



7
2 es
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**"EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA
GERMINACION DE LA SEMILLA DE SORGO
(Sorghum bicolor (L) Moench.) CON DIFERENTE
CONTENIDO DE HUMEDAD"**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A :**

ABEL BARRERA JIMENEZ

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MEX.
1989**





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	PAGINA
LISTA DE CUADROS	VIII
LISTA DE FIGURAS	X
RESUMEN	XI
I. INTRODUCCION	1
1.1. Antecedentes	2
1.2. Objetivos	6
1.3. Hipótesis	7
II. REVISION DE LITERATURA	8
2.1. Efecto de la Temperatura y Contenido de Humedad sobre la Germinación y Vigor de Plántula en Sorgo	8
2.2. Efecto de las Condiciones Ambientales sobre la Germinación y Vigor de diferentes Cultivos	11
III. MATERIALES Y METODOS	19
3.1. Localización del Experimento	19
3.2. Material Experimental	19
3.3. Trabajos de Campo	20
3.3.1. Siembra y fecha de siembra	20
3.3.2. Labores culturales	21
- Riegos	21
- Fertilización	22
- Control de malezas	22
- Control de plagas y enfermedades	22

INDICE

	PAGINA
3.4. Cosecha	22
3.5. Trabajos de Laboratorio e Invernadero	23
3.5.1. Determinación del contenido de humedad	23
3.5.2. Tratamientos de frío	25
3.5.3. Pruebas de germinación en invernadero	29
3.6. Toma de Datos	30
- Determinación del porcentaje de germinación	30
- Determinación de materia seca (vigor de plántula)	31
3.7. Análisis Estadístico	31
3.7.1. Comparación de medias	31
IV. RESULTADOS	32
4.1. Evaluación del porcentaje de Germinación y Producción de Materia Seca en tres Genotipos de Sorgo	32
4.1.1. Análisis de varianza	32
4.1.2. Comparación de medias	34
4.2. Porcentaje de Germinación (PG)	34
4.3. Producción de Materia Seca (MS)	35
4.4. Análisis Factorial	41
4.4.1. Influencia del contenido de humedad, temperatura y tiempos de exposición sobre el porcentaje de germinación y producción de materia seca en tres genotipos de sorgo	41
4.4.1.1. Porcentaje de germinación (PG)	41

INDICE

	PAGINA
4.4.1.1.1. Comparación de medias de germinación en tres genotipos de sorgo	41
4.4.1.1.2. Contenido de humedad	44
4.4.1.1.3. Temperatura	44
4.4.1.1.4. Tiempo de exposición	45
4.4.1.2. Producción de materia seca	49
4.4.1.2.1. Comparación de medias de producción de materia seca en tres genotipos de sorgo	49
4.4.1.2.2. Contenido de humedad	51
4.4.1.2.3. Temperatura	51
4.4.1.2.4. Tiempo de exposición	52
V. DISCUSION	57
5.1. Respuesta de la Semilla de tres Genotipos de Sorgo con cuatro Contenidos de Humedad, sometida a cuatro Temperaturas y tres Tiempos de Exposición en cuanto a Porcentaje de Germinación	59
5.2. Respuesta de la Semilla de tres Genotipos de Sorgo con cuatro Contenidos de Humedad, sometida a cuatro Temperaturas y tres Tiempos de Exposición en cuanto a Producción de Materia Seca	61
5.3. Influencia de los Factores Contenido de Humedad, Temperatura y Tiempo de Exposición sobre la variable Porcentaje de Germinación	62
5.3.1. Porcentaje de germinación influido por el factor contenido de humedad	62
5.3.2. Porcentaje de germinación influido por el factor Temperatura	64

INDICE

	PAGINA
5.3.3. Porcentaje de germinación influido por el factor tiempo de exposición a bajas temperaturas	65
5.4. Influencia de los factores Contenido de Humedad, Temperatura y Tiempo de Exposición sobre la variable Producción de Materia Seca	67
5.4.1. Producción de materia seca influida por el factor contenido de humedad	67
5.4.2. Producción de materia seca influida por el factor temperatura	69
5.4.3. Producción de materia seca influida por el factor tiempo de exposición a bajas temperaturas	70
VI. CONCLUSIONES	72
VII. LITERATURA CITADA	74

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Contenido de Humedad y Color de Semilla en tres Genotipos de Sorgo. Montecillos, Méx. 1986	24
2	Tratamientos Resultantes de la Combinación de los Factores bajo Estudio en Laboratorio	26
3	Cuadros Medios y Coeficientes de Variación para Germinación y Producción de Materia Seca en tres Genotipos de Sorgo. Chapingo, Méx. 1986	33
4	Comparación de Medias de P8 de tres Genotipos de Sorgo con cuatro Contenidos de Humedad sometidos a cuatro Temperaturas de 1 a 3 Horas de duración	37
5	Comparación de Medias de Producción de Materia Seca en tres Genotipos de Sorgo con cuatro Contenidos de Humedad sometidos a cuatro Temperaturas de 1 a 3 Horas de duración	39

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
6	Cuadrados Medios y Coeficientes de Variación para Porcentaje de Germinación (PG) obtenidos del Análisis de Varianza Factorial en cada Genotipo, Chapingo, Méx.	42
7	Comparación de Medias de las Fuentes de Variación que Resultaron con Diferencias Significativas para Porcentaje de Germinación en los tres Genotipos de Sorgo	43
8	Cuadrados Medios y Coeficientes de Variación para Producción de Materia Seca obtenidos del Análisis de Varianza Factorial	50
9	Comparación de Medias de las Fuentes de Variación que Resultaron con Diferencias Significativas para la Producción de Materia Seca en tres Genotipos de Sorgo	53

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Efecto del Contenido de Humedad sobre el Porcentaje de Germinación de tres Genotipos de Sorgo	46
2	Efecto de la Temperatura sobre el Porcentaje de Germinación de tres Genotipos de Sorgo	47
3	Efecto del Tiempo de Exposición a Tratamientos de Bajas Temperaturas en tres Genotipos de Sorgo	48
4	Efecto del Contenido de Humedad sobre la Producción de Materia Seca en tres Genotipos de Sorgo	54
5	Efecto de la Temperatura sobre la Producción de Materia Seca en tres Genotipos de Sorgo	55
6	Efecto del Tiempo de Exposición a bajas Temperaturas sobre la Producción de Materia Seca en tres Genotipos de Sorgo	56

RESUMEN

Las condiciones adversas del clima constituyen serias limitantes para el desarrollo de los cultivos que se pretende impulsar en regiones diferentes, a aquellas en las que se han desarrollado, como es el caso del cultivo de Sorgo de origen netamente tropical introducido a Valles Altos.

En la presente investigación se midió el efecto que tienen bajas temperaturas sobre el porcentaje de germinación y producción de materia seca cuando inciden en estados inmaduros de la semilla. Para tal efecto se incluyeron tres genotipos de sorgo VA-110, VA-130 y LP-2518 del programa de sorgo del CAEVAMEX; a los cuales se les aplicó la combinación de tratamientos de cuatro contenidos de humedad (50, 40, 30 y 20%), cuatro temperaturas (-2°, 0°, 2° y 4°C) y tres tiempos de exposición (1, 2 y 3 horas). El diseño experimental fué bloques al azar con cuatro repeticiones.

Con la aplicación de esta metodología se llegó a las siguientes conclusiones:

RESUMEN

- El umbral crítico por arriba del cual empieza a ser notoria la disminución de las variables porcentaje de germinación y producción de materia seca y por debajo del cual no se afectan apreciablemente estas dos variables se encuentra entre 30 y 35% de contenido de humedad en la semilla.
- Las semillas con 50% de contenido de humedad fueron capaces de germinar, en un porcentaje que varía entre 25 y 30%.
- La precocidad de los genotipos influyó la variable porcentaje de germinación, debido a que el genotipo más precoz (LP-2518) obtuvo porcentajes entre 15 y 20% superiores a los genotipos VA-110 y VA-130, que son más tardíos.
- Es posible cosechar la semilla con altos contenidos de humedad 30 - 40% sin que se abatan considerablemente los porcentajes de germinación.
- El factor que influyó determinantemente en las variables porcentaje de germinación y producción de materia seca fué el contenido de humedad en la semilla.

I. INTRODUCCION

La región fisiográfica de México denominada Valles Altos, posee elevaciones superiores a los 1800 msnm y se encuentra comprendiendo partes de los estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas, Querétaro, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Estado de México y San Luis Potosí; en los cuales se consideran 3.2 millones de hectáreas (Romo, 1977); superficie que en su mayor parte se dedica a la agricultura de subsistencia de maíz y frijol, cuyos rendimientos se ven muy limitados por los siguientes factores: suelo delgado muy erosionado, con pendiente de consideración; capa de tepetate poco profunda, a veces aflorando en la superficie; precipitaciones muy escasas y mal distribuidas, menores a 600 mm, que se presentan en la mayoría de los casos en forma de chubascos de corta duración. Por otro lado, también las temperaturas son limitantes al desarrollo de los cultivos en esta región dado que presentan medias entre los 17° y 18°C y con un buen número de días con heladas en el año, ocurriendo algunas veces en forma anticipada en el mes de Septiembre, época en que los cultivos que se desarrollan en esta zona se encuentran en la etapa plena de llenado de grano.

