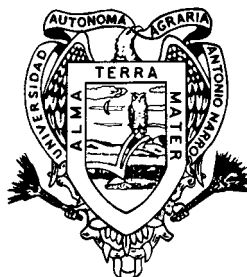


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL



Selección De Maíces Forrajeros Para Tolerancia A Sequía Mediante Secuestradores De Humedad.

Por:

DANIEL FEDERICO GONZALEZ GUAJARDO

T E S I S

***Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el título de:***

Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 1999

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
División de Ciencia Animal

**SELECCIÓN DE MAÍCES FORRAJEROS PARA TOLERANCIA A SEQUÍA MEDIANTE
SECUESTRADORES DE HUMEDAD**

POR:

DANIEL FEDERICO GONZALEZ GUAJARDO

T E S I S

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

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

APROBADA POR EL COMITÉ DE TESIS

ING. M.C. LUIS PEREZ ROMERO
PRESIDENTE DEL JURADO

ING. M.C. HUMBERTO DE LEON CASTILLO
GUAJARDO

SINODAL

Q.F.B. MARIA ELENA GONZALEZ

SINODAL

ING. RAYMUNDO BETANCOURT CORVERA
SINODAL SUPLENTE

EL COORDINADOR DE LA DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

DR. CARLOS DE LUNA VILLARREAL

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO. JUNIO DE 1999.

Dedicatoria

A Dios por darme la gran oportunidad de vivir.

A mi abuelo **José Anastacio Guajardo Villarreal** que ha sido guía y ejemplo en mi vida, ya que no hay en mi tierra un camino, un arroyo, un árbol, una piedra o un amigo que no lleve parte de su ser en él.

A mi abuela **Antonia Flores de Guajardo** que es, ha sido y será como una hada que vela cada momento de mi vida.

A mis padres **Virgilio González Nañez** y **Alicia Graciela Guajardo de**

González por su gran apoyo, paciencia y cariño que han tenido para el más rebelde de sus hijos.

iii

A mis hijos Ana Graciela González Cabello y Daniel José González Cabello ya que son ellos la cara misma de la fé y esperanza en el futuro siendo el más hermoso e inmerecido premio con el que dios ha llenado mi vida.

Y muy especialmente a mi hermana María Elena, que sin su gran ayuda nunca hubiera escrito yo estas líneas.

Agradecimientos

*A mi escuela Universidad
Autónoma Agraria Antonio Narro*

*A la División de Ciencia
Animal.*

*Al Instituto Mexicano del Maíz
"Dr. Mario E. Castro Gil".*

*Al Ing. M.C. Luis Pérez Romero
Al Ing. M.C. Humberto de León
Castillo*

**A la Q.F.B. María Elena González
Guajardo**

Al Ing. Rene Lira de la Rosa

*Por su paciencia y colaboración,
así como sus valiosas aportaciones
para la realización de este
trabajo.*

v

*Gracias por la oportunidad de
convivir con ustedes como
profesionista y hacerme sentir útil
a nuestra profesión, a nuestra
región y a nuestro país.*

*Gracias por la oportunidad de
realizarme como persona demostrando
que debemos apoyarnos unos a otros
por el bien de nuestra profesión y
de la humanidad.*

Así mismo quiero agradecer a todos aquellos que de una u otra manera colaboraron, tanto en mi formación educativa y profesional como en la realización del presente trabajo.

vi

INDICE DE CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	v
INDICE DE CUADROS.....	ix
RESUMEN.....	x
INTRODUCCION.....	1

OBJETIVOS.....	2
HIPOTESIS.....	3
REVISION DE LITERATURA.....	4
Definición de algunos términos relacionados con la sequía.....	4
Concepto de forraje.....	6
Clasificación de los forrajes.....	6
Factores que afectan el valor nutritivo, calidad y degestibilidad de los forrajes.....	7
Aprovechamiento como forraje.....	9
Efectos fisiológicos causados por la sequía.....	10
Efectos del estrés hídrico en la producción.....	13
Métodos para seleccionar genotipos tolerantes a sequía.....	15
Trabajos con simuladores químicos del estrés de humedad.....	17
MATERIALES Y METODOS.....	20
Localización de la investigación.....	20
Localización del material y su traslado.....	20
Preparación de soluciones.....	25
Siembra de semillas.....	28
Agregando reactivo.....	30
Toma de datos.....	30
Análisis estadístico.....	31
DMS.....	32

RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	34
CONCLUSIONES.....	51
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	52
APENDICE	61

INDICE DE CUADROS

No. Figura	Página
4.1 Análisis de varianza para manitol en las tres concentraciones para longitud de la raíz.....	35
4.2 Análisis de varianza para manitol en las tres concentraciones para la longitud del tallo.....	36
4.3 Análisis de varianza para sacarosa en las tres concentraciones para la longitud de la raíz.....	40

4.4 Análisis de varianza para sacarosa en las tres concentraciones para la longitud del tallo.....	41
4.5 Análisis de varianza para polietilenglicol en las tres concentraciones para la longitud de la raíz.....	45
4.6 Análisis de varianza para polietilenglicol en las tres concentraciones para la longitud del tallo.....	46

RESUMEN

En la presente investigación se trabajó con 18 materiales de maíz para forraje provenientes de diferentes localidades del país, los cuales fueron sometidos a varios ambientes y concentraciones para simular la falta de humedad durante la germinación de la semilla en condiciones de laboratorio con el objeto de seleccionar los mejores genotipos en cuanto a la deficiencia de humedad y la concentraciones para simular la falta de humedad durante la germinación de la semilla en condiciones de laboratorio con el objeto de seleccionar los mejores genotipos en cuanto a la deficiencia de humedad y la concentración óptima para su selección.

El experimento se realizó en el laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales “in vitro” del Instituto Mexicano del Maíz. El cual consistió en colocar la semilla de cada uno de los materiales en sanitas humedecidas con los reactivos en tres concentraciones el primero de ellos manitol a concentraciones de -5, -7.5, -10 bars. Otro de ellos la sacarosa a -5, -7.5 y -10 bars y el último de ellos polietilenglicol a -2, -4, -7.5 bars.

El número de materiales por cada sanita fue de tres, una vez colocados en bolsas de polietileno se colocaron en una germinadora a una temperatura de 30 grados centígrados por espacio de una semana.

El número de repeticiones fue de dos por cada material: cada repetición consta de 5 semillas y el diseño estadístico fue el de bloques al azar.

Lo que se evaluó fue la longitud de la raíz seminal y la longitud del tallo a partir del cuello de la plantula a una semana de sembradas.

Se realizaron los análisis de varianza individuales para cada concentración y parámetro, así como para cada reactivo en sus tres concentraciones.

Los análisis reflejaron una alta significancia en el uso de los tres productos ya que cada uno actúa de manera distinta con cada material probablemente esto es debido a su formulación química en el proceso de germinación de la semilla.

Se encontró una alta significancia entre las diferentes concentraciones en un mismo reactivo las concentraciones de manitol a -5 bars, la de sacarosa a -10 bars y la de polieitlenolico a -4 bars fueron las que ejercieron la mayor variabilidad en la selección de los genotipos tolerantes a sequía.

Por último se obtuvo que existe una alta significancia entre los genotipos, lo que indica que se comportaron de manera diferentes independientemente del producto y la concentración utilizada para la selección de materiales tolerantes.

xi

Gracias a lo anterior, se pudieron seleccionar a aquellos materiales que son tolerantes al estrés hídrico y los cuales tuvieron un mejor desarrollo al ser expuestos a diferentes ambientes y concentraciones en el laboratorio.

Los genotipos que más tolerancia demostraron en la presente investigación fueron el F de origen VAN-542, y el R de origen C 38.

I. INTRODUCCION

Al hablar de sequía a nivel mundial como nacional y particularmente en la región norte de nuestro país en donde se localiza el Estado de Coahuila al igual que otros del norte del país, los cuales se ven afectados por las temporadas de secas, que cada vez son más prolongadas y de muy baja precipitación. Como resultado se afecta de sobremanera a la agricultura y a la ganadería, que es el modo de vida de un gran por ciento de habitantes de nuestro Estado.

En lo que a agricultura y ganadería se refiere debe existir la búsqueda de opciones rápidas y seguras para la selección de cultivos que satisfagan las necesidades de alimentación humana y para sus ganados en cuanto a forrajes se refiere mejorando la calidad de materia seca, energía y costos de producción para un mejor sustento del ganado de los campesinos.

El Maíz (Zea mays), ancestral compañero del hombre americano, ha apoyado a sus supervivencia y la de los animales a su cuidado de los cuales ha sabido sacar provecho desde tiempos inmemoriales, por lo que la selección adecuada de una variedad de maíz que la región necesita afectar positivamente la salud y productividad de sus hatos.

Así mismo, encontrar un mecanismo rápido y económico para la selección de una variedad de cualquier cultivo forrajero evitará costos innecesarios y sobre todo el ahorro de tiempo, vital para todo agricultor o ganadero.

En la actualidad existen técnicas de selección de variedades de maíz, dentro de los cuales las más utilizadas son las de laboratorio en donde se tiene un control de las condiciones ambientales teniendo un costo elevado que dificulta su implementación.

En la presente investigación se utiliza un método de laboratorio que pretende ser de bajo costo en el menor tiempo posible y que pueda ser utilizado por el productor.

OBJETIVOS

- 1) Evaluar diferentes productos que simulan un estrés de humedad en diferentes concentraciones a varios genotipos de maíz forrajero.
- 2) Identificar genotipos que respondan mejor a la escasez simulada de humedad.
- 3) Evaluar cual o cuales de las soluciones utilizadas es más eficiente en la simulación de estrés hídrico,

HIPOTESIS

- a) Existe por lo menos un genotipo diferente en cuanto a su tolerancia de sequía.
- b) Existen diferencias entre los productos utilizados en la simulación de sequía.
- c) La concentración de las soluciones de los diferentes productos influye en la respuesta de los genotipos al estrés de humedad.
- d) Existe por lo menos un producto a una concentración que realice una mejor selección de los genotipos forrajeros tolerantes a sequía.

