. In Henderson . R.S. Boca Raton, USA. CRC Press, Inc. 689-1020.
- López H., A.J. 1987. Selección y evaluación de genotipos de maíz en condiciones limitantes para aumentar la producción y el rango de adaptación. Tesis de Maestría. UACH-CP. Chapingo, México. 115 P.

- Lugo H., F. 1990 Respuesta de dos líneas de maíz a la inoculación de *Fusarium moliforme*. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coahuila. 97 P.
- Márquez F., J.A. 1979. Estudio de la resistencia a la sequía de 8 variedades de maíz (*Zea mays* L.) por el método de germinación de semillas en concentraciones molares de sacarosa Tesis Maestría. ITESM. Monterrey, N.L. México. P.
- Martínez C.,C. 1987. Técnica de laboratorio e invernadero para la evaluación de resistencia a pudrición de tallo de maíz. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coahuila, México.
- May , L.H. and F.L. Milthorpe. 1962. Drough resistanse of crop plant. Field crop Abs 15:171-179.
- Muñoz O., A. 1980. Resistencia a la sequía y mejoramiento genético. Ciencia y Desarrollo. CONACYT. México. 33:26-35.
- Onderdonk, J.J. & Ketcheson, J.W. 1972. A standardization of terminology for the morphological description of corn seedlings. *Can. J. Plant Sci.*, 52: 1003-1006
- Pérez R.,A. 1985. Efecto de varios niveles de filtrado toxico de *Fusarium sp* en el comportamiento *In Vitro* de varias líneas de maíz. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coahuila. 89 P.
- Poehlman, J.M. 1986 Mejoramiento genetico de las cosechas.Limusa. México. Pp 110-115.

Quizenberry, J, E. 1987. Mejoramiento de plantas para la resistencia a la sequia y el aprovechamiento del agua. En Christiansen, M.N. y Ch F. Lewis (Eds) Mejoramiento de plantas en ambientes poco favorables. Limusa. México. P 233-256.

Qureshi, M.A. and Hagler, W.M.Jr. 1992 Effect of fumonisins B1 exposure on chicken macrophage functions In Vitro. Poult. Sci. 71(1):104-112.

Rajaram, S. 1989. Mejoramiento de trigo para obtener tolerancia a la sequia: Perspectivas y opiniones. En mejoramiento de la resistencia a la sequia en trigo. Memoria del taller. Marcos Juárez, Argentina, del 28 al 30 de agosto de 1989. CIMMYT. México. Pp.

Rajaram, R. 1999. Director de Centro de Estudios Ecológicos de Argentina.

Cultivos ecológicos y Cursos a distancia Cultivo de Hongos –

Hidroponía. (internet)

Rio., L.E. Del. 1990 The effect of pottasium fertilizer on de incidente of maize rot. Ceiba. 31(1):33-36.

Ritchie, S.W. & Hanway, J.J. 1992. How a corn plant develops. Special report No. 48. Ames, IA, USA, Iowa State University.

Rivera, G., M. 1988 Evaluacion de metodologias para seleccionar genotipos de maiz tolerantes a sequia. Tesis de maestria . U.A.A.A.N. Buenavista Saltillo, Coahuila. 105 P.

Robledo T., v., Kuruvadi, S,; Oyervides G., A. 1993. Relación entre rendimiento y sus componentes en maíz bajo condiciones de temporal. Rev. Agraria 9(2):126-137.

- Rodríguez Q., J. L. 1989. Selección In Vitro de genotipos de maíz resistentes a sequía. Tesis de licenciatura UAAAN. Buenavista Saltillo, Coahuila.
- Rojas G., M. 1979. Fisiología vegetal aplicada. Mc graw Hill. México. 252 P.
- Romero, C., S. 1993. Hongos fitopatogenos. Dirección del patronato Universitario. A.C. UACH. Chapingo. México. 347 P.
- Rosiles, M.R. 1983. Consideraciones generales sobre algunas micotoxinas en alimentos para animales domesticos. Memoria del coloquio internacional sobre conservación de semillas y granos almacenados. Instituto de Biología UNAM p. 494-505.
- Salazar, 1990 Ingeniero Agrónomo ; M.C. Investigador de Agronomía FONAIPE- Estacion Experimental; FANAIAP Divulga No. 33.
- Salinas, G.S.A. 1979. Evaluación de la resistencia de seis variedades de tomate (*Lycopersium esculentum* Mill). A *Alternaria solani* (Ell y G. Martín) L.R. Janes, Grout. Empleado el filtrado toxico del hongo. Tesis Maestria ITESM. División de Ciencias Agropecuarias Marítimas.
- Sánchez F., M.A. 1990. Evaluación de 12 cruzas simples para tolerancia a *Fusarium moniliforme* en el trópico húmedo. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coah. 78 P.
- Scott, G. E and S. B. King, 1984, Site of action of factors for resistance to *Fusarium moniliforme* in maize *Genetic Abstract*. 16(9):10.8
- Shaver, D.L. 1983. Genetics and breeding of maize with extra leaves above the ear. In *38th Proc. Ann. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf.*, p. 161-180.