El sorgo se introdujo a México como una alternativa para ser cultivado en aquellas regiones con deficiencias de

INTRODUCCION

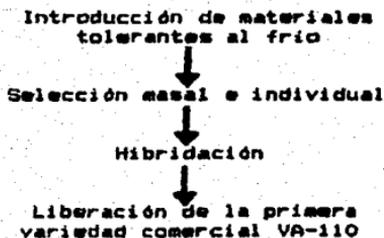
precipitación, en donde los cultivos como maíz y frijol producen bajos rendimientos por hectárea, como lo reporta el CAEVAMEX en el informe del programa de sorgo (1981). Dado que la planta de sorgo posee características morfológicas y fisiológicas que le permiten adaptarse y rendir más en condiciones adversas, tales como requerimientos de la semilla de temperatura entre 11° y 12°C para germinar, y entre 16° y 18°C para su desarrollo vegetativo satisfactorio, aunque la temperatura óptima sea de 33° a 34°C; resistencia a sequía debido a un sistema radical mucho más extenso en comparación con el maíz, lo que le permite aprovechar mayor cantidad de agua durante las lluvias, además de una menor altura y un mayor número de hojas que sombrean el suelo evitando la pérdida de agua por evaporación; el sorgo también puede regular su transpiración ya que en periodos de sequía, las hojas de la planta se enrollan alrededor del nervio central reduciendo la superficie de transpiración. Cuando se tienen buenas condiciones de humedad durante la floración y el llenado de grano, el maíz responde mejor que el sorgo, pero cuando predominan condiciones de escasez de humedad, el sorgo es más eficiente y produce mayor rendimiento.

1.1. Antecedentes

La introducción de nuevos cultivos a zonas ecológicas

ANTECEDENTES

diferentes a aquellas en las que se han desarrollado usualmente, plantea toda una serie de estrategias tendientes a contrarrestar las condiciones que les son evidentemente desfavorables y que los limitan como cultivos comerciales. Tal es el caso de la introducción del cultivo del sorgo (cultivo de origen tropical) en los Valles Altos de México, que son zonas con altitudes superiores a los 1800 msnm y temperaturas bajas promedio de 2° - 3°C que afectan sus etapas fenológicas críticas (germinación y formación de grano). Debido a lo anterior en la década de los sesentas se inician los trabajos de investigación para el mejoramiento genético de este cultivo con el fin de encontrar materiales tolerantes al frío, para lo cual el programa de mejoramiento de sorgo del Campo Agrícola Experimental del Valle de México (CAEVAMEX) elaboró el siguiente esquema de trabajo.



La introducción se realizó con materiales de diversos orígenes, tolerantes al frío; entre los que sobresalieron las

ANTECEDENTES

variedades Nyundo, Mabere y Magune de origen Africano; los cuales se tomaron como progenitores que tienen la desventaja de ser variedades de porte alto y ciclo largo, teniendo que cruzarse con fuentes de precocidad y planta baja (Milo y Hegari) para mejorar sus características agronómicas; este proceso se continuó en base a hibridaciones y selección masal e individual, lográndose en 1982 la liberación de la primera variedad para Valles Altos; la Valles Altos 110 (VA-110).

Además se han realizado algunos trabajos de investigación con el objetivo de observar el efecto que tienen las bajas temperaturas sobre el desarrollo y producción de grano.

Ortiz y Carballo (1972), y Livera y Carballo (1977), encontraron que las bajas temperaturas incidiendo en etapas anteriores a la emergencia de la panoja y al momento de la antesis en el cultivo de sorgo, son las causantes de la "androsterilidad ecológica". Por su parte Livera (1975), menciona que a través de la selección de genotipos precoces, y tolerantes al frío, como las variedades Nyundo y Mabere (Livera y Carballo, 1977), se logró la adaptación del sorgo a los Valles Altos donde hay una alta incidencia de heladas tempranas y tardías, cuyas temperaturas pueden descender en cualquier época del año hasta 2° y 3°C en altitudes superiores a 2350 msnm.

ANTECEDENTES

González (1977), apunta que los genotipos de sorgo tolerantes al frío, presentan fallas en la formación de grano cuando son sembrados a altitudes mayores de 2350 msnm; puesto que al aumentar la altitud de 2050 m a 2640 msnm representa una reducción de 3°C en la temperatura media diaria, lo que ocasiona que se duplique el ciclo biológico y en los genotipos susceptibles al frío, se reduzca la dominancia apical y por tanto se promueva el ahijamiento. Boltero (1981), encuentra concordancia con Livera (1975) y González (1977), en relación a que el efecto de las bajas temperaturas es un carácter cuantitativo en el que están confundidas la tolerancia y el escape.

Por otro lado Corral (1985), encontró que es posible practicar selección por vigor en estado de plántula en genotipos de sorgo tolerantes al frío, ya que en la región de Valles Altos es importante disponer de genotipos que germinen rápido y tengan un establecimiento uniforme, porque las malezas provocan una gran competencia con el sorgo y en algunos casos la pérdida del cultivo.

En el programa de sorgo para Valles Altos se han venido realizando investigaciones para obtener variedades de polinización libre las cuales poseen un alto grado de

ANTECEDENTES

heterogeneidad con respecto a la madurez del grano entre plantas, entre panojas y dentro de la misma panoja. Por lo que es de suponer que el periodo de madurez y las condiciones climáticas prevalecientes afectan en forma distinta a las semillas debido a tales diferencias; considerando entonces a la temperatura como un factor importante, que afecta el desarrollo de la semilla durante el periodo de madurez. A este respecto González (1977), señaló que en los genotipos susceptibles a las bajas temperaturas se reduce la dominancia apical y se promueve el ahijamiento, trayendo en consecuencia que exista una marcada diferencia en lo que a estado de madurez del grano se refiere entre plantas madres e hijas. Para esto el efecto de las bajas temperaturas sobre la fisiología y producto final en el cultivo del sorgo varía dependiendo del estado de madurez en que se encuentre, por lo que es importante desarrollar estudios para identificar la mejor combinación ambiente-desarrollo y lograr así la mayor productividad de este cultivo en Valles Altos.

1.2. Objetivos

Determinar si existen diferencias en germinación y vigor (producción de materia seca) a bajas temperaturas, en semilla de sorgo con diferentes contenidos de humedad.

HIPOTESIS

1.3. Hipótesis

Las bajas temperaturas reducen la germinación de las semillas de sorgo con altos contenidos de humedad.

Las semillas de sorgo con mayor contenido de humedad serán menos capaces para germinar y producir materia seca.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Efecto de la Temperatura y Contenido de Humedad sobre la Germinación y Vigor de Plántula en Sorgo

Robbins y Porter (1946), investigando la influencia que tienen las bajas temperaturas sobre la viabilidad de la semilla de sorgo y soya en diferentes estados de maduración, observaron que la semilla de sorgo con elevado contenido de humedad (50-60%) logró germinar, pero que algunas semillas exhibieron dormancia, fenómeno que fué superado por tratamientos de frío o por continuación de las pruebas de germinación a 20° ó 30°C hasta que las semillas viables germinaron; las semillas de sorgo con un contenido de humedad de 15% no sufrieron ningún daño por temperaturas entre 0.5°C (33°F) y -28.8°C (-20°F), pero que cuando la semilla tenía 22% o más de humedad fué dañada por temperaturas de -28.8°C (-20°F) durante 10 horas.

Carlson y Atkins (1960), estudiando el efecto de las bajas temperaturas sobre la semilla de sorgo de dos variedades (Kafir 60 y Norghum) y dos híbridos (RB 501 y RB 610) con diferente contenido de humedad, encontraron que existe diferencia entre genotipos, nivel de temperatura (-3.3°C, -6.6°C y 10°C), duración del tiempo de exposición a las bajas temperaturas (4, 8, 16, 36 y 72 horas) y contenido de humedad de la semilla (15, 25, 35 y 45%)

REVISIÓN DE LITERATURA

Concluyeron que las semillas con 10-20% de contenido de humedad no redujeron su viabilidad por la exposición a bajas temperaturas, mientras que a 30 y 45% de humedad se redujo su viabilidad considerablemente. Asimismo, Gritton y Atkins (1963 a), utilizando los mismos genotipos, concluyeron que tiempos de media hora de exposición a bajas temperaturas redujeron considerablemente la viabilidad de la semilla; establecieron que el 25% de contenido de humedad es el umbral crítico por debajo del cual la reducción en viabilidad no es apreciable y por arriba del mismo empieza a ser apreciable; mencionan que la emergencia de plántulas no estuvo asociada significativamente con el contenido de humedad en la semilla, temperaturas frías, tiempo de exposición ni genotipos.

Evans y Stickler (1961), comparando dosis de D-manitol (0, 5, 10 y 15 atm) y ácido giberélico (0, 60, 120 y 180 ppm) para determinar su efecto sobre la germinación y desarrollo de plántulas de sorgo de diferente origen, a temperaturas óptimas y subóptimas, encontraron que el origen de la semilla puede tener mucha importancia sobre la germinación, agregando que a 26°C (80°F) el desarrollo de plúmula y radícula fueron mayores comparados con el desarrollo de estos órganos a temperaturas de 16.6°C (62°F).

Kersting *et al.* (1961), realizaron una investigación para determinar peso seco, viabilidad y vigor de plántulas de sorgo híbrido, para lo cual determinaron peso seco varias semanas después de la polinización. Indicaron que el contenido de humedad del grano es afectado por las condiciones ambientales y que las semillas cosechadas después de la polinización no germinaron, pero que las cosechadas 12 a 15 días después de la polinización sí germinaron, aunque se vio reducida la germinación de 6 a 22%. Agregaron que en pruebas de germinación tanto en campo como en invernadero las semillas inmaduras fueron más lentas en emerger en comparación con las semillas maduras.

Gritton y Atkins (1963 b), utilizando 33 variedades de sorgo en todas las posibles combinaciones híbridas entre seis sachos estériles y ocho líneas restauradoras de la fertilidad, aplicaron varios tratamientos de escarificación para tratar de romper la dormancia de la semilla después de dos a tres meses de la cosecha; concluyeron que el tratamiento con diferentes temperaturas fué uno de los mejores métodos para superar dormancia.