II. REVISION DE LITERATURA

DEFINICION DE ALGUNOS TERMINOS RELACIONADOS A LA SEQUIA.

Resistencia y Sequía.

Sullivan y Blum (1979) citados por Jugenheimer , definieron la resistencia a la sequía como escape o tolerancia, esta última es la habilidad de las células para sobrevivir o funcionar aunque los tejidos estén desecados o a una temperatura muy elevada.

Kramer (1980), expresa que esta definición es la más aceptada la sequía es un estrés ambiental de suficiente duración para producir un déficit o estrés hídrico en la planta, el cual causa disturbios en sus procesos fisiológicos.

Fischer et al (1984). Ve desde dos puntos de vista la resistencia a sequía en el sentido agrícola, se refiere a la capacidad de una planta cultivada para rendir su producto económico con agua disponible limitada. Por otra parte desde el aspecto evolutivo, es la capacidad de una planta o especie para sobrevivir y eventualmente reproducirse bajo humedad limitada.

Caroll (1945), dice que la resistencia a sequía atmosférica es la capacidad de la planta a no ser desecada cuando es sometida a una corriente aún cuando la humedad del suelo no se haya reducido al punto de marchitamiento.

Maximov (1946), define la resistencia a la sequía en los cultivos, como la capacidad para soportar la deshidratación temporal de los tejidos sin que disminuya el rendimiento o con una mínima reducción del mismo.

Sequía.

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

Hoffman y Rantz (1969), definen sequía como cualquier período de deficiencia de humedad que afecte el desarrollo de la planta y como consecuencia su vigor y producción.

Sojka et. Al. (1981), define sequía como la capacidad de minimizar pérdidas de rendimiento en ausencia de la cantidad optima de agua disponible en el suelo para la planta.

Nuñez (1984), establece que resistencia a sequía es un término general que describe la habilidad de una planta para sobrevivir a las deficiencias del suelo y la atmósfera y que no hay forma universal para que un cultivo alcance la resistencia a la sequía.

CONCEPTO DE FORRAJE

Williams (1976), define a los forrajes como aquellos alimentos voluminosos y a la inversa de los concentrados los forrajes tiene cantidad de fibra cruda y su valor nutritivo es bajo. Como representantes de este grupo se pueden mencionar el ensilado, henificado, pastos y rastrojos. Es necesario hacer una distribución entre vegetación y forraje se habla de distintos tipos de vegetación pero no todas las plantas son apetecibles por los animales y los que si son entran en la categoría de forrajes.

CLASIFICACION DE LOS FORRAJES

Delorit (1975), establece que son muy numerosas las especies utilizadas como forraje ya sea para consumirse verde o para producir alimentos deshidratados como es el caso de la alfalfa. Todos los forrajes se pueden clasificar de la forma descrita en el siguiente cuadro.

1.- Forrajes anuales

1.1. Puros (Maíz forrajero, girasol forrajero, cebada forrajera, híbridos de sorgo y pasto sudán, remolacha forrajera etc.)

1.2. Asociación (Veza-avena, cebada -avena, etc.)

2.- Forrajes plurianuales o praderas

2.1 Artificiales o temporales

2.1.1. Praderas monofilas (Alfalfa, zulla, esparcela, etc.)

2.1.2. Parcelas polifitas (Gramíneas, leguminosas y ambas).

García (1977) Consideró que los forrajes naturales o permanentes reciben nombres según el lugar y el clima en donde se encuentran, así en los climas húmedos o semihúmedos donde la hierba se mantiene verde todo el año, aunque tenga elevados máximos y mínimos estacionales, se les denomina praderas. En lugares donde la hierba se seca en el verano la pluviometría es inferior a lo descrito anteriormente se le llama pastizal.

FACTORES QUE AFECTAN EL VALOR NUTRITIVO, CALIDAD Y DEGESTIBILIDAD DE LOS FORRAJES.

Hunter (1985), informa de un estudio conducido a determinar la relación entre rendimiento del grano y rendimiento en materia seca de la planta entera y calidad determinada en el estado de cosecha para ensilado y reporta los resultados preliminares

de un programa de selección recurrente dirigido a mejorar el germoplasma para la producción de ensilaje. Concluyendo que la selección de líneas si basada sobre rendimiento de la planta entera, en ensayos de ensilado fue más efectiva en incrementar el rendimiento de materia seca total, para la selección de líneas si basada sobre el rendimiento de grano en ensayos de producción.

Robles (1983), menciona que aún cuando las primeras fases de crecimiento de las plantas son muy ricas en cuanto a producción de nutrientes , no son las fases propias para el corte debido a la escasez de rendimientos de forraje y un alto contenido de humedad que entorpecerá su henificación, por lo cual es más conveniente el determinar la época de corte en que se pueda obtener la máxima cantidad de forraje sin menoscabo de las cualidades nutritivas del mismo.

Howarth (1983) concluyó que la composición nutritiva digestibilidad, palatabilidad y ausencia de alimentos antinutritivos son las principales características de los forrajes. Indicó que el mejoramiento orientado a la calidad forrajera es lento y a largo plazo, pero pequeños avances en la digestibilidad animal pueden dar un mejoramiento substancial en la productividad animal.

Pandersen (1983) mencionó que algunos factores afectan la calidad de ensilaje, concluye que el porcentaje en materia seca al tiempo de ensilar, concentración de ácido láctico, contenido de amonio y disponibilidad de carbohidratos fermentables, la

descomposición de proteínas en amonía se considera perjudicial para la calidad de ensilaje porque reduce la palatabilidad.

Fairey (1980), trabajando con localidades y madurez de la planta así como importancia del grano y rastrojo para la calidad forrajera, reporta que el rendimiento en grano no es un buen parámetro para predecir el rendimiento del forraje sugiriendo la elección de híbridos para la producción de grano y elevar independientemente las características forrajeras. El estudio también revela que el contenido de materia seca del forraje del maíz depende del contenido de materia seca del rastrojo y la proporción total de materia seca en el grano y la mazorca.

El mejoramiento del maíz para el forraje debe omitir las características del rastrojo incluyendo contenido de materia seca, digestibilidad y rendimiento.

Inshenetskii (1979) determinó la acumulación de materia seca y proteína bruta en plantas de maíz, indica que hay una correlación negativa entre el incremento de materia seca acumulada por las plantas y el contenido de proteína bruta en el grano.

MAIZ COMO FORRAJE

Parrassin (1982) demostró que las vacas alimentadas constantemente con silo de maíz producen leche más rica que las de ensilaje de pastos, además de movilizar menos sus reservas en lactancias tempranas y producirlas más fácilmente otra vez a media lactancia.

Mott (1978) menciona que los forrajes pueden ser utilizados como heno, como ensilaje, como pasto. De estos modos de utilización sólo el heno se vende en cantidad suficiente. Los forrajes en forma de ensilaje o pasto quedan restringidos en cuanto a tiempo y utilización.

Morrison (1965), afirma que aún cuando el maíz se cultiva para grano, una parte apreciable del valor nutritivo de la cosecha se encuentra en el rastrojo y el beneficiado y comprobó que este contenía aproximadamente la cuarta parte de las proteínas digestibles y una cuarta parte de la energía neta de la cosecha. Además indican que en el caso de no utilizar el rastrojo se estarían desperdiciando el 47% de los principios nutritivos digestibles totales, los cuales la mayor parte se encuentran en las hojas.

EFECTOS FISIOLÓGICOS CAUSADOS POR LA SEQUÍA

Richards y Wadlergh (1952) en su revisión de literatura sobre la influencia de la humedad en el suelo en los procesos fisiológicos señalan que las diferencias de humedad en el suelo puede reducir las reservas de carbohidratos de una planta por medio del incremento de la velocidad de la respiración y una reducción en la velocidad de la respiración y una reducción en la velocidad de la fotosíntesis.

Virgin citado por Berman, et al. (1971), dice que además de la falta de agua en la planta, provoca una inactivación o deterioro en el mecanismo de síntesis de la protoclorofila o de alguna otra forma la destrucción de la clorofila existente.

Muller y Weaver (1952), mencionan que la resistencia a la sequía puede ser diferente para una misma planta, según el estado de desarrollo en que se encuentre y relacionaron esto con la velocidad de crecimiento del sistema radicular.

Foller et.al. (1974), encontraron que la distribución de la raíz depende en alto grado de la profundidad del perfil del suelo y de la profundidad de la raíz aprovechable.

Villarreal (1973), menciona que para evitar la sequía en las plantas hay que aumentar el almacenamiento de agua en el suelo, favoreciendo el desarrollo de raíces profundas y densas.

Soriano y Montaldi (1980) dicen a medida que disminuye el agua en el suelo el crecimiento de las raíces es importante porque 1) aumenta el radio y la profundidad de los tejidos radiculares capaces de absorber agua y 2) Porque incrementa la densidad radicular acortando las distancias a todos los puntos húmedos del suelo, concluyendo que especies con esta capacidad de crecimiento radicular en los suelos secos son comparativamente más tolerantes a sequía.

Stewart y Hagen (1972), mencionan que el desarrollo de la raíz fue más extenso en aquellos maíces sembrados a una profundidad de 20 cm y sugieren el uso de la

profundidad de siembra para seleccionar genotipos con tolerancia a sequía en condiciones secas de plantación.

Laarque (1979), menciona que el control del estatus hídrico de las plantas es controlado fundamentalmente por las estómas, bajo este aspecto Muñoz (1971), vió la posibilidad de controlar artificialmente y con sustancias químicas el cierre estomático y con ello mejorar la resistencia a sequía.

Backer y Musgrave (1964) , Wardlaw (1967), Henckel (1964), Shah y Loomis (1963), Berko (1963), Virgin (1965) Gresbrech (1969) citados por Berman Ginzo y Soriano (1970) Gresbrech (1969) concluyen que bajo temporal es la humedad el principal factor ambiental que origina alta competencia y en esta situación la eficiencia del sistema es también el factor más importante en determinar el rendimiento.