Trenhalm H.L., D.M.Orelusky; J.C.Joung and J.D. Miller.1990. La produccion de micotoxinas en alimentos para animals. Publicación NO. 1827 de Agricultura de Canada. P. 48.

Viqueira, L.,L. Gomez y C. Rodríguez. 1981. Efecto de la sequia simulada mediante PEG 4000 en la variedad de caña de azucar Ja 60-5. Ciencias de la Agricultura 9:51-59. Cuba.

W. Nultsch (1975) *Botánica General. Manual para médicos y naturalistas*. Omega. Barcelona, 417 pp., ISBN 84-282-0431-4

Walden, D.B. 1978 and Agrios, 1989. Maize breeding and genetics A. Wiley-Intercience Publication. United State of America. Pags. 319-32

Williams T. V., R. S.Sheld and J. F. Ellis. 1967. Methods of measuring drought tolerance in sweet corn. Crop Sci. 7: 179-181.

Williams T. V. Shell R. S. and Cress, C. E. 1969. Inheretance of drought tolerance in sweet corn. Crop. Sci. 9(1) : 19-23.

Younis, S.E.A.; M. K. A- E. Dahab and G. S. Mallaiv. 1969. Genetic Studies of Resistence to Fusarium Stalk-rot in maize. Indian J. Gen. Plant. Breeding 29:418-425.

APÉNDICE

Cuadro 1A Medias de resultados de la longitud de la plúmula, raíz y peso de la semilla de maíz inoculado con filtrado toxico de *Fusarium moniliforme* al 25 %

Tratamientos	Longitud de la plúmula en cm.	Longitud de la raíz en cm.	Peso de semilla en gramos.
1	10.40	10.51	.848
2	11.78	10.81	.597
3	15.40	18.27	1.450
4	13.81	10.20	.730
5	13.63	11.46	.478
6	8.88	9.15	1.186
7	12.70	10.23	1.114
8	12.96	14.50	1.190
9	15.81	15.57	1.257
10	16.60	18.37	1.110
11	12.13	12.71	.995
12	6.74	7.01	.807
13	9.50	10.20	1.210
14	17.01	19.82	.925
15	10.88	7.74	.676
16	16.28	13.43	.586
17	12.76	8.69	.834
18	13.40	11.79	.910
19	7.90	5.40	.588
20	10.40	10.77	.876
21	14.22	12.02	.651

22	14.64	40.44	.748
23	16.50	13.29	.772
24	8.51	7.82	.901
25	11.27	11.96	1.00
26	10.13	6.70	.561
27	15.59	14.68	1.202
28	16.32	16.01	.618
29	14.79	19.17	.872
30	13.99	8.86	.710
31	9.13	11.70	1.131
32	4.70	5.48	.496

Cuadro 2A Medias de longitud de plúmula, raíz y peso de semilla de maíz tratadas con manitol a una presión osmótica de -5 bars.

Tratamientos	Longitud de la	Longitud de raíz en	Peso de semilla en
--------------	----------------	---------------------	--------------------

	plúmula en cm.	cm.	gramos.
1	4.77	13.22	.905
2	3.31	12.46	.890
3	7.36	15.80	1.452
4	5.56	12.00	.668
5	7.98	14.96	.471
6	5.42	13.97	1.264
7	6.20	14.56	.981
8	6.70	17.21	1.332
9	7.73	18.24	1.140
10	6.66	16.74	1.135
11	4.63	10.22	1.065
12	4.37	9.38	1.012
13	2.91	10.17	1.143
14	11.40	20.02	.946
15	5.81	13.25	.662
16	7.36	15.39	.958
17	6.32	11.58	.862
18	7.22	12.89	.849
19	3.94	9.24	.677
20	8.92	13.62	.893
21	7.86	12.10	.723
22	7.35	15.69	.793

23	7.56	13.26	.864
24	2.66	8.37	.948
25	6.96	16.96	.978
26	3.89	8.67	.548
27	6.86	14.28	1.182
28	7.37	11.86	.593
29	6.33	18.43	.881
30	4.37	10.79	.638
31	6.76	18.18	1.133
32	4.58	11.61	.515