Clegg *et al.* (1963), utilizaron un índice de desarrollo (ID) basado en las unidades de calor requeridas al 50% de anthesis para los genotipos de sorgo desarrollados en dos ambientes. Al

encontrar variación genética concluyeron que este índice puede ser utilizado en experimentación sobre bases fisiológicas para mantener las tasas relativas de desarrollo y para la selección de genotipos tolerantes al frío.

Maiti *et al.* (1985), determinaron la germinación, absorción de agua y conductividad eléctrica de semillas lechosas en un grupo de genotipos de sorgo durante el desarrollo del grano; mencionan que hubo un firme incremento en porcentaje medio de germinación a través del curso de llenado de grano a pesar de las diferencias genotípicas significativas. Indican además que algunos genotipos fueron capaces de germinar de 10 a 15 días después de anthesis (estado lechoso) mientras otros pudieron germinar después de 30 a 35 días (formación de capa negra).

2.2. Efecto de las Condiciones Ambientales sobre la Germinación y Vigor de diferentes Cultivos

Harlan y Pope (1922), determinaron que las semillas de cebada generalmente germinan seis días después de la polinización; indicando que existe diferencia varietal en cuanto a germinación y fecha de cortado y en la germinación de los granos de una espiga según su posición y fecha de cosecha, debido a que las espiguillas de la parte central son polinizadas primero y las de las partes laterales uno o dos días después.

REVISIÓN DE LITERATURA

Vincent y Roberts (1977), y Roberts y Benjamín (1979), estudiaron el efecto que tienen la interacción de tres factores importantes (luz, temperatura y concentración de nitratos) en la germinación de varias especies de malezas en su ambiente natural; los resultados mostraron interacciones positivas de los tres factores tanto de segundo como de tercer orden para estimular la germinación, pero que ninguno de los tres factores por sí solo pudo promover la germinación.

Nangju (1977), evaluó el tiempo de cosecha sobre la viabilidad y calidad de la semilla de soya, cosechando cuando el 85% de las vainas estuvieron maduras y después de esta fecha, a intervalos de siete días; estableció que la falla en viabilidad de las semillas se debe a la alta proporción de las semillas cosechadas verdes, así como a la deterioración física (agrietado y anchado) de la semilla. Encontró variabilidad entre genotipos en cuanto a viabilidad conforme a los tiempos de cosecha, señalando además que cada variedad puede tener su tiempo óptimo de cosecha para asegurar una alta calidad y viabilidad de la semilla.

Wiles y Downs (1977), sometiendo a tratamiento de frío (5°C) a semillas de algodón con cubierta o sin ella, después de la imbibición de agua o después de un breve período de

REVISION DE LITERATURA

germinación a 27°C, indican que con períodos interrumpidos de frío el mayor grado de sensibilidad fué observado en las semillas con cubierta, observando una disminución en porcentaje de peso de plántula conforme se alargaron los períodos de frío. Por otro lado concluyeron que las bajas temperaturas pueden retardar la germinación por retardo en el proceso de hidratación.

Gray (1979), tomó semillas de zanahoria provenientes tanto de umbelas primarias como secundarias, encontrando que con incrementos en la temperatura la germinación disminuyó más rápidamente en las semillas de umbelas secundarias. Además señala que el porcentaje de germinación fué más bajo en semillas inmaduras que en maduras a temperaturas menores de 12°C.

Abdalla y Mckelvie (1980), compararon la acción de las bajas temperaturas y el tratamiento con ácido giberélico (GA₃) 500 mg/l sobre la germinación de las semillas de varias especies ornamentales cosechadas frescas; encontraron que tanto el tratamiento con frío como con GA₃ promueven la germinación de todas las especies, pero que el tratamiento con frío fué mejor. Concluyeron que una combinación de bajas temperaturas y GA₃ es mejor para promover la germinación de aquellas especies cuyos requerimientos de germinación no sean conocidos.

REVISION DE LITERATURA

Obendorf *et al.* (1980), cosecharon semillas de soya a intervalos de cuatro días, durante 22 y 58 días después de la floración, las semillas fueron rápidamente secadas y pesadas para posteriormente rehidratarlas y ponerlas a germinar; encontraron que el porcentaje de humedad a máxima acumulación de peso seco fué de 59 a 61% y que las semillas procedentes de vainas cortadas entre 34 y 46 días después de la floración y secadas al aire, incrementaron su capacidad de germinación, mientras que las semillas cosechadas antes de alcanzar la mitad del peso seco acumulado no germinaron. Concluyeron que la capacidad para germinación en soya es desarrollada antes que la semilla alcance el máximo peso seco.

Judd *et al.* (1982), utilizaron vainas de soya en diferentes estados de desarrollo y las expusieron a temperaturas de -2° y -12°C durante 32 horas para determinar la influencia del frío en la viabilidad de las semillas, y encontraron que las semillas en vainas verdes (65% de humedad) no fueron dañadas por temperaturas de -2°C , pero con menor humedad (53%) presentaron reducción significativa en germinación y vigor por exposición durante 8 horas a -7°C ; las semillas de vainas caféas (35% de humedad) tuvieron una germinación reducida por temperaturas de -12°C . Concluyeron que la resistencia de la soya a las bajas temperaturas mantenidas abajo de 0°C cuando la semilla ha

alcanzado la madurez fisiológica también afecta la viabilidad.

Keefe y Moore (1982), comparando la viabilidad de las semillas secas y completamente imbibidas de Pinus silvestris después de que fueron sometidas a temperaturas de -5° a -20°C , con la viabilidad de las semillas colocadas en arena húmeda o hielo para simular estratificación; encontraron que la testa de la semilla es un factor de supervivencia, dado que protege a la semilla de la formación de hielo, en virtud de su estructura microporosa; sugiriendo que la muerte de las semillas congeladas imbibidas se debe a que la formación de hielo en el interior de la semilla daña los tejidos ya que no puede expandir hacia afuera.

Paulsen y Heyne (1983), analizando el efecto de las heladas sobre la producción de trigo de invierno; establecieron que para obtener una buena producción después de una helada depende de tres condiciones: presencia de condiciones extremadamente favorables durante la estación de desarrollo, maduración temprana del cultivo y condiciones favorables extremas durante el llenado de grano después de la helada.

Willing y Leopold (1983), estudiaron la influencia que tienen las bajas temperaturas en la pérdida de solutos a través

REVISION DE LITERATURA

de las membranas de las células de los cotiledones de pepino. Establecieron que las bajas temperaturas interfieren con la expansión de la membrana por baja elasticidad impidiendo la incorporación de material lipídico dentro de la misma, considerando además que la expansión de los tejidos a bajas temperaturas puede causar lesiones a las membranas celulares, contribuyendo al daño por frío.

Dhawan (1985), involucrando genotipo, estado de desarrollo de la planta y semillas; fertilización y riego, examinó la tolerancia al frío de BRASSICA sp. Indica que el número de semillas aparentemente muertas por el frío o no desarrolladas han sido utilizadas para fijar tolerancias; las semillas en estado temprano de desarrollo y cercanas a la madurez fueron menos dañadas por el frío en comparación con aquellas que se encontraban en un estado intermedio de desarrollo. Encontró diferencia entre genotipos en cuanto al daño por heladas, así como a la ubicación de las silicuas en la planta, siendo las de la parte más baja las que mayor daño tuvieron en comparación con las de la parte alta, involucrando el estado de desarrollo de las vainas.

Salmon y Helm (1985), evaluaron siete triticales y tres trigos de primavera para determinar dormancia en pre y

REVISION DE LITERATURA

post-cosecha. La dormancia de pre-cosecha se evaluó sobre semillas cosechadas una semana antes de la cosecha y germinadas durante 96 horas a 18°C, la dormancia de post-cosecha se determinó en semillas de espigas seleccionadas al azar durante la cosecha y almacenadas durante tres meses a 20° y -20°C; al final de dicho período se pusieron a germinar a 18° y 30°C durante 72 horas. Concluyeron que la germinación a 30°C identificó líneas y cultivares con dormancia, la cual no se expresó a 18°C.

McDonald y Moore (citados por Corral 1985), mencionan que la prueba de frío es ampliamente utilizada en maíz pero que ha sido muy criticada por la dificultad en la repetibilidad de las condiciones usadas.

Corral (1985), menciona que la prueba de frío consiste en someter semillas a temperaturas de 9° y 10°C durante un período de tiempo específico y enseguida de los tratamientos se colocan a germinar en condiciones favorables, para finalmente evaluar el vigor mediante el porcentaje de germinación, longitud de plúmula peso seco o peso fresco.

Nijenstein (1985), menciona que el tipo de suelo y el contenido de humedad del mismo afectan el porcentaje de germinación durante la prueba de frío, y que el vigor de las

REVISION DE LITERATURA

plántulas disminuyó conforme se incrementó la prueba de frío; encontró además que los hongos y otros factores bióticos pueden tener un importante papel durante la prueba de frío.

Loeffler *et al.* (1985), utilizando dos pruebas de frío para detectar daños sufridos por las semillas durante el secado, encontraron que las que contenían 50, 35 y 25% de humedad resultaron dañadas, además de que encontraron variaciones inexplicables cuando incluyeron tierra en las toallas húmedas. También mencionan que existieron variaciones significativas en los porcentajes de germinación de semillas con medio y alto contenido de humedad cuando fueron secadas a altas temperaturas.

Sinuwade *et al.* (1987), mencionan que en pruebas de germinación con semillas de remolacha azucarera, las cosechadas 20 días después de antesis lograron germinar, pero que las cosechadas 39 días después de antesis no registraron ningún incremento significativo en el porcentaje de germinación.