Jensen (1971), citado por Jungenheimer (1981) estudió los efectos del vigor temprano o inicial y de la tolerancia a la sequía y al calor sobre el retraso en la emergencia de los estigmas y sobre el rendimiento. Algunos híbridos manifestaron un comportamiento consistente superior bajo condiciones de sequía. El chamuscado de la punta de las hojas y el retraso de la emergencia de los estigmas fueron importantes, el germoplasma tolerante al calor pareció ser esencial para altos rendimientos, tanto en cultivos de riego como de temporal.

13

Downey (1971) , encontró que hay evidencia de que en condiciones de déficit de agua los estomas se hacen más sensibles a los demás factores que influyen en su movimiento.

Montgomery y Kissiback (1958) expresan que el déficit del agua en la planta limita el crecimiento vegetativo y los rendimientos por su efecto sobre varios procesos básicos, tales como la división celular, la elongación de las células y la fotosíntesis.

Sneider (1946), en una investigación realizada en Illinois durante tres años encontró que en general las cañas de maíz de las líneas consideradas como resistentes a la sequía contenían más nitrógeno, proteína y potasio que las líneas híbridas aunque en estas otras era más abundante el contenido de calcio, magnesio , fierro y manganeso, siendo iguales en contenido de fósforo.

EFFECTOS DEL ESTRÉS HIDRICO EN LA PRODUCCION

Levit (1972), consideró que el efecto de la sequía trae como consecuencia una deshidratación del protoplasma.

Sánchez (1963), dice que en las líneas de maíz con carácter “latencia” la sequía ocasiona una disminución del crecimiento, un retraso en la floración y posteriormente una marcada recuperación al disponer de buena humedad.

14

Robins y Domingo citados por Berman (1971), dicen que en invernadero, ensayos de campo y análisis históricos de rendimientos en fincas de agrónomos y metereologos han llegado a la conclusión de que la sequía que se presenta en la

floración tiene un efecto mayor sobre el rendimiento del grano. Déficits de agua durante períodos de uno dos días durante la floración masculina o durante la polinización pueden causar una reducción hasta de un 22%.

Ashton (1973), indica que la sequía como factor limitante en la producción agrícola es importante mundialmente y que el problema no solo se presenta en áreas marginales sino también en áreas húmedas donde los rendimientos se ven gravemente o completamente destruidos por largos períodos secos entre las lluvias.

Jugens et. al. (1976), concluyeron que la fotosíntesis fue más limitada que la traslocación durante el llenado del grano cuando se cultiva maíz bajo condiciones de sequía.

Soriano y Ginzo (1975) señalan que en una variedad de maíz disminuyó el rendimiento del grano debido a la sequía, lamina foliar y las mazorcas varían en tanto que en otra variedad no hubo esa asociación.

15

Jurgens, Johnson y Boyer (1978), determinaron que la fotosíntesis es más inhibida que la traslocación durante las condiciones secas y además que con la sequía aumenta la concentración de proteínas pero reduce la concentración de aceite.

Macperson y Boyer (1977), plantean que la escasez de agua durante los estados de llenado del grano y los estados vegetativos (Denmead y Shaw 1960) pueden tener efectos menores en el rendimiento.

METODOS PARA SELECCIONAR GENOTIPOS TOLERANTES A SEQUIA

Una adecuada humedad en el suelo es uno de los requerimientos básicos para el normal establecimiento y reproducción de las plantas, sin embargo las erráticas precipitaciones pluviales, especialmente durante los meses de julio y agosto son la característica climática en la mayor parte de nuestro país. El promedio de lluvia durante este período a menudo no alcanza a ser suficientemente para proteger el cultivo y continuar su desarrollo a través de períodos de estrés hídrico.

Hunter, et. al. (1936), descubrieron un método para determinar la tolerancia a sequía en las líneas autofecundas de maíz, sometiendo las plantas a altas temperaturas y bajas humedades, una buena correlación fue observada entre los daños producidos a las plántulas bajo condiciones controladas y los daños presentados por las líneas en el campo.

16

Hunter et. al. (1963) observaron que las líneas de maíz, resistentes a sequía toleraron 6.5 horas a 65 grados centígrados y las susceptibles murieron.

Subenko (1959), propone como método más práctico de aumentar resistencia a sequía, una selección de acuerdo a la longitud de las raíces o bien un método de tratamiento directo a la semilla, consiste en una doble saturación de significado o secamientos por medio de una corriente de aire seco, no debiendo permitirse durante dicho tratamiento la emergencia de la radícula.

Killeny y Andrew (1969) señalan que la selección de plantas tolerantes a sequía, bajo condiciones de campo es frecuentemente dudosa, debido a las constantes fluctuaciones del medio ambiente. Por lo anterior dichas pruebas deberán compararse con técnicas bajo condiciones de laboratorio que permitan el aislamiento de germoplasma resistente a la sequía. Siendo estas últimas evaluaciones aplicables a un gran número de plantas, por lo que resultan económicas y de mayor rapidez en la información.

Muñoz (1971) señala que los métodos de selección indirecta, basados en tolerancia al calor, presión osmótica. Marchitez permanente, etc. pueden modificar las frecuencias genéticas de los factores que afectan dichas propiedades, pero no necesariamente las frecuencias de genes directamente involucrados en la síntesis de

17

proteínas y almidones concluyendo que el mejoramiento del rendimiento bajo sequía deberá tender a aumentar ambas frecuencias genéticas.

Muñoz (1975) cita que seleccionando en sequía se aumenta la frecuencia de plantas con sensibilidad estomática, en cambio en riego se aumenta la frecuencia de las plantas con estomas insensibles. Concluye que la selección a marchitez permanente practicada en un invernadero aumenta la frecuencia de sensibilidad estomática.

Castro (1975), señala que la metodología riego-sequía puede separar genes de resistencia a sequía.

TRABAJOS CON SIMULADORES QUIMICOS DEL ESTRÉS DE HUMEDAD

Márquez (1979) menciona en un estudio de la resistencia a sequía de 8 variedades de maíz, que utilizando la técnica de sacarosa como inductor de estrés hídrico, es un auxiliar valioso en la evaluación de germoplasma en los programas de mejoramiento encaminando a la selección o formación de variedades que se adoptan en áreas con régimen de humedad deficiente.

Parmar y Moore (1980), al utilizar cabomawx 600, manitol y cloruro de sodio, obtuvieron como resultados que la germinación fue menor al utilizar carbowax 600, intermedios con manitol y mayor con cloruro de sodio como sustratos para simular la

18

sequía, además agregan que incrementándose progresivamente la presión osmótica demora y reduce la germinación.

Bermudez et. al. (1984), en pruebas de germinación realizadas en el laboratorio con el polietilenglicol en sorgo, determinaron que es un buen agente osmótico para seleccionar plantas tolerantes a sequía.

Rivera (1988), evaluó materiales en el laboratorio usando dos soluciones inductoras de presión osmótica las cuales fueron el polietilenglicol y manitol, utilizando para polietilenglicol presiones de 0 y -2 Mpa en soluciones líquidas donde se pusieron a germinar las semillas, para manitol manejó presiones osmóticas de -0.35 v -1 Mpa utilizando soluciones sólidas como medio de cultivo (M.S.). como material de siembra utilizó embriones de semillas de materiales evaluados, como conclusiones menciona que las dos metodologías de laboratorio evaluadas, la de germinación de embriones de las semillas de maíz en manitol y medio nutritivo, es la que ofrece perspectivas más prometedoras en virtud de que permiten evaluar parámetros de plántula tales como longitud de tallo y radícula, así como de materia seca de tallo y de radícula, porcentaje y velocidad de germinación.

Alvarez (1991), en su trabajo de investigación usó tres reactivos como inductores de sequía los cuales son sacarosa, polietilenglicol y manitol. El objetivo era evaluarlos para determinar cual es el mejor y cual funciona mejor bajo la técnica “in vitro”, usando

19

como medio de cultivo el de Murashige y Skoog. Al finalizar con su trabajo preliminar concluye lo siguiente: la sacarosa obtuvo datos variados en la repeticiones de cada material debido a la metabolización que sufrió la sacarosa por parte de la planta, por lo

que descarta su uso. Para el polietilenglicol. Determinó que es factible uso en soluciones acuosas utilizando semillas completas como material vegetativo, no así para ser usado en medio sólido debido a que este reactivo no permite su solidificación: como respecto al manitol determinó que es un reactivo útil para ser usado en la selección de materiales tolerantes a sequía: ya que permite que solidifique el medio de cultivo, no es absorbido por la planta y mucho menos metabolizado por la misma.

III. MATERIALES Y METODOS

Localización de la investigación.

La presente investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del Instituto Mexicano del Maíz “Dr. Mario E. Castro Gil.” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ésta se localiza en Buenavista, Saltillo, Coahuila, y se sitúa geográficamente entre las cardenadas 101° Longitud Oeste y 25° 22' Latitud Norte, a una Altitud de 1742 m.s.m.m.

Localización del material y su traslado.

Algunos de los materiales mencionados en el presente trabajo se pueden utilizar con doble propósito, tanto para producción de grano como para producción de forraje proporcionados por el Instituto Mexicano del Maíz. La selección de las semillas se llevó a cabo tomando en cuenta las características físicas de la misma. Se recolectaron 18 genotipos diferentes y considerando 10 semillas por cada genotipo, lo cual nos da un total de 180 semillas, las que se colocaron en un sobre de manera independiente cada genotipo anotando fuera del sobre la genealogía correspondiente y el número de semillas.

21

Los materiales utilizados fueron los que a continuación se señalan.