Mugnisjah y Nakamura (1986), mencionan que en la cosecha retrasada de semilla de soya puede ocasionar una pobre germinación o poco vigor en las plántulas.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del Experimento

La investigación se desarrolló en el Campo Agrícola Experimental del "Valle de México" (CAEVAMEX), dependiente del Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP). El CAEVAMEX se localiza en Chapingo, Méx. a una latitud Norte de 19° 29', longitud Oeste de 98° 53' y a una altitud de 2240 msnm. De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1973); el clima de la región corresponde a un C(Mo) (w) b (1') g; templado subhúmedo, el más seco de los subhúmedos con verano fresco y largo con poca oscilación térmica a lo largo del año; con una precipitación promedio de 644.8 mm, temperatura media anual de 15°C. El periodo de sequía intrasestival se presenta a fines de Julio y principios de Agosto.

3.2. Material Experimental

El material genético que se utilizó para el estudio fueron tres genotipos sobresalientes del Programa de Sorgo, adaptados para las condiciones de Valles Altos: las variedades Valles Altos 110 (VA-110), Valles Altos 130 (VA-130) y la línea precoz 2518 (LP-2518). La VA-110 se originó del cruzamiento entre las

MATERIALES Y METODOS

variedades Nyundo y Milo, y una retrocruza hacia Nyundo; posteriormente en la generación F_2 se realizó una selección individual y finalmente un ciclo de selección masal; este material ya fué liberado comercialmente teniendo buen rendimiento y buena adaptación para la zona; la VA-130 proviene de la cruce simple entre Nyundo y Milo, posteriormente en F_{12} se realizó selección individual y por último un ciclo de selección masal con el propósito de lograr mayor uniformidad; este material no ha sido liberado comercialmente por problemas de susceptibilidad a Fusarium, presentando buena adaptación y buen rendimiento; la LP-2518 se originó de la cruce de Mabere y Grain grass, posteriormente en la generación F_2 se realizó selección individual y finalmente un ciclo de selección masal, constituyendo un material prometedor por su característica de precocidad.

3.3. Trabajo de Campo

3.3.1. Siembra y fecha de siembra

La siembra se realizó con punta de riego sembrando a "chorrillo" en 10 surcos de 4 metros de largo cada uno y con una separación de 60 cm entre surcos para cada genotipo, teniendo que sólo en la primera fecha se sembraron este número de surcos y en

MATERIALES Y METODOS

las siguientes se redujo el número a dos, por limitaciones de terreno. Se sembraron cuatro fechas de siembra con el propósito de obtener los niveles de humedad requeridos (50, 40, 30 y 20%) al tiempo de cosecha. Las fechas de siembra fueron:

1a. Fecha de siembra, 18 de abril de 1986

2a. Fecha de siembra, 30 de abril de 1986

3a. Fecha de siembra, 8 de Mayo de 1986

4a. Fecha de siembra, 29 de Mayo de 1986

3.3.2. Labores culturales

Riegos. Se dió un riego después de la primera fecha de siembra, el día 24 de Abril, quedando buena humedad para la segunda fecha de siembra; para la tercera fecha de siembra se regó el mismo día con garrafones, y la cuarta fecha de siembra se realizó con excelente humedad del terreno dado que ya se había establecido el temporal. Posteriormente sólo se dió un riego de auxilio durante el período de sequía intraestival en el mes de Agosto.

MATERIALES Y METODOS

Fertilización. Se utilizó la fórmula de fertilización 80-40-0 recomendada para el cultivo de sorgo en los Valles Altos, con las fuentes de Sulfato de Amonio y Superfosfato de Calcio Triple; aplicando la primera mitad del nitrógeno y todo el fósforo durante la siembra y la otra mitad del nitrógeno antes del segundo cultivo.

Control de malezas. El control de malas hierbas se realizó por medio de tratamiento químico y manual, aplicando Gesapria combi con una dosis de 1.5 Kg/ha; los deshierbes manuales se realizaron en los meses de Agosto - Septiembre con azadón, para controlar sobre todo Coquillo (*Cyperus sculentus*), Acahualillo (*Sida sp*) y quelite (*Chenopodium album*) que lograron escapar al tratamiento químico.

Control de plagas y enfermedades. No se llevó a cabo ningún control debido a que no hubo infestaciones de consideración por algún patógeno, o alguna plaga.

3.4. Cosecha

Se hizo una cosecha preliminar como ensayo para determinar el contenido de humedad y el color que presentaban el grano provenientes de las cuatro fechas de siembra; observándose cuatro

MATERIALES Y METODOS

colores: verde (1), verde claro (2), crema (3) y naranja (4) considerando a cada color como diferente grado de maduración.

En la cosecha definitiva se cortaron de 15 a 20 panojas de cada color para cada variedad, haciendo la trilla en forma manual.

3.5. Trabajos de Laboratorio e Invernadero

3.5.1. Determinación del contenido de humedad

La determinación de humedad se realizó en el laboratorio de la Sección de Semillas del Colegio de Postgraduados, tomando 250 granos como muestra de cada grado de maduración, para lo cual se utilizó un determinador electrónico "Steinlite". A las semillas se les eliminaron las glumas con el propósito de obtener lecturas de humedad más confiables, debido a que en la determinación de humedad de la cosecha preliminar se observó variación en las lecturas provenientes de semillas con glumas y sin glumas. En los niveles de humedad obtenidos se permitió una variación de ± 2 a 3% de los requeridos y se presentan en el Cuadro 1

MATERIALES Y METODOS**Cuadro 1 Contenido de Humedad y Color de Semilla en tres Genotipos de Borgo. Montecillos, Méx. 1986**

GENOTIPOS	COLOR DE SEMILLAS	% HUMEDAD	HUMEDAD DESEADA
VA - 110	1	48.0	50%
	2	42.0	40%
	3	31.7	30%
	4	19.5	20%
VA - 130	1	46.8	50%
	2	38.0	40%
	3	27.8	30%
	4	19.5	20%
LP - 2518	1	50.0	50%
	2	41.1	40%
	3	32.0	30%
	4	20.5	20%

1 = verde, 2 = verde claro, 3 = crema, 4 = naranja

MATERIALES Y METODOS

Después de realizar las determinaciones de humedad se tomaron submuestras de aproximadamente 10 gr de semillas, 16 por cada variedad, y se colocaron en vasos de plástico para gelatina, de los más chicos y se rotularon con plumón indicando la humedad de la semilla (50, 40, 30 y 20%), temperatura a la cual fué sometida (-2°, 0°, 2° y 4°C) así como el tiempo de duración (1, 2 y 3 horas).

3.5.2. Tratamientos de frío

Después de las determinaciones de humedad, de cada variedad se obtuvieron 16 muestras de 10 gr cada una, para aplicar los tratamientos de frío. Los tratamientos estuvieron constituidos por cuatro niveles de humedad (50, 40, 30 y 20%), cuatro temperaturas (-2°, 0°, 2° y 4°C) y tres tiempos de exposición (3, 2 y 1 hrs.); agregándose cuatro tratamientos como testigos, tal como se indica en el Cuadro 2.

MATERIALES Y METODOS**Cuadro 2 Tratamientos Resultantes de la Combinación de los Factores bajo Estudio en Laboratorio**

NUMERO DE TRATAMIENTO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE EXP. (Horas)
1	50	-2	1
2	50	-2	2
3	50	-2	3
4	50	0	1
5	50	0	2
6	50	0	3
7	50	2	1
8	50	2	2
9	50	2	3
10	50	4	1
11	50	4	2
12	50	4	3
13	40	-2	1
14	40	-2	2
15	40	-2	3
16	40	0	1
17	40	0	2
18	40	0	3
19	40	2	1

MATERIALES Y METODOS

Continuación del cuadro 2

NUMERO DE TRATAMIENTO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE EXP. (Horas)
20	40	2	2
21	40	2	3
22	40	4	1
23	40	4	2
24	40	4	3
25	30	-2	1
26	30	-2	2
27	30	-2	3
28	30	0	1
29	30	0	2
30	30	0	3
31	30	2	1
32	30	2	2
33	30	2	3
34	30	4	1
35	30	4	2
36	30	4	3
37	20	-2	1
38	20	-2	2

MATERIALES Y METODOS

Continuación del cuadro 2

NUMERO DE TRATAMIENTO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE EXP. (Horas)
39	20	-2	3
40	20	0	1
41	20	0	2
42	20	0	3
43	20	2	1
44	20	2	2
45	20	2	3
46	20	4	1
47	20	4	2
48	20	4	3
49	1	0	0
50	2	0	0
51	3	0	0
52	4	0	0

Cada tratamiento estuvo constituido por 50 semillas que se colocaron en vasos de plástico chicos. Los tratamientos de frío que estuvieron constituidos con temperaturas de 2° y 4°C se aplicaron en una cámara germinadora y los constituidos con temperaturas de 0° y -2°C en un refrigerador casero (IEM). La

colocación de los tratamientos dentro de la cámara germinadora y en el refrigerador fué de tal forma que se permitiera extraer primero los tratamientos constituidos por los tiempos de exposición de una hora y al final los de tres horas. Las temperaturas se estuvieron tomando cada 10 minutos por medio de un termómetro. Después de los tratamientos de frío, las muestras se colocaron en sobres de papel perforados y se expusieron al sol durante un día, para reducir el contenido de humedad de las semillas.

3.5.3. Pruebas de germinación en invernadero

Las pruebas de germinación se llevaron a cabo tres días después de los tratamiento de frío (8 de octubre de 1986), en tres camas de siembra de 2.60 x 1.40 m, del invernadero de entomología del CAEVAMEX, utilizando como sustrato arena de río sin esterilizar.

El diseño experimental utilizado fué el de bloques al azar con cuatro repeticiones, y arreglo factorial de cuatro niveles de humedad, cuatro temperaturas y tres tiempos de exposición, como se aprecia en el Cuadro 2.

MATERIALES Y METODOS

Se tomaron 200 semillas que fueron separadas en grupos de 50 para cada una de las cuatro repeticiones de cada tratamiento por cada variedad. La siembra se realizó a "chorrillo" en hileras de 50 cm teniendo una separación de 2.5 cm entre cada una; las variedades VA-110 y VA-130 se sembraron en la misma fecha dejando para el día siguiente la línea LP-2518; al final de cada repetición fueron sembrados los testigos. Se dieron riegos antes y después de la siembra y posteriormente cada tercer día hasta el final de la prueba; utilizando para tal fin una manguera. Las pruebas de germinación comprendieron del 8 al 22 de Octubre de 1986. Las temperaturas registradas en el invernadero durante las pruebas oscilaron entre 14° y 32°C.

3.6. Toma de Datos

Determinación del porcentaje de germinación. El conteo se realizó a los 15 días, tomando en cuenta sólo plantas emergidas en cada tratamiento; el porcentaje de germinación se determinó bajo la siguiente relación:

$$PG = \frac{\text{PLANTULAS EMERGIDAS}}{\text{NUMERO DE SEMILLAS SEMBRADAS}} \times 100$$

Determinación de materia seca (vigor de plántula). Para cada tratamiento se tomaron al azar cinco plántulas sin raíz (por ser el menor número de plántulas emergidas en algunos tratamientos), se pusieron a secar en una estufa a 70°C durante 12 horas; el peso se obtuvo mediante una balanza electrónica del laboratorio de suelos del CIAMEC; expresando la materia seca como mg/5 plantas.

3.7. Análisis Estadístico

Con los datos de las variables evaluadas se realizaron los análisis de varianza para cada variedad, considerando el total de los cuarenta y ocho tratamientos y cuatro testigos, así como un análisis factorial por variedad considerando los diferentes factores y niveles de variación que se manejaron en el estudio.

3.7.1. Comparación de medias

Para la comparación de medias de los tratamientos se empleo la prueba de rango múltiple de Duncan al nivel de 0.05 de probabilidad de error.

IV. RESULTADOS

4.1. Evaluación del porcentaje de Germinación y Producción de Materia Seca en tres Genotipos de Sorgo

4.1.1. Análisis de varianza

En el Cuadro 3 se presentan los análisis de varianza para las variables Porcentaje de Germinación (PG) y Producción de Materia Seca (MS) expresada en mg/5 plantas. Se puede apreciar que se encuentran diferencias altamente significativas entre tratamientos para ambas variables, y entre repeticiones para MS en los tres genotipos; por otro lado, en el genotipo VA-130 se presentan diferencias significativas debidas a la repetición. En la variable MS se observan los coeficientes de variación más altos. Se puede apreciar que se encuentran diferencias altamente significativas entre tratamientos para las dos variables estudiadas y entre repeticiones para MS en los tres genotipos; por otro lado en el genotipo VA-130 se presentaron diferencias significativas debidas a la repetición.

RESULTADOS

Cuadro 3 Cuadrados Medios y Coeficientes de Variación para Germinación y Producción de Materia Seca en tres Genotipos de Sorgo. Chapingo, 1986

FV	GL	GERMINACION			MATERIA SECA		
		VA-110	VA-130	LP-2518	VA-110	VA-130	LP-2518
TRATAMIENTOS	51	3093.45*	1857.01*	3847.87*	38781.85*	17526.49*	10363.52*
REPETICIONES	3	90.63	171.86*	10.70	77845.85*	308219.71*	40593.73*
ERROR	153	39.53	61.70	20.78	15011.85	7363.58	4892.08
C.V. (%)		9.78	10.86	6.11	29.47	24.17	29.30

*Significativo al nivel de 0.01 de probabilidad

RESULTADOS

4.1.2. Comparación de medias

La comparación de medias que se realizó para las variables PG y MS que resultaron estadísticamente significativas al probar los tratamientos aplicados se presentan en los Cuadros 4 y 5 respectivamente. Es necesario mencionar que los grupos de significancia observados en cada una de las variables se presentan en forma abreviada; de tal forma que cuando aparece a....f, por ejemplo, quiere decir que en el tratamiento intervienen seis grupos a, b, c, d, e, f.

Para facilitar la comparación se enlistan primero los grupos de significancia de la LP-2518 en la cual se obtuvieron los promedios de PG más altos; en relación a MS se enlistan primero los grupos de significancia de la VA-110 en la cual se obtuvieron los promedios más altos.

4.2. Porcentaje de Germinación (PG)

Para esta variable los valores observados son semejantes para los tres genotipos, siendo la VA-110 la que muestra los promedios menores. Es de notarse que los genotipos LP-2518 y VA-130 presentan una tendencia similar, en donde los tratamientos que corresponden a la combinación con los contenidos de humedad

RESULTADOS

menores (20 y 30%) son los que presentan los promedios más altos en porcentaje de germinación, tratamientos 25 al 48, y los tratamientos 1 al 24 que tienen los contenidos de humedad más altos (40 y 50%) presentan los promedios de germinación menores (Cuadro 4). Para el genotipo VA-110 esta tendencia no es clara, para los mismos tratamientos, ya que no se observa el mismo grupo de significancia presentado por los otros dos genotipos; encontrándose tratamientos con altos contenidos de humedad con promedios altos en PG; por ejemplo, los tratamientos 19 (40% de humedad y 28 (30% de humedad) que tienen 91.0 y 87.0 respectivamente; observándose mayor contraste en los grupos de significancia a medida que el contenido de humedad se incrementa en los genotipos VA-110 y VA-130 comparado con los observados para el genotipo LP-2518. También puede observarse que para el genotipo VA-130 los tratamientos con 50% de humedad obtuvieron los promedios más altos de PG comparados con los promedios de PG alcanzados por los tratamientos del nivel de humedad precedente (40%).

4.3. Producción de Materia Seca (MS)

Con respecto a la producción de materia seca la eficiencia de los genotipos fue diferente, observándose en el Cuadro 5 que el VA-110 resultó más eficiente (500 mg/5 plantas), seguido por

RESULTADOS

el VA-130 (400 mg/5 plantas) y el LP-2518 (200 mg/5 plantas), por esta razón el genotipo VA-110 se toma como base comparativa considerando los grupos de significancia marcados por las literales. En el Cuadro 5 se observa que existe una tendencia a incrementar la producción de materia seca conforme disminuye el contenido de humedad en los tratamientos, sin embargo con relación a los genotipos VA-130 y LP-2518 no se observa la misma tendencia, existiendo un contraste marcado entre los grupos de significancia para el mismo tratamiento en estos genotipos; teniendo que por ejemplo el tratamiento marcado con el número 13 (40% de humedad) para el genotipo VA-110 alcanzó una producción de materia seca de 616.7 mg/5 plantas mientras que para los genotipos VA-130 y LP-2518 alcanzaron una producción de MS de 317.2 y 200.0 mg/5 plantas respectivamente. El contraste entre los grupos de significancia es mayor a medida que el contenido de humedad de los tratamientos se incrementa. Los genotipos VA-110 y VA-130 son los mejores en cuanto a la producción de materia seca, observando que la mayoría de los tratamientos son iguales estadísticamente, no así el genotipo LP-2518 que presenta una mayor diferencia significativa entre los tratamientos, como lo indican las literales en el Cuadro 5.

RESULTADOS

Cuadro 4 Comparación de Medias de PG de tres Genotipos de Borgo con cuatro Contenidos de Humedad sometidos a cuatro Temperaturas de 1 a 3 horas de duración

G E N O T I P O S.

TRATAMIENTO	LP-2518	VA-130	VA-110
25	98.5 a	96.0 a	82.0 cd
28	98.5 a	97.5 a	87.0 a..d
46	97.5 a	92.0 a	88.0 a..d
26	97.5 a	94.0 a	82.0 cd
29	97.5 a	92.5 a	81.0 cd
52	97.5 a	94.5 a	91.5 a.c
40	97.0 a	93.5 a	94.0 ab
32	97.0 a	92.5 a	79.0 d
37	97.0 a	93.5 a	91.5 a.c
30	96.5 a	92.5 a	83.5 bc
42	96.5 a	96.0 a	81.5 a..d
45	96.5 a	95.5 a	91.0 a.c
35	96.5 a	93.5 a	80.0 d
44	96.5 a	94.0 a	91.0 a.c
38	96.0 a	92.0 a	88.5 a..d
43	96.0 a	93.5 a	95.0 a
33	95.5 a	87.0 a	79.0 d
51	95.5 a	85.5 a	85.5 a..d
32	95.0 a	93.0 a	91.0 a.c
27	94.5 a	95.5 a	81.5 cd
47	94.5 a	92.5 a	92.5 ab
41	94.5 a	94.5 a	94.0 ab
48	94.5 a	93.0 a	93.5 ab
36	94.0 a	88.5 a	87.0 a..d
34	93.5 ab	89.0 a	80.0 d
31	93.0 ac	91.0 a	81.5 cd
22	87.0 b.d	47.5 f..i	54.5 g
19	86.5 c.e	45.0 hi	91.0 a.c
20	86.0 de	46.5 g.i	59.5 e.g
15	85.0 de	41.5 ij	68.0 e
50	85.0 de	41.5 ij	58.0 e.g
21	84.5 de	45.5 g.i	65.5 ef
13	84.0 de	42.0 ij	59.5 e.g

RESULTADOS

Continuación del Cuadro 4

G E N O T I P O S

TRATAMIENTO	LP-251B	VA-130	VA-110
16	82.5 d.f	39.0 j	66.5 ef
14	81.5 d.f	42.5 ij	57.0 fg
17	81.0 d.f	52.0 c.....i	61.5 e.g
23	80.0 d.f	54.5 b.....i	61.5 e.g
24	79.0 ef	48.5 e...i	61.5 e.g
18	76.5 f	41.0 j	59.0 ef
1	43.0 g	57.5 b.....h	23.0 hi
2	42.0 g	61.0 b..e	22.0 hi
12	36.5 g	60.5 b...f	21.5 hi
7	21.5 h	64.5 bc	20.0 hi
8	21.5 h	50.5 d...i	19.5 hi
10	20.5 h	58.5 b....g	16.0 hi
5	20.5 h	62.5 b.d	16.0 hi
49	20.0 h	60.5 b...f	28.0 h
11	18.5 hi	50.5 d....i	21.5 hi
9	16.0 hi	57.5 b....h	18.0 hi
6	14.5 hi	65.5 b	25.0 hi
4	12.5 i	54.5 b.....i	18.5 hi
3	11.5 i	56.0 b.....h	19.5 hi

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente
(Ducan 0.5 de probabilidad).