GENOTIPO	GENEALOGIA
A	Vs 201
B	ANEXP2

C	B 844
D	AN 338
E	AN 43OR
F	VAN 542
G	AN 444
H	AN1 x AN2
I	A 993
J	AN 447
k	AN 450
L	AN 461
M	AN 445
N	AN 310
O	ANEXP 1
P	B 9141
Q	UAAAN 94
R	C 381

Seleccionadas las semillas se llevaron al laboratorio de cultivos vegetales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Preparación de soluciones

En este trabajo se utiliza una tecnología sencilla y rápida en la evaluación de soluciones y materiales ya que anteriormente se realizaba mediante la siembra y evaluación únicamente de los embriones de las semillas de maíz en medios de cultivo bajo la técnica “In vitro”. Gracias a recientes trabajos realizados en investigaciones

hechas con manitol, polietilenglicol y sacarosa a diferentes concentraciones se pudo establecer una metodología con la cual se logra hacer las soluciones para poder llevar a cabo una evaluación y selección de materiales tolerantes a sequía en el laboratorio .

Cálculos para llevar las soluciones acuosas a la presión osmótica requerida, utilizando la ecuación de Mitechel et. al. (1983)

Para el poletilenglicol.

$Y_s = 129 (PEG) - 2 T - 140 (peg) - 4 (PEG)$ donde:

$Y_s =$ Potencial osmótico en Mpa o bien

$= 1.29 (PEG) - 2 T - 140 (peg) - 4 (PEG)$ donde:

PEG= Kg de PEG por litro de agua destilada.

= Potencial osmótico en bars

T = Temperatura en grados centígrados.

= PEG2 (1.29t- 140) - 4 PEG

$(1.29 - 140) \frac{PEG}{A} - 4 \frac{PEG}{B} - \frac{Pos}{C} = 0$

A X2 B X C

Ecuación $AX^2 + BX + C = 0$

$X = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$

2^a

23

- B = 4

A = -107.75 (Viene de $1.29 T - 140 = \frac{1.29 \times 25}{A} - 140 = 107.75$)

A

C = Presión

Cálculos para el polietilenglicol a -2 bars de presión osmótica

PEG-2 B

$X = \frac{-4 \pm \sqrt{16 - 4(107.75)(2)}}{2}$

$$\begin{aligned}
& 2 (-107.75) \\
& + 4 \times 107.75 \times 2 = 862 \\
& 862 = 29.359836 \\
& 4 + 29.359836 = 25.359836 \\
\\
& \frac{-25.359836}{2 (1074.75)} = \frac{-25.359836}{-215.50} = 117.679 \text{ g/lt}
\end{aligned}$$

Cálculos para el polietilenolicol a -4 bars de presión osmótica.

$$\begin{aligned}
X &= +4 + 2 (-107.75) \\
& 2 (-107.75) \\
4 \times 107.75 \times 4 &= 1724 \\
1724 &= 41.521078 \\
4 - 41.521078 &= -37.521078 \\
\\
\frac{-37.521078}{2 (-107.75)} &= \frac{-37.521078}{-215.50} = 174.117 \text{ g / lt}
\end{aligned}$$

Cálculos para polietilenolicol a - 6 bar de presión osmótica.

$$\begin{aligned}
X &= +4 + 2 (-107.75) (6) \\
\\
4 \times 107.75 \times 6 &= 2586 \\
2586 &= 50.852729 \\
4 - 50.852728 &= -46.852728 \\
\frac{-46.852728}{2 (-107.75)} &= \frac{46.852728}{215.50} = 217.414 \text{ g/lt}
\end{aligned}$$

Para el uso del manitol y Sacarosa 41 se hizo uso de la ecuación de Van t - Hoff

$$\pi = \frac{R \cdot T}{V} \cdot NS$$

Donde:

π = Presión osmótica o potencial osmótico en bares

R = Constante de los gases (0.082)

T = Temperatura 273 + °C = °K

V = Volumen (1 litro) NS = Número de moles

Cálculos para manitol a 5 bars

$$\pi = \frac{R \cdot T}{V} \cdot NS$$

$$NS = \frac{5 \times 1}{.082 \times 298} = \frac{5}{24.43} = .2046663$$

25

1 Mol ----- 182.17 g/lit

.2046663-----X

X = 37.284077 g/lit

Cálculos para manitol a -7.5 bars

$$\pi = \frac{R \cdot T}{V} \cdot NS$$

$$NS = \frac{7.5 \times 1}{.082 \times 298} = \frac{7.5}{24.43} = .3069995$$

$$1 \text{ Mol} \text{ ----- } 182.17 \text{ g/ lt}$$

$$.3069995 \text{----- } x$$

$$X = 55.926098 \text{ g/lt}$$

Cálculos para el manitol a -10.5 bars

$$\eta = \frac{R.T.}{V} NS$$

$$NS = \frac{10 \times 1}{0.82 \times 298} = \frac{10}{24.43} = .4093327$$

$$1 \text{ Mol} \text{ ----- } 182.17 \text{ g/lt}$$

$$.4093327 \text{----- } X$$

$$X = 74.5681 \text{ g/ lt}$$

Cálculos para sacarosa a - 5 bars

$$\eta = \frac{R.T.}{V} NS$$

$$NS = \frac{V}{R.T.}$$

$$NS = \frac{5 \times 1}{0.82 \times 298} = \frac{5}{24.436} = .2046161$$

1 Mol ----- 342.30

.2046161 ---- x

X= 70.040091

Cálculos par sacarosa a -7.5

$\rho = \frac{R.T.}{NS}$ NS

V

$NS = \frac{V \times \rho}{RT}$

RT

R.T. NS x V ρ

27

$$NS = \frac{7.5 \times 1}{.082 \times 298} = \frac{4.5}{24.436} = .3069242$$

1 MOL ----- 342.30

.3069242 ----- X

X= 105.0615 g/lt.

Cálculos para sacarosa a -10 bars

$$V = \frac{R.T. \cdot NS}{P}$$

V

$$NS = \frac{P \cdot V}{R.T.}$$

R.T.

$$NS = \frac{10 \times 1}{0.82 \times 298} = \frac{10}{24.436} = .4092322$$

28

1 Mol ----- 342.30

.4092322---- X

X= 140.0818 g/l.

Siembra de semillas.

Posteriormente a la preparación de las soluciones de los tres reactivos en sus diferentes concentraciones se procedió a la siembra de semillas las cuales colocaron en sanitas de papel germinador. Además se utilizó lápiz especial y bolsas de polietileno.

A continuación fueron colocadas dentro de un vaso de precipitado de 10 ml, previamente lleno con la solución correspondiente y se dejaron ahí por 30 segundos hasta que quedaran impregnadas.

En el lapso anterior se enumeran los materiales en orden progresivo para facilitar su registro evitando escribir toda la genealogía al momento de estar sembrando los materiales de maíz.

Dichos materiales se colocaron a fin de acomodar la siembra en orden ascendente. Estando humedecidas las sanitas se retiraron una por una, dejando escurrir el excedente de la solución, se colocaron en la mesa de trabajo dividiéndolas en tres partes en donde se identificó cada división con un número del 1 a 5.

29

Hecho lo anterior se colocaron 5 semillas en cada sanita de los materiales de los 18 genotipos diferentes de maíz siempre procurando que los embriones de cada semilla quedarán en la misma dirección.

Terminado esto se envuelve la sanita en forma de taco, incluyendo dentro cada material, escribiendo en la parte exterior la posición de los embriones por medio de una flecha, así como las letras que identifican a los materiales que están en su interior, su número de repetición, producto utilizado y la fecha en que se realizó la siembra.

Cada una de las sanitas que contienen los materiales, como se mencionó anteriormente deberá envolverse en forma de taco y colocarse en una bolsa de polietileno para después

ser colocado en una canastilla de metálicas hasta terminar de sembrar cada una de los 18 materiales de maíz.

Listo el proceso anterior se describe en una etiqueta la fecha de siembra, la fecha en que se agregará el reactivo y la fecha en que se realizará la toma de datos y dicha etiqueta se pega en la canastilla.

Sembrados los materiales fueron depositados en el interior de una cámara germinadora a una temperatura constante de 30oC por espacio de una semana.

Cabe señalar que se realizó una siembra diaria con dos repeticiones, utilizando una concentración por día y cinco semillas por cada material.

30

Agregando reactivo

Al paso de tres días después de la siembra fue necesario agregar 15 ml del mismo reactivo con la misma concentración que se utilizó en la siembra. Esto debido a que las sanitas se resecan debido a la temperatura y aire que existe en el interior de la cámara de germinación así como la absorción de líquido de las propias semillas. Con el fin de lograr lo anterior debieron extraerse todos los materiales contenidos en la canastilla de la incubadora y se llevaron al laboratorio donde en un vaso de precipitado se tuvo preparado el reactivo y por medio de una jeringa graduada y automática se agregó 5 ml

por cada parte externa y 5 ml en la parte interior de cada material envuelto (sanita o taco).

Ya agregada la solución se volvió a colocar la sanita dentro de la bolsa de polietileno, se regresó la canastilla y después de repetir el procedimiento en todos y cada uno de los materiales se regresó la canastilla a la incubadora hasta terminar el período de una semana.

Toma de datos

Al término de la semana que se marcó como período de prueba, se retiraron los materiales para la consecuente toma de datos.

31

Los parámetros a evaluar son: Longitud de tallo a partir del área llamada cuello, longitud de raíz principal o seminal. Estos parámetros medidos al 0.01 cm utilizando un escalímetro o vernier.

Ya las medias fueron sujetas a un análisis de varianza bajo los siguientes criterios:

- a) Análisis de varianza individual para cada concentración de cada uno de los tres reactivos tanto en raíz como en tallo.
- b) Análisis de varianza por cada reactivo en sus tres concentraciones evaluando las variables de raíz y tallo.

El modelo estadístico utilizado para el inciso (a) fue el análisis de varianza para dos condiciones (two way).

El modelo estadístico utilizado para el inciso (b) fue un factorial con arreglo de 3 x 3 combinado sobre localidades.

El modelo lineal aditivo utilizado fue el siguiente $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \epsilon_{ijk}$

32

Donde :

$i = 1, 2, \dots, t$ (Tratamientos)

$j = 1, 2, \dots, r$ (Repeticiones)

$k = 1, 2, \dots, c$ (Concentraciones).

Y_{ijk} = Es la observación del i -ésimo tratamiento en la j - esima repetición dentro de la k - estima concentración.

μ = Efecto de la media general

α_i = Efecto del i -esimo tratamiento.

β_j = Efecto de la j -esima repetición anidada en la k - esima concentracdión.

v_k = Efecto de la k-ésima concentración

B_k Efecto de la k-ésima repetición

E_{ijk} = Efecto del error experimental.

Cálculo de la DMS

$DMS_{i, 0.05} = t_{.005/2}$ al $\frac{2}{r} CMEE$

r

33

El modelo para el análisis por cada reactivo en sus tres concentraciones fue un combinado sobre localidades.

VALOR DE K	FUENTE	GRADOS DE LIBERTAD
1	LOCALIDAD	L - 1
-3	R (L)	L (R-1)
4	A	A-1
5	LA	(L-1) (A-1)
	ERROR	L (L-1) (R-1)

Donde :

Localidad = Reactivos

R (L) = Repeticiones

A = Tratamientos

LA = Interacción

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de la presente investigación arrojan lo siguiente de manera general.

Longitud de Raíz.

Existen diferencias entre las concentraciones utilizadas en manitol, sacarosa y polietilenolico, lo cual indica que existe diferente comportamiento por lo menos una concentración en relación a las otras dos aplicadas en cada reactivo, de esta manera facilitando identificar aquella concentración que permita hacer la mejor simulación de falta de humedad durante la germinación de la semilla de maíz. (Cuadro 4-1).

También fue factible observar que existe variabilidad entre los tratamientos (genotipos), es decir, que existen diferencias genéticas en por lo menos uno de ellos. Lo anterior permite identificar a aquellos genotipos que tengan características de tolerancia a la falta de agua durante su germinación y en consecuencia en su desarrollo.

Además se observó el diferente comportamiento que tiene cada genotipo ya que cada uno de los evaluados se comporto de manera diferente en cada reactivo y cada concentración.

35

ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO PARA MANITOL

Cuadro 4.1. Análisis de varianza para manitol en las tres concentraciones para la longitud de raíz.

CODIGO	FUENTES	GL	SC	CM	FC	PROB.
1	CONCENTRACION	2	780.95	390.474**	184.34	.000 **
-3	REPETICIONES	3	6.35	2.118		
4	TRATAMIENTOS	17	162.76	9.574**	2.44	.007**
5	CONC. X TRAT.	34	314.76	9.258**	2.36	.002
-7	ERROR	51	200.46	3.931		

C.V= 31.00%

** SIGNIFICANCIA AL 1%

MEDIA= .2425705

* SIGNIFICANCIA AL 5%

DMS= 1.33

NS NO SIGNIFICANCIA

36

CUADRO 4.2 ANALISIS DE VARIANZA PARA MANITOL EN SUS TRES
CONCENTRACIONES PARA LA LONGITUD DEL TALLO

CODIGO	FUENTES	GL	SC	CM	FC	PROB.
1	CONCENTRACION	2	527.25	263.627**	440.53	.000
-3	REPETICIONES	<u>3</u>	1.80	0.598		
4	TRATAMIENTOS	17	66.75	3.927*	2.06	.024
5	CONC. X TRAT.	34	117.23	3.448*	1.81	.027
-7	ERROR	51	97.38	1.909		

C.V = 39.18%

** SIGNIFICANCIA AL 1%

Media= .1289312

* SIGNIFICANCIA AL 5%

DMS = .9284

NS NOS SIGNIFICANCIA

En los cuadros 4.1. y 4.2 podemos observar que los cuadros medios obtenidos muestran que existe alta significancia en cuanto a las concentraciones evaluadas en manitol tanto para el desarrollo de raíz como para el desarrollo del tallo, esto indica que utilizando este reactivo a diferentes concentraciones se ejercen diferentes grados de

37

simulación de falta de agua durante la germinación de las semillas de maíz, ya que estas concentraciones ocasionan diferentes presiones osmóticas.

En los cuadros medios de tratamiento también reflejan que existe una alta significancia entre los genotipos evaluados en lo que se refiere al crecimiento de la raíz y una significancia en cuanto al crecimiento del tallo lo que en consecuencia determina que por lo menos un genotipo es mejor a los demás en cuanto a tolerancia a sequía, debido a las diferencias genéticas entre los tratamientos evaluados.

En cuanto a las repeticiones encontramos un valor no significativo. Esto hace suponer que no existen diferencias entre las repeticiones debido a que el experimento se llevo a cabo en condiciones de laboratorio las cuales fueron controladas.

Los cuadros medios de la interacción de concentraciones por tratamientos reflejan una alta significancia en cuanto a desarrollo de raíz no así para el crecimiento del tallo donde hay sólo significancia , lo cual nos indica que los diferentes genotipos en cada concentración se comportaron de manera inestable en los parámetros de longitud de

raíz y longitud de tallo. Debido a la inestabilidad de las concentraciones y la variabilidad genética de los materiales.

Los coeficientes de variación fueron aceptables siendo de 31.00% y 39.18% para el crecimiento de la raíz y el del tallo respectivamente.

Las DMS fueron para la raíz 1.33 y para el tallo fue de .9284.

38

Al efectuar la diferencia mínima significativa de Duncán para manitol en cada una de sus concentraciones de forma individual para las longitudes de raíz y tallo, se obtuvo la identificación de aquella concentración que permitió a mayor formación de grupos lo cual indica que es la mejor para seleccionar los genotipos que tiene tolerancia a la ausencia de humedad. En cuanto a raíz se refiere se observó que en manitol a -5 bars y -10 bars de presión se formaron tres grupos estadísticamente diferentes mientras que a -7.5 bars sólo uno (esto indica que todos fueron buenos en esta concentración pero no permite identificar aquel que fue el mejor).

En lo que se refiere al crecimiento del tallo se observó que en manitol a -5 bars y -7.54 bars de presión el número de grupos formados fue de 4 y que a -10 bars los grupos fueron 3.

De acuerdo con lo anterior la mejor concentración para manitol fue la de -5 bars ya que entre las pruebas de raíz y de tallo se lograron formar 7 grupos estadísticamente diferentes también se apreciaron las medias de crecimiento más altas tanto para raíz como para tallo las cuales fueron de 18.56 cm y 9.76 cm respectivamente, la segunda

concentración fue la de manitol a -10 bars ya que entre ambas pruebas logro formar 6 grupos diferentes cuya media más alta para raíz fue de 5.53 cm y la de tallo de 1.88 cm. Mientras que para manitol a -7.5 bars en las mismas pruebas se formaron 5 grupos con diferencias estadísticas las medias más altas fueron de 7.27 cm en cuanto a raíz y de 5.21 para el tallo.

39

Si observamos los crecimientos de la raíz y del tallo en manitol a -10 bars y en manitol a -7.5 bars veremos que en este último las medias fueron más altas que en el primero no obstante que la mejor concentración de estas dos fue la de -10 bars, pero también se observa que en -7.5 bars en el crecimiento de raíz existe sólo un grupo numeroso de 14 genotipos clasificados como los mejores no distinguiéndose en ambos casos cual de estos tratamientos es el mejor ya que todos se desarrollaron de manera similar en ese mismo ambiente no siendo así para manitol a -10 bars en donde el desarrollo fue más homogéneo entre los tratamientos.

La concentración que mostró un desarrollo de crecimiento para ambos parámetros más homogéneo fue la de manitol a -7.5 bars ya que formó el menor número de grupos estadísticamente diferentes, mientras que en manitol a -10 bars las medias de crecimiento para raíz y tallo fueron las más bajas.

Los tratamientos que tuvieron la tendencia al mejor comportamiento en manitol en cualquiera de sus tres concentraciones tanto en el desarrollo de la raíz y crecimiento del tallo aunque obtuvieron diferencias de tipo numérico y orden fueron los genotipos

identificados con letra R, F, Y J. Cuyos orígenes son C 381, VAN 542 y AN-447 respectivamente.

Mientras que los que reflejaron un raquítico desarrollo en manitol a cualquier concentración fueron los tratamientos identificados con las letras I cuyo origen es A 993 y el genotipo H de origen AN1 x AN2.

40

ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO PARA SACAROSA

CUADRO 4.3 ANALISIS DE VARIANZA PARA SACAROSA EN LAS TRES CONCENTRACIONES PARA LA LONGITUD DE RAIZ.

CODIGO	FUENTES	GL	SC	CM	FC	PROB.
1	CONCENTRACIÓN	2	78.28	39.138**	40.66	.006
-3	REPETICIONES	3	2.89	0.962		
4	TRATAMIENTOS	17	31.41	1.84 BNS	1.53	.122
5	CONC. X TRATA.	34	28.63	0.830NS	0.69	
-7	ERROR	51	12.02	0.236		

C.V. = 52.12

** SIGNIFICANCIA AL 1%

MEDIA= .16350 99

* SIGNIFICANCIA AL 5%

DMS= .7392

NS NO SIGNIFICANCIA

CUADRO 4.4. ANALISIS DE VARIANZA PARA SACAROSA EN SUS TRES CONCENTRACIONES PARA LA LONGITUD DEL TALLO.

CODIGO	FUENTES	GL	SC	CM	FC	PROB
1	CONCENTRACIÓN	2	22.55	11.277**	159.10	.000
-3	REPETICIONES	3	0.21	0.071		
4	TRATAMIENTOS	17	11.97	0.704**	2.99	.001
5	CONC. X TRAT.	34	7.66	0.225 NS	0.96	
-7	ERROR	51	12.02	0.236		

C.V. = 38.61%

** SIGNIFICANCIA AL 1%

MEDIA= .0443725

* SIGNIFICANCIA AL 5%

DMS=.3264

NS NO SIGNIFICANCIA

En los cuadros 4.3 y 4.4 podemos observar que los cuadros medios obtenidos reflejan que existe una alta significancia en cuanto a las concentraciones utilizadas en el desarrollo de la raíz y del tallo estres, es debido a que cada concentración crea

diferentes grados de retención de agua actuando de manera diferente de acuerdo a la presión osmótica ejercida.