RESULTADOS

Cuadro 5 Comparación de Medias de Producción de Materia Seca en tres Genotipos de Sorgo con cuatro Contenidos de Humedad sometidas a cuatro Temperaturas de 1 a 3 Horas de duración

GENOTIPOS

TRATAMIENTO	VA-110	VA-130	LP-2518
13	616.7 a	317.2 b.....i	200.0 c....h
51	584.7 ab	301.2 d....i	342.5 ab
52	579.0 a.c	351.0 a.....h	357.2 a
36	572.2 a..d	386.5 a.....g	278.5 a....f
35	563.2 a..d	406.0 a....e	308.0 a..d
25	533.5 a....e	439.0 a..d	245.5 a.....h
46	516.7 a....f	305.2 c.....i	253.0 a.....h
28	516.0 a....f	424.2 a....e	295.2 a....e
16	508.5 a.....g	346.0 a.....h	301.5 a....e
27	503.7 a.....g	438.0 a..d	254.5 a.....h
31	503.5 a.....g	350.0 a.....h	188.5 d....h
29	491.0 a.....h	437.2 a..d	246.7 a.....h
30	486.0 a.....h	378.5 a.....h	187.7 d....
43	473.0 a.....i	456.0 a.c	254.7 a.....h
32	472.2 a.....i	370.7 a.....h	260.5 a.....g
34	463.0 a.....i	438.7 a..d	276.7 a....f
21	459.0 a.....i	240.2 gh	233.0 b....h
45	458.5 a.....i	312.2 bc.....i	314.7 bc
33	451.7 a.....i	404.2 a....e	245.2 a.....h
14	449.5 a.....j	235.2 g.i	234.7 a.....h
15	445.7 a.....j	370.0 a.....h	263.7 a.....g
44	444.0 a.....j	324.5 b.....i	307.0 a..d
39	432.2 a.....j	421.0 a.....i	307.0 a..d
42	431.7 a.....k	413.7 a....e	294.2 a....e
37	430.0 a.....k	375.7 a.....h	308.7 a..d
40	429.0 a.....k	409.7 a....e	263.5 a.....g
17	422.7 a.....k	377.7 a.....h	179.0 e..h
4	422.2 a.....k	305.7 c.....i	204.0 c....h
47	419.0 a.....k	380.7 a.....h	255.7 a.....h
38	419.0 a.....k	425.2 a.....g	193.0 c....h
23	417.2 a.....k	302.7 b.....i	191.2 c....h
48	409.5 a.....k	311.0 b.....i	239.0 a.....h
41	398.7 b.....k	413.5 a....e	243.2 a.....h
26	393.0 b.....k	490.5 a	215.7 c....h

RESULTADOS

Continuación cuadro 5

GENOTIPOS

TRATAMIENTO	VA-110	VA-130	LP-2518
50	388.0 b.....k	230.2 hi	274.7 a.....g
24	369.2 b.....k	302.2 d...i	245.2 a.....h
18	362.7 c.....k	282.0 e...i	203.7 c...h
11	358.7 d.....k	325.7 b.....i	201.2 c...h
5	356.7 d.....k	406.7 a...e	179.2 e..h
19	355.2 d.....k	310.5 b.....i	228.5 b.....h
1	329.5 e.....k	379.7 a.....h	218.0 c.....h
7	328.0 e.....k	345.2 a.....h	169.7 f.h-
3	301.0 f....k	319.5 b.....i	151.7 gh
22	291.7 g...k	316.0 bc.....i	208.0 c.....h
6	278.5 h..k	288.7 d...i	186.0 d..h
20	278.0 h..k	250.0 f..i	235.0 b.....h
10	268.2 i.k	316.5 b.....i	169.7 f.h
9	263.5 i.k	355.0 a.....h	134.7 h
8	258.5 i.k	324.7 b.....i	197.7 c.....h
49	255.5 i.k	189.7 i	154.7 f.h
2	233.7 jk	459.5 ab	230.7 b.....h
12	212.7 k	394.7 a....f	278.7 a....f

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente
(Ducan 0.5 de probabilidad).

RESULTADOS

4.4. Análisis Factorial

4.4.1. Influencia del contenido de humedad, temperatura y tiempos de exposición sobre el porcentaje de germinación y producción de materia seca en tres genotipos de sorgo

4.4.1.1. Porcentaje de germinación (PG)

Para esta variable (Cuadro 6) se presentan los cuadrados medios y el coeficiente de variación del análisis de varianza factorial, en el cual se puede apreciar que existen diferencias altamente significativas para el factor contenido de humedad en los tres genotipos y para los factores temperatura y tiempo de exposición únicamente para el genotipo LP-2518; para este genotipo se observan interacciones altamente significativas entre contenido de humedad y temperatura, temperatura y tiempo de exposición y para la interacción entre los tres factores. Para los genotipos VA-110 y VA-130 no se encontraron interacciones significativas.

4.4.1.1.1. Comparación de medias de germinación en tres genotipos de sorgo.

La aplicación de la prueba de rango múltiple de Duncan a los resultados de germinación influidos por cada factor bajo estudio (Contenido de Humedad, Temperatura y Tiempo) presenta

RESULTADOS

variación en la respuesta de los genotipos; siendo que el contenido de humedad en la semilla fué el factor que más influyó en el PG de los mismos, como lo señalan las diferencias significativas existentes entre los niveles de humedad (Cuadro 7) para cada uno de los genotipos

Cuadro 6 Cuadrados Medios y Coeficientes de Variación para Porcentaje de Germinación (PG) obtenidos del Análisis de Varianza Factorial en cada genotipo, Chapingo, Méx.

CUADRADOS MEDIOS				
Fuentes de Variación	GL	LP-2518	VA-130	VA-110
Repeticiones	3	10.7	171.86	90.63
Contenido de Humedad	3	63364.15*	30653.09*	391746.10*
Temperatura	3	187.1 *	42.26	55.53
Tiempo de Exposición	2	125.45*	35.79	97.45
Cont. de Humedad x Temp.	9	176.8 *	107.6	42.13
Cont. de Humedad x Tiempo	6	52.03	109.8	73.21
Temperatura x Tiempo de Exp.	6	119.01*	24.23	55.03
Cont. de Hum. x Temp. x Tiempo	18	149.6 *	43.0	35.86
Error	47	67.65	200.95	128.07
C.V. %		6.11	10.86	9.78

* Significativas al nivel de 0.01

RESULTADOS

Cuadro 7 Comparación de Medias de las Fuentes de Variación que Resultaron con Diferencias Significativas para el Porcentaje de Germinación en los tres Genotipos de Sorgo

FACTOR	GENOTIPOS		
Contenido de Humedad (%)	LP-2518	VA-130	VA-110
20	96.0 a	93.65 a	91.69 a
30	96.0 a	91.92 a	82.23 b
40	82.9 b	45.19 b	60.15 c
50	22.9 c	58.42 c	20.65 d
Temperatura (°C)			
Testigo	74.50 b		
-2°	77.12 a		
0°	72.33 b		
2°	74.20 b		
4°	74.30 b		
Tiempo de Exposición (Horas)			
0	74.50 a		
1	75.53 ab		
2	75.06 b		
3	72.90 ab		

Duncan al 0.05 de probabilidad.

RESULTADOS

4.4.1.1.2. Contenido de humedad

En el cuadro anterior sólo se enlistan los valores para el factor y para el genotipo en los cuales hubo diferencia significativa, siendo pues, que en el genotipo LP-2518 existió efecto de los tres factores bajo estudio sobre el PG. En el Cuadro 7 puede observarse que el genotipo VA-110 presenta significancia estadística entre cada contenido de humedad, mientras que en los genotipos VA-130 y LP-2518, los contenidos de humedad de 20 y 30% son estadísticamente iguales, y entre los rangos de 30 - 40% y 40 - 50% existen diferencias significativas. Tanto en el Cuadro 7 como en la Figura 1 se aprecia que el porcentaje de germinación aumenta conforme disminuye el contenido de humedad en la semilla.

4.4.1.1.3. Temperatura

En relación al factor temperatura (incidiendo sobre la variable porcentaje de germinación) en los tres genotipos, la aplicación de la prueba de Duncan al 0.05 señala diferencias significativas entre los tratamientos de bajas temperaturas únicamente para el genotipo LP-2518, mostrando una tendencia ligera en los tres genotipos hacia aumentar el porcentaje de germinación conforme disminuye la temperatura, como puede

RESULTADOS

apreciarse en el Cuadro 5 y en la Figura 2, donde se observa también que el tratamiento con menor temperatura alcanzó los valores promedios más altos en porcentaje de germinación, incluso superior al testigo en el caso de los genotipos VA-130 y LP-2518.