Debido a lo anterior, también podemos seleccionar aquella concentración de sacarosa que permita la mayor formación de grupos estadísticamente diferentes y así

42

establecer cual es la concentración óptima en este reactivo para la selección de genotipos que se desarrollen mejor en condiciones limitadas de agua.

Los cuadrados medios de tratamiento en lo que se refiere a la elongación de la raíz muestran que existe una no significativa lo que supone que todos los genotipos son afectados de igual magnitud por las diferentes presiones osmóticas de este reactivo, lo que ocasiona que estadísticamente sean iguales.

En lo que se refiere al desarrollo del tallo observamos que hay una alta significancia entre los genotipos esto es de suponerse debido a que los tratamientos tienen variabilidad genética y el tallo es afectado con el uso de reactivos y concentraciones.

En cuanto a las repeticiones encontramos que existe una no significancia debido a que las condiciones del experimento fueron homogéneas y controladas dentro del laboratorio.

Los cuadrados medios obtenidos de la interacción de concentraciones por tratamiento indican que tanto para el crecimiento de la raíz y el desarrollo del tallo existe una no significancia en ambos casos lo cual indica que todos los tratamientos se comportaron de forma similar bajo este reactivo y concentración debido principalmente a la estabilidad de los genotipos a través de diferentes presiones osmótica de las concentraciones.

43

El coeficiente de variación para el desarrollo de la raíz fue de 52.12% y el del crecimiento del tallo fue de 38.61% consideramos ambos como aceptables debido a la variación entre existente entre los genotipos.

La DMS para la raíz fue de .7392 y para el tallo de .3264.

La prueba de Dunán en cada una de las concentraciones para sacarosa aplicadas tanto a longitud de raíz y longitud del tallo mostró cual fue la concentración óptima para efectuar una selección de genotipos tolerantes a sequía mediante este reactivo.

En cuanto al desarrollo de la raíz se observó que en sacarosa a -5 bars y -10 bars se formaron dos grupos diferentes estadísticamente, mientras que en sacarosa a 7.5 se formaron tres grupos.

En el desarrollo del tallo la prueba de Ducán realizó la clasificación siguiente en sacarosa a -10 bars formó seis grupos, en sacarosa a -7.5 hubo cuatro, mientras que en sacarosa a -5 sólo tres.

De acuerdo a los resultados anteriores la mejor concentración observada fue la de sacarosa a -10 bars ya que entre ambas pruebas tanto de raíz y tallo formó ocho grupos diferentes estadísticamente, como segunda mejor concentración fue la de sacarosa a -7.5 bars la cual formó siete grupos diferentes y por último la de sacarosa a -5 bars de presión formando cinco grupos.

44

Cabe señalar que los valores medios más altos para los parámetros de longitud de raíz y de tallo fueron para sacarosa a una concentración de -5 bars siendo de 6.89 cm y de 2.56 para raíz y tallo respectivamente, mientras que en sacarosa a -7.5 bars se obtuvieron los valores medios más altos de 3.34 cm para raíz y de 2.22 cm para el tallo: para sacarosa a -10 bars los valores medios más altos fueron 1.45 cm para raíz y de 1.97 para el tallo.

Si bien es cierto que se observa en sacarosa a -10 bars los crecimientos más pequeños comparados con sacarosa a -5 y -7.5 bars, también es cierto que a -10 bars tanto el crecimiento de la raíz como del tallo fueron más homogéneos, es decir que la raíz tuvo casi el mismo desarrollo que el tallo en cada genotipo.

Los genotipos que mejor comportamiento mostraron en sacarosa en cualquiera de sus concentraciones fueron los identificados con las letras 0 de origen ANEXP1 , R cuyo origen es C381 y F de Origen VAN -542.

Mientras los que tuvieron un menor desarrollo en cualquier concentración con sacarosa fueron los genotipos J y H cuyos origen son AN-447 y AN1 x AN2 respectivamente.

45

ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO PARA POLIETILENGLICOL

CUADRO 4.5 ANALISIS DE VARIANZA PARA PEG EN LAS TRES CONCENTRACIONES PARA LA LONGITUD DE RAIZ.

CODIGO	FUENTES	GL	SC	CM	FC	PROB.
1	CONCENTRACIÓN	2	638.85	319.427**	38.44	.007
-3	REPETICIONES	3	24.93	8.309		
4	TRATAMIENTOS	17	180.14	10.597**	4.12	.000
5	CONC. X TRAT.	34	140.44	4.13 INS	1.61	.061
-7	ERRPOR	51	131.02	2.569		

C.V. = 29.91%

** SIGNIFICANCIA AL 1%

MEDIA= .4804175

* SIGNIFICANCIA AL 5%

DMS= 1..077

NS NO SIGNIFICANCIA

CUADRO 4.6 ANALISIS DE VARIANZA PARA PEG EN SUS TRES CONCENTRACIONES PARA LA LA LONGITUD DEL TALLO.

CODIGO	FUENTES	GL	SC	CM	FC	PROB
1	CONCENTRACIÓN	2	371.89	185.943**	322.18	.000
-3	REPETICIONES	3	1.73	0.577		
4	TRATAMIENTOS	17	60.81	3.577***	4.96	.000
5	CONC. X TRAT.	34	84.64	2.489**	3.45	.000
-7	ERROR	51	36.81	0.722		

C.V. = 33.92% ** SIGNIFICANCIA AL 1%

MEDIA= .1266155 *SIGNIFICANCIA AL 5%

DMS= .5710 NS NO SIGNIFICANCIA

En los análisis de varianza combinados para raíz y tallo en polientillenglicol en las tres concentraciones evaluadas podemos observar que el cuadrado medio obtenido para concentraciones refleja una alta significancia lo que en este reactivo cada concentración

actúa de diferente manera en la simulación de sequía de tal modo que es posible identificar aquella concentración de polientilenglicol que sea la mejor como seleccionador de genotipos con características de tolerancia a sequía sin importar el comportamiento individual de cada tratamiento (genotipo).

47

En los cuadrados medios de los tratamientos también se observa una alta significancia tanto en el análisis para raíz como para tallo lo que refleja que por lo menos uno es mejor que el resto en cuanto a resistencia a estrés hídrico esto es debido a la variabilidad genética que tienen los genotipos lo que permite seleccionar aquel o aquellos que resulten ser los mejores.

En cuanto a uso de repeticiones encontramos que no existe significancia debido a que el experimento se llevo a cabo bajo condiciones controladas de laboratorio siendo las mismas para cada repetición.

En los cuadrados medios de la interacción de concentraciones por tratamiento si hubo diferencias entre el análisis de varianza de la raíz con respecto al análisis del tallo, para la raíz no existió significancia es decir, que cada genotipo tuvo un comportamiento similar al ser sometido a cada una de las concentraciones, mientras que para el parámetro longitud del tallo si existió alta significancia lo cual infiere un comportamiento diferente de cada genotipo individual en cada concentración.

Es decir el comportamiento de esta característica no es aceptable.

El coeficiente de variación obtenido para el análisis de varianza de la raíz fue de 29.91% mientras que para el del tallo fue de 33.92% ambos aceptables.

48

Las DMS fueron para la raíz de 1.077 y para el tallo de .5710.

Para poder determinar cual fue la mejor concentración utilizada de polietilenglicol se efectuó la prueba de medias de Ducán y se obtuvieron como resultados los siguientes: en cuanto a raíz se refiere se observó que en polietilenglicol -4 bars de presión hubo siete grupos formados, para polietilenglicol a -6 bars se formaron cinco diferentes grupos, mientras para la concentración de polietilenglicol a -2 bars los grupos fueron cuatro.

En lo que al crecimiento del tallo se refiere se observó que en polietilenglicol a -4 bars hubo ocho grupos, para polietilenglicol a -6 bars fueron tres y por último este mismo reactivo pero a una concentración de -2 bars tuvo la formación de sólo dos diferentes grupos.

De acuerdo a los resultados anteriores la concentración que permite una mejor selección es la de polietilenglicol a -4 bars de presión osmótica ya que entre raíz y tallo logró diferenciar a 15 grupos estadísticamente diferentes, también se apreciaron las medias de crecimiento siendo la mejor en esta concentración de 8.65 cm para raíz y 4.40 cm para tallo.

La segunda mejor concentración fue la de polietilenglicol a -6 bars ya que permitió la formación de ocho grupos diferentes entre los parámetros de raíz y tallo sus

49

medias más fueron de 4.25 cm para raíz y de 0.84 cm para tallo y la tercer concentración fue la de polietilenglicol a -2 bars de presión que fue la que formo menos grupos entre parámetros de raíz y tallo siendo las medias más altas de 12.35 cm de raíz y de tallo 8.83 cm .

Aunque las medias más altas en cuanto a raíz y tallo no fueron en la concentración de -4 bars seleccionada como la mejor esta tuvo el desarrollo de raíz y tallo más homogéneo, es decir, que la raíz creció casi al igual que el tallo lo que no logra a observarse en las otras dos concentraciones evaluadas.

Los tratamientos que tuvieron la tendencia a comportarse mejor al ser sometidos en polietilenglicol a cualquier concentración tanto en el desarrollo de su raíz como de su tallo aunque fueron clasificadas en diferente orden debido a su diferencia numérica en las diferentes concentraciones fueron los genotipos E, F, y D cuyos orígenes son AN - 430, VAN -542 y AN-338 respectivamente.

Por otra parte los que reflejaron un pobre desarrollo en polietilenglicol a cualquier concentración fueron los tratamientos identificados con las letras I de origen A993 y el A cuyo origen es VS201.

Al analizar los tres reactivos manitol, sacarosa y polietilenolico en sus tres concentraciones de manera particular nos llevo a la obtención de los siguientes resultados finales: los genotipos que obtuvieron un mejor desarrollo en los tres

50

ambientes y sus respectivas concentraciones fueron los tratamientos identificados con las letras F de origen VAN-542 y R de origen C381.

Los genotipos que tuvieron menor desarrollo en relación con el resto fueron los tratamientos H de origen AN1 x AN2 e I cuyo origen es A993.