4.4.1.1.4. Tiempo de exposición

Respecto al factor tiempo de exposición a los tratamientos de baja temperatura, la aplicación de la prueba de rango múltiple de Duncan muestra que sólo existieron diferencias significativas entre los tratamientos para el genotipo LP-2518, como puede apreciarse en el Cuadro 7 y en la Figura 3; donde también se observa que el testigo alcanzó mayor porcentaje de germinación comparado con los tratamientos.

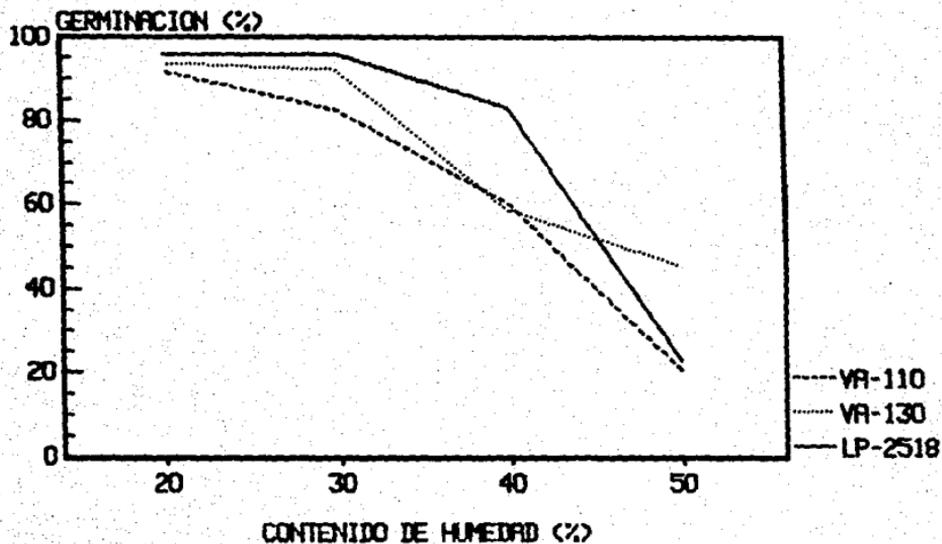


Figura 1 Efecto del Contenido de Humedad sobre el Porcentaje de Germinación de tres Genotipos de Borgo.

RESULTADOS

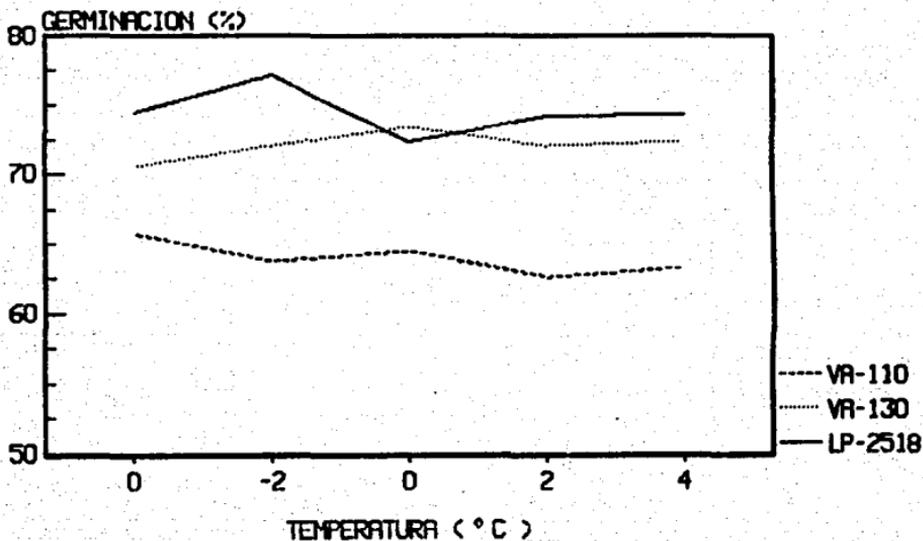


Figura 2 Efecto de la Temperatura sobre el Porcentaje de Germinación de tres Genotipos de Borgo.

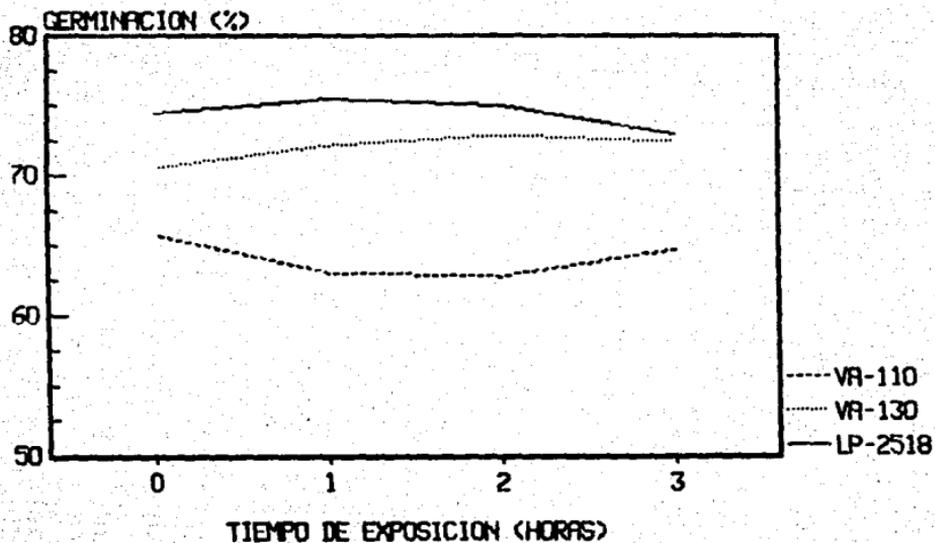


Figura 3 Efecto del Tiempo de Exposición a Tratamientos de Bajas Temperaturas en tres Genotipos de Sorgo.

4.4.1.2. Producción de materia seca

Para esta variable se presentan los cuadrados medios y el coeficiente de variación del análisis de varianza factorial en los tres genotipos de sorgo (Cuadro 8); en donde se observa que existen diferencias significativas en cuanto a repeticiones y contenidos de humedad en los genotipos, existiendo además en el genotipo VA-130 significancia para los factores temperatura y tiempo de exposición, no existiendo significancia estadística para las interacciones de primer y segundo orden en ningún genotipo.

4.4.1.2.1. Comparación de medias de producción de materia seca en tres genotipos de sorgo

La aplicación de la prueba de rango múltiple de Duncan al 0.05, a los resultados de producción de materia seca de los tratamientos influidos por cada factor bajo estudio en los tres genotipos, muestra que existen diferencias significativas para los tres factores en los genotipos LP-251B y VA-130, no así en el VA-110, donde sólo existió diferencia significativa para el contenido de humedad en la semilla, como se observa en el Cuadro 9.

RESULTADOS

Cuadro 8 Cuadrados Medios y Coeficientes de Variación para Producción de Materia Seca obtenidos del Análisis de Varianza Factorial

CUADRADOS MEDIOS				
Fuentes de variación	GL	VA-110	VA-130	LP-2518
Repeticiones	3	77895.85*	306214.71*	40593.73*
Contenido de Humedad	3	391746.1*	111256.21*	71858.13*
Temperatura	3	17840.23	70443.4 *	12229.96
Tiempo de Exposición	2	39061.92	71856.35*	17815.53
Cont. de Humedad x Temp.	9	33804.7	10535.73	9935.57
Cont. de Humedad x Tiempo	6	19630.98	9881.06	10226.30
Temperatura x Tiempo de Exp.	6	18857.91	000.00	3502.9
Cont. de Hum. x Tem. x Tiempo	18	7545.4	7299.67	3824.93
Error	47	48868.37	23970.82	15925.30
C.V. %		29.47	24.17	29.30

* Significativas al nivel de 0.01

Los testigos tuvieron un comportamiento superior a los tratamientos sólo en el caso del genotipo LP-2518 como puede apreciarse en el Cuadro 9. Las literales nos señalan que hubo una mayor diferencia significativa en cuanto a la producción de materia seca influido por el contenido de humedad en la semilla,

RESULTADOS

aunque no existe una tendencia ordenada, de acuerdo al contenido de humedad.

4.4.1.2.2. Contenido de humedad

La variable producción de materia seca resultó con mayor diferencia significativa cuando es influida por el contenido de humedad en la semilla, tal como lo indican las literales en el Cuadro 9; así las semillas con menor porcentaje de humedad (20 y 30%) fueron superiores a aquellas con contenido de humedad altos (40 y 50%). La variedad VA-110 fué superior a los otros dos genotipos en cuanto a la producción de materia seca, obteniendo valores máximos de 502.62 mg/5 plantas en comparación con el genotipo LP-2518 que fué el que obtuvo los valores más bajos (276.25 mg/5 plantas), como puede apreciarse en el Cuadro 9 y en la Figura 4.

4.4.1.2.3. Temperatura

La influencia de este factor en la producción de materia seca puede observarse en el Cuadro 9, existiendo diferencias significativas entre los valores promedio de los tratamientos para los genotipos LP-2518 y VA-130; en estos mismos genotipos puede observarse en el Cuadro 9 y en la Figura 5 una tendencia a

RESULTADOS

aumentar la producción de materia seca conforme a los tratamientos de frío, siendo más clara en los genotipos VA-110 y VA-130; sin embargo ésta tendió a incrementarse conforme aumentó la temperatura.