CONCLUSIONES

Aunque es posible utilizar los tres reactivos como secuestradores de humedad en la práctica se observó que la sacarosa propicia el crecimiento fungoso por ser carbohidrato rico alimento para los hongos. Las concentraciones utilizadas en esta investigación influyen en el comportamiento de los materiales por lo que se recomienda utilizar aquella concentración que sea óptima.

En el presente trabajo se observó que el manitol es también un buen detector de materiales tolerantes a sequía en dosis de -5 bars, pero la literatura sugiere ser metabolizable por la planta por ser derivado de una azúcar. El polietilenglicol a una dosis de -4 bars es muy buen indicador de materiales tolerantes a sequía además de ser inerte derivado del petróleo.

Las concentraciones manitol a -5 bars y polietilenglicol a -4 bars son las mejores en cuanto a la simulación de sequía en laboratorio.

Se concluye que los genotipos tuvieron diferencias genéticas entre ellas por lo que fue factible identificar aquellos que resultaron más sobresalientes a las condiciones simuladas de sequía.

BIBLIOGRAFIA

Ashton, D. 1973. Breeding for drought resistance in field crops. Agricultural genetics selected tropics. Ed. Rom. Moav. John Willey and Sons. New York, U.S.A.

Alvarez G. 1984. Estimación de parámetros genéticos en un sintético de maíz del Trópico Seco Mexicano. Tesis. Maestría. Especialidad Fitomejoramiento. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México.

Berman B., H. Daniel Ginzo y Alberto Soriano. Ecofisiología del Maíz en el estudio de las relaciones entre la economía del agua y el crecimiento en plantas de maíz con riego y sin riego. México. 1971.

Bermudez C., F.A. Estrada G. y F. Castillo G. 1984. Germinación bajo presión osmótica alta de genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Muech.) Seleccionados en pruebas de campo. Rev. Chapingo 7 (43-44): 117-123. México.

Caroll, J.C. 1945. Effects of drought temperature on turf grasses. Plant. Physiol. 18: 19-36.

Castro Robles, V.M. 1975. Determinación de localidades para la investigación de la resistencia a la sequía en plantas mediante la evaluación de genotipos de maíz. Tesis. M.C. Colegio de Post-Graduados, Chapingo.

Delorit, R.J. y H.L. Ahlgren, 1975. Producción Agrícola. Editorial C.E.C.S.A. México. pp. 52,53,58,83.

Deanmead, O.T., and R.H. Shaw, 1960. The effects of soils moisture stress at different Stages of growth and development and yield of corn. Agron. Jour.

Downey, L.A. 1971. Effect of gypsum and drought stress on maize (*Zea mays* L.) I. Growth, light absorption and yield. Agron. J. 63 : 569.-572

Elsa hookie, M.M. and C.E. Wasson. 1984. Moisture regime and plant density effects on yield, yield efficiency and other agronomic traits on severall hibrids of corn. (*Zea mays* L.). Iraqui. J: Agr. Sci. Zanco. 2 (4) : 29-42.

Empig L.T.; C.D. Gardner and Compton. 1964. Theoretical gains for different population improvement procedures. Nebraska Agric. Exp. Stn. Buld M.

Fairey; M.A. 1980 Hybrid maturity and relative importance of grain and store for the assessment of the forage potential maize genotypes grown in environments Can. J. Plant Sci. :539-545.

Fischer, R.A. et al. 1984. Mejoramiento y selección de maíz tropical para incrementar su resistencia a la sequía. CIMMYT. El Batán México.

Follet, R.F., R. R. Allmaras, and G.A. Reichman. 1974. Distribution of corn roots in sandy soil with a declining water table. Agron. J. 66: 288-292.

García, A.D. 1977. Evaluación de material genético de maíz bajo el sistema riego-sequía.

Giesbrecht, J. 1969. Effect of population and row spacing on the performance of four corn hybrids. Agr. Jour. 61: 439-441.

Hem Ken, R.W. Clark N.A. Georing, H.K. and J.H. Vandersait 1964. Nutritive value of Corn silage as-influenced by grain content. Journal of Dairy Sci 54: 383-389.

Hoffman, W.Y. and S.E. Rantz 1969. What is drought?, Jour. Soil and water c cons. 23: 105-106.

- Howarth, R.E. and R.B. Gopen. 1983. Improvement of forage quality Through production management and plant breeding. *Can. J. Plant Sci.* 63: 895-902.
- Hunter, R.B. 1985. Selecting hybrids for silage maize production- a canadian experience.
- Breeding of silage maize. 13 Th Congres of the Maize and Sorghum section of Eucarpia. Book of Abstracts. P. 15 Wageningen, Netherlands.
- Hunter J.W. Laude, H.H. and Brunsen, A.M. 1936. A method for studying resistance to drought injury in inbred lines of maize *Jour. Amer. Soc. Agron.* 28: 694-698
- Imshenetskii, E.I. 1979. Accumulation of Dry Matter and Crude Protein by plants of Low- and High Protein Forms of maize. *Field Crop Abstract* 32 (2): 107 (En ruso el original, con resumen en inglés).
- Jugenheimer R.W. Maíz. Variedades mejoradas. Métodos de cultivo y producción de semillas. Editorial Limusa, México. 1981. P. 274-284.
- Jurgens, R.R. Johnson and J.S. Boyer 1978. Dry matter production and translocation in maize subjected to drought during grain fill. *Agr. Jour.* 70: 678-682.

- Jurgens, S.K. et. Al. 1976. Effects of water stress an maize photosynthesis and translocation during grain fill. University of Illinois Urbana - Champaign. 68 Th. annual meetings. American Society of Agronomy. Houston, Texas, U.S.A.
- Killen, T.C. and R.H. Andrew 1969. Measurement of drought resistance in Corn. Agron. J. 61: 672-699.
- Kramer, P.M. 1980. Drought stress and origen adaptations in: adaptation of plant to water and high temperature stress (Ed) N.C. Turner and P.J. Kramer, Wiley. New York, U.S.A.
- Laarque, S.A. 1979. El agua en las plantas. Un estudio integral, X Reunión de la Asocaición de Ciencias Agrícolas. Acapulco, México. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Levit. J. S.A. 1951 Frost drought and heat resistance. Ann. Rev. Plant Physiol. 2: 245-268.
- 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 de Maestría. ITESM. Monterrey, N.L. México.

- Macperson, H.G. and J: S. Boyer 1977. Regulation on grain yield by photosintesis in maize subjet to water deficiency. Agron. J.
- May, L.H. and F.L. Milthorpe. 1962. Drought resistance of crop plants, Field crops. Abs. 15: 171-179.
- Maximov, N.A. 1946. Fisiología Vegetal. Editorial ACME. Buenos Aires. República Argentina.
- Montgomery y Kissiback. 1958. Studies in water requeriments of corn. Nebraska, Agr. Exp. Sta. Bull. 128 Vol. 24.
- Morrison, B.F. 1965. Alimentos y alimentación del ganado. (Traducción de J.L. de la Loma. UTHEA, México) Tomo I. P. 418-430.
- Mott, G.G. 1978. Evaluación de la producción de forrajes, Editorial Continental, S.A. México.
- Muñoz, O.A. 1971. La resistencia a la sequía. Seminarios del CIAMEC. Edit. INIA. Oaxtepec, Morelos, México.
- Muñoz, O.A. 1975. Algunas investigaciones sobre resistencia a sequía en Maíz.

Aportaciones del Colegio Post-Graduados de Chapingo al conocimiento del Maíz en México. Tepalcingo, Morelos, México.

Muller Irene, M. and Weaver, J.E. 1952. Relative drought resistance or seedlings of dominant prairi grasses. Ecology 43: 387.

Nuñez, B.A. 1984. El agua en el sistema suelo-planta-atmosfera. CAEVAG-CIANOC - INIA - SARH. Tema didáctico No.17. Durango, Dgo. México.

Pandersen, J.F., F.A. Haskins, H.J. Gorz and R.Briton. 1983. Variability for traits used to estimate silage quality in forage sorghum hybrids. Crop Sci. 23: 376-379.

Parmar, M.T. y R.P. Moore. 1966. Efects of simulated drought by polyethylene glycols solutions on corn (*Zea mays* L) germination and seed ling development. Agron. J. 58: 381-392.

Parrasin, P.R., A. Hoden y M. Journet. 1982. Grass silage and maize silage for dairy cows eastern France. Baulletin Technique Centre de Recherches Zootechniques et Veterinaires de Thiex 1982. 47: 33-36
(C.F. Dairy Sci. Abs. Vol. 45, No. 4516, 1983).

59

Richards, L.A. and Wadleigh, C.H., 1952. Soil water and plant growth. Chap. 3. Soil Physical conditions and plant growth. Academic press inc., New

York.

Rivera, G.M. 1988. Evaluation de metodologías para seleccionar genotipos de maíz tolerantes a sequía. Tesis de Maestría.

Robles, S.R. 1983. Producción de granos y forrajes. Segunda edición. Editorial Limusa. México. pp. 73-76.

Sánchez Monge. E. 1963. Fitogenética. Salvat Editores S.A. Barcelona, España.

Slayter, R.O. 1967. "Plant water relation-ships" Académic Press Inc. New York.

Sneider, H.J. Chemical composition of lay and forge crops. Illionois Agr. Exp. Sta. Bull. 518, 1946.

Sojka, R.E. et. Al. 1981. Seasonal drought response of selected wheat cultivars Agron. 1. 73: 838-844.

Soriano, A. and E. Montaldi, R. 1980. Relaciones Hidricas. Fisiología Vegetal. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, República de Argentina.

60

Stewart, J.I. y R.M. Hagen. 1972. Water Deficits Irrigation Design and Programing. Journal of the Irrigation and Drainage División. Proc. Am. Soc. Of Civil.

Subenko, V.K.H. 1959. The effect of preplanting of seeds drought on the grain harvest of corn in late plantings. *Fisiol. Rastenil (Trar sel)* 6 (3): 341. URSS

Villarreal, F.E. 1973. *Uso y conservación del agua en zonas áridas*, UAAAN Buena-
vista, Saltillo, Coahuila, México.

Wahab, A.H. Talley rand and M.A. Lugo López 1976. Rooting depth, growth and yield of corn as affected by soil water availability in an ultisol and oxisol. *J. Agric. Univ. Puerto Ric.* 60 (3): 316-328.

Weaver, R.J. 1976. *Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura*
Universidad de California Davis, Ed. Trillas. México, D.F.

Williams, T.V., R.S. Shell, and J.F. Ellis. 1967. Methods of measuring drought tolerance in corn. *Crop. Sci.* 7 (3): 179-182.

APENDICE

Comparación de las medias para efecto de manitol a -5 bars de presión sobre la longitud de la raíz.

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACION
R		18.56	A
L		12.93	AB

F	12.25	AB
J	12.18	AB
D	11.70	ABC
K	11.44	ABC
Q	11.41	ABC
O	11.10	ABC
M	11.05	ABC
E	10.55	BC
P	9.65	BC
N	8.85	BC
B	8.75	BC
C	7.60	BC
G	6.65	BC
A	5.95	BC
H	5.75	BC
I	3.90	C

Comparación de las medias para efecto en manitol a -5 bars de presión sobre la longitud del tallo

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACION
R		9.76	A
P		8.93	AB

K	8.14	ABC
Q	8.13	ABC
M	7.65	ABCD
J	7.55	ABCD
O	7.20	ABCD
F	7.20	ABCD
N	6.95	ABCD
D	6.65	ABCD
L	5.50	ABCD
E	4.95	ABCD
G	4.85	BCD
H	4.55	BCD
B	4.45	BCD
A	4.15	BCD
C	4.00	CD
I	3.20	D

Comparación de medias para efecto de manitol a -7.5 bars de presión sobre la longitud de la raíz.

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACION
C		7.27	A
D		7.04	A
B		6.88	A

K	6.21	A
O	6.15	A
F	6.11	A
P	5.97	A
R	5.80	A
G	5.58	A
M	5.35	A
E	5.31	A
Q	5.06	A
N	5.05	A
J	4.79	A
I	4.74	A
L	4.63	A
H	4.00	A
A	4.00	A

Comparación de medias en manitol a -7.5 bars de presión para la longitud del tallo

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACION
P		5.21	A
J		5.14	A
F		4.78	AB
A		4.42	AB
Q		4.16	ABC

K	3.91	ABC
E	3.88	ABC
D	3.87	ABC
G	3.47	ABCD
C	3.42	ABCD
B	2.86	ABCD
H	2.77	ABCD
I	2.71	ABCD
R	2.68	ABCD
M	2.60	ABCD
O	2.10	BCD
N	1.30	CD
L	.73	D

Clasificación de las medias en mantiol a -10 bars de presión para longitud de la raíz.

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACION
B		5.53	A
A		4.99	AB
D		4.90	AB
H		4.56	ABC
N		4.08	ABC
E		4.06	ABC

R	3.97	ABC
I	3.87	ABC
F	3.85	ABC
O	3.73	ABC
C	3.63	ABC
M	3.30	ABC
Q	3.02	ABC
P	2.39	BC
L	2.32	BC
G	2.23	BC
K	1.64	C
J	1.63	C

Clasificación de las medias de manitol a -10 bars de presión para la longitud del tallo.

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACION
J		1.88	A
I		1.84	A
A		1.82	A
D		1.81	A
C		1.75	AB
G		1.47	ABC
E		1.41	ABC

H	1.35	ABC
B	1.30	ABC
M	1.22	ABC
P	1.03	ABC
F	0.93	ABC
N	0.70	ABC
O	0.63	ABC
R	0.60	ABC
Q	0.52	ABC
K	0.20	BC
L	0.06	C

Clasificación de las medias en sacarosa a -5 bars de presión para longitud de la raíz.

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACION
R		6.89	A
B		4.67	AB
C		3.69	AB
O		3.55	AB
Q		2.91	AB
D		2.86	AB
L		2.86	AB
F		2.80	AB

E	2.69	AB
I	2.63	B
A	2.61	B
J	2.58	B
N	2.52	B
P	2.44	B
G	2.41	B
M	2.33	B
K	2.20	B
H	1.55	B

Clasificación de las medias en sacarosa -5 bars de presión para la longitud del tallo.

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACION
R		2.56	A
A		2.48	AB
O		4.41	AB
E		2.06	ABC
Q		2.01	ABC
P		2.00	ABC
K		1.95	ABC
F		1.95	ABC
G		1.87	ABC
C		1.86	ABC

L	1.65	ABC
M	1.61	ABC
N	1.52	ABC
D	1.38	ABC
B	1.26	ABC
J	1.00	BC
H	0.98	BC
I	0.61	C

Clasificación de las medias en sacarosa a -7.5 bars de presión para longitud de la raíz.

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACION
B		3.34	A
R		2.80	BC
C		2.80	BC
D		2.64	BC
M		2.57	BC
K		2.50	BC
P		2.49	BC
N		2.41	BC
O		2.30	BC
Q		2.30	BC

E	2.13	BC
L	2.11	BC
H	2.05	BC
F	2.01	BC
I	1.88	BC
G	1.86	BC
J	1.70	C
A	1.43	C

Clasificación de las medias en sacarosa a -7.5 bars de presión para la longitud del tallo.

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACION
K		2.22	A
F		1.91	AB
P		1.88	AB
L		1.77	AB
R		1.70	ABC
Q		1.56	ABCD
G		1.47	ABCD
O		1.36	ABCD
H		1.23	ABCD
J		1.22	ABCD
I		1.12	ABCD

E	1.11	ABCD
A	0.90	BCD
N	0.81	BCD
C	0.78	BCD
D	0.61	CD
M	0.58	CD
B	0.51	D

Clasificación de las medias en sacarosa a -10 bars de presión para la longitud de la raíz.

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIAS	CLASIFICACION
C		1.45	A
D		1.40	A
P		1.36	A
F		1.35	A
O		1.29	A
M		1.21	AB
N		1.16	AB
B		1.15	AB
E		1.15	AB
I		1.11	AB
R		1.03	AB
Q		0.89	AB

J	0.83	AB
K	0.74	AB
A	0.70	AB
H	0.55	AB
G	0.40	AB
L	0.15	B

Clasificación de las medias en sacarosa a -10 bars de presión para la longitud del tallo.

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACION
N		1.97	A
O		1.19	B
P		1.15	BC
F		1.05	BCD
C		0.95	BCDE
Q		0.88	BCDE
K		0.83	BCDE
M		0.79	BCDEF
E		0.70	BCDEF
J		0.64	BCDEF
I		0.62	BCDEF
R		0.42	CDEF
B		0.40	DEF

G	0.40	DEF
A	0.40	DEF
D	0.30	EF
H	0.25	EF
L	0.05	F

Clasificación de las medias en poletilenglicol a -2 bars de presión para la longitud de la raíz.

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACION
B		12.35	A
D		10.40	AB
C		10.33	AB
E		10.20	AB
F		10.10	ABC
K		9.90	ABC
G		9.05	ABC
L		8.80	ABC
Q		8.36	ABCD
O		8.20	ABCD
N		8.15	ABCD
H		7.65	ABCD
I		7.10	BCD
R		7.10	BCD

J	5.80	BCD
A	5.20	CD
M	3.55	D

Clasificación de las medias en polietilenglicol a -2 bars de presión para la longitud del tallo.

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACION
F		8.83	A
D		6.65	AB
B		6.65	AB
E		6.40	AB
K		5.90	AB
P		5.85	AB
G		5.56	AB
Q		5.15	AB
H		4.90	AB
I		4.70	AB
C		4.28	AB
O		4.14	AB
A		4.05	AB
J		3.95	AB
N		3.63	AB

L	3.19	B
R	3.06	B
M	1.51	B

Clasificación de las medias en polietilenglicol a -4 bars de presión para longitud de la raíz.

GENOTIPOS	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACION
C		8.65	A
R		7.90	AB
E		7.70	ABC
J		7.30	ABC
F		6.80	ABCD
B		6.68	ABCDE
K		6.41	ABCDEF
Q		6.05	ABCDEF
D		4.42	BCDEFG
J		4.40	BCDEFG
P		4.40	BCDEFG
N		4.25	BCDEFG
O		3.90	CDEFG
G		3.90	CDEFG
A		3.24	DEFG
H		2.90	EFG

M	2.76	FG
I	2.21	G

Clasificación de las medias en polietilenglicol a -4 bars de presión para la longitud del tallo.

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACION
Q		4.40	A
R		3.75	AB
J		3.64	ABC
F		3.27	ABCD
P		2.86	ABCDE
D		2.86	ABCDE
G		2.73	BCDE
M		2.36	BCDEF
B		2.28	BCDEFG
E		2.12	BCDEFGH
K		2.01	CDEFGH
A		1.81	DEFGH
C		1.81	DEFGH
H		1.37	EFGH
N		1.25	EFGH
I		1.03	FGH
L		0.62	GH

O 0.56 H

Clasificación de las medias en polietilenglicol a -6 bars de presión para la longitud de la raíz.

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACION
O		4.25	A
E		4.18	AB
D		3.92	ABC
B		3.80	ABCD
F		3.71	ABCDE
P		3.38	ABCDE
M		3.00	ABCDE
C		2.22	ABCDE
L		1.98	ABCDE
J		1.98	ABCDE
N		1.84	ABCDE
R		1.68	BCDE
I		1.51	CDE
H		1.50	CDE
K		1.46	CDE
G		1.46	CDE
Q		1.31	DE
A		1.25	E

Clasificación de las medias en polietilenglicol a -6 bars de presión para longitud del tallo.

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACION
E		0.84	A
F		0.84	A
G		0.75	A
O		0.74	A
L		0.67	AB
M		0.55	ABC
H		0.49	ABC
P		0.39	ABC
I		0.33	ABC
K		0.33	ABC
R		0.32	ABC
J		0.16	BC
B		0.15	BC
A		0.15	BC
N		0.15	BC
D		0.10	C
Q		0.05	C
C		0.00	C