4.4.1.2.4. Tiempo de exposición

El tiempo de exposición a las bajas temperaturas únicamente mostró diferencias significativas para los genotipos VA-130 y LP-2518 como puede observarse en el Cuadro 9 en donde también puede apreciarse que sólo el testigo perteneciente al genotipo LP-2518 tuvo un comportamiento superior a los tratamientos, los cuales fueron estadísticamente iguales, señalado por las literales, al aplicar la prueba de Duncan al 0.05

En la Figura 6 puede apreciarse una ligera tendencia a disminuir la producción de materia seca producida conforme aumenta el tiempo de exposición según lo presentan los genotipos VA-110 y LP-2518, aunque a partir del tercer tratamiento (3 Horas de exposición) se observa una tendencia inversa.

RESULTADOS

Cuadro 9 Comparación de Medias de las Fuentes de Variación que Resultaron con Diferencias Significativas para la Producción de Materia Seca en tres Genotipos de Sorgo.

FACTOR	GENOTIPOS		
Contenido de Humedad (%)	VA-110	VA-130	LP-2518
20	449.58 b	376.90 a	276.25 a
30	502.62 a	405.00 a	257.35 ab
40	412.65 b	298.48 c	230.65 b
50	297.85 c	339.37 b	190.50 c
Temperatura (°C)			
Testigo		268.06 c	282.30 a
-2°		389.23 a	235.29 b
0°		373.67 b	232.02 b
2°		336.96 b	230.79 b
4°		348.85 ab	242.10 b
Tiempo de Exposición (Horas)			
Testigo		268.06 b	282.31 a
1		364.73 a	236.50 b
2		370.69 a	229.94 b
3		351.11 a	238.63 b

Duncan al 0.05 de probabilidad.

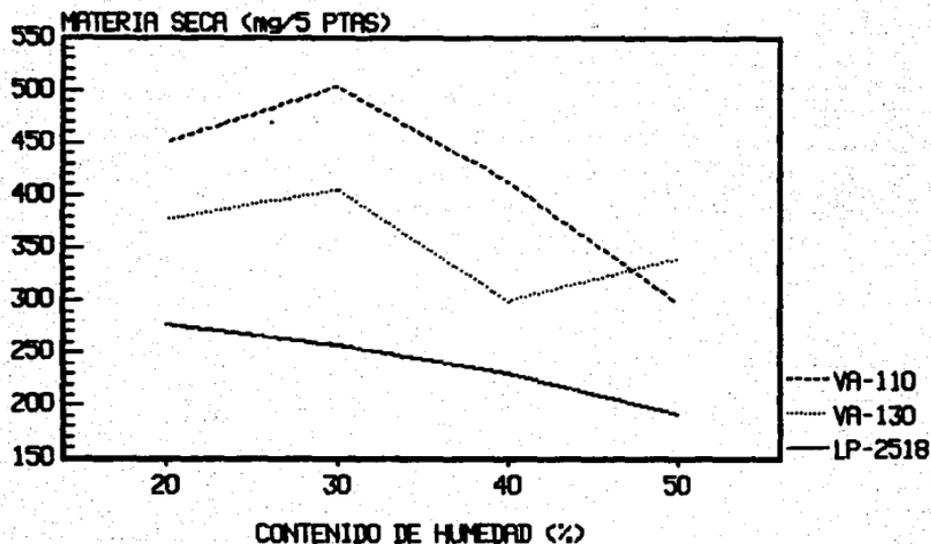


Figura 4 Efecto del Contenido de Humedad sobre la Producción de Materia Seca en tres Genotipos de Sorgo.

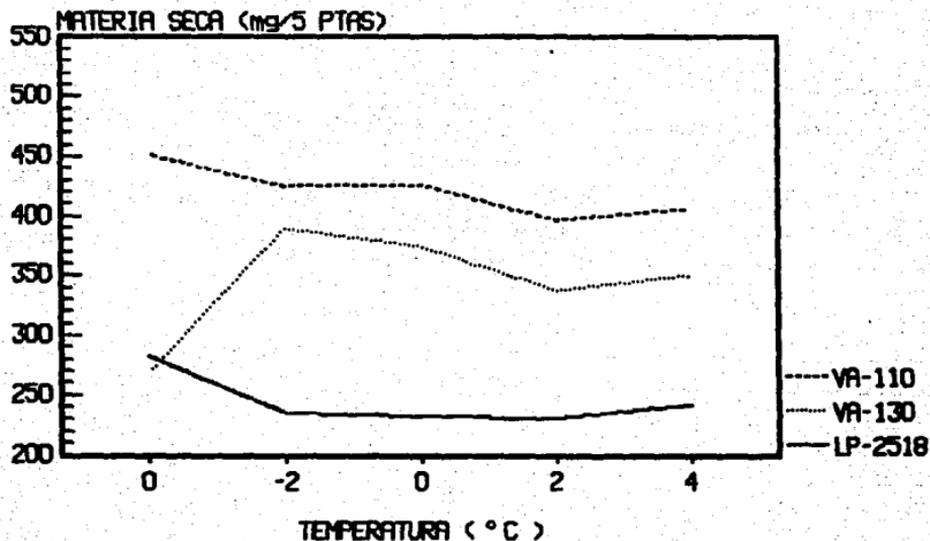


Figura 5 Efecto de la Temperatura sobre la Producción de Materia Seca en tres Genotipos de Borgo

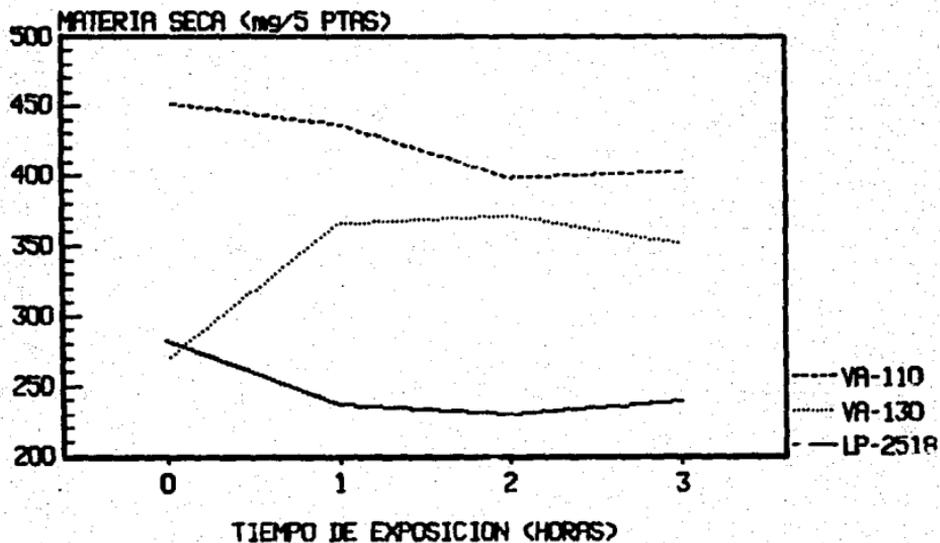


Figura 6 Efecto del Tiempo de Exposición a bajas Temperaturas sobre la Producción de Materia Seca en tres Genotipos de Sorgo

V. DISCUSION

Uno de los objetivos más importantes en la producción de semillas es la obtención de material genético en condiciones fisiológicas óptimas, principalmente en lo que se refiere a la germinación, toda vez que en ocasiones se realiza la cosecha cuando las semillas poseen altos contenidos de humedad. Así las condiciones climáticas prevaletientes en Valles Altos como son las bajas temperaturas y las deficiencias de precipitación constituyen serias limitantes para el desarrollo del cultivo del sorgo, las cuales lo afectan severamente en sus etapas fenológicas críticas, por lo que las investigaciones efectuadas en el programa de sorgo del CAEVAMEX están enfocadas hacia la superación de estos problemas tratando de obtener materiales que se adapten a estas regiones y que en realidad sea una alternativa ventajosa para los productores; sólo que la investigación está enfocada hacia la obtención de variedades de polinización libre, las cuales poseen un alto grado de heterogeneidad en lo que a madurez del grano se refiere, tanto entre panojas, en la misma panoja y entre panojas de plantas madres e hijas, por lo que la ocurrencia de una helada es de suponer que influya sobre la condición fisiológica de la semilla, para lo cual Livera (1975), reporta que en Valles Altos puede ocurrir una helada en cualquier época del año; siendo que el productor por la premura de tiempo

DISCUSION

tiene que realizar anticipadamente la cosecha sin tener en consideración que de ahí va a obtener su semilla para la siembra del ciclo siguiente.

En el presente trabajo se tomaron semillas con diferente grado de maduración (contenido de humedad) y se sometieron a pruebas de frío para observar su influencia sobre las variables porcentaje de germinación y producción de materia seca (vigor); el objetivo principal fué evaluar el daño de una helada simulada en laboratorio, pero al no controlarse el factor humedad relativa en los refrigeradores se tuvo sólo el efecto de refrigeración de la semilla, obligando esto a reenfocar el trabajo considerando los resultados como prueba de frío.

Con la finalidad de establecer la influencia de cada uno de los factores bajo estudio se realizó un análisis de varianza, analizando primero los datos de los genotipos y enseguida un análisis factorial; por este motivo la discusión de los resultados del presente trabajo se realizará en este orden.

DISCUSION

5.1. Respuesta de la Semilla de tres Genotipos de Sorgo con cuatro Contenidos de Humedad sometida a cuatro Temperaturas y tres Tiempos de Exposición en cuanto a Porcentaje de Germinación.

En el análisis de varianza realizado con los datos de los tres genotipos de sorgo (VA-110, VA-130 y LP-2518) en el cual las fuentes de variación fueron los tratamientos y las repeticiones se encontró significancia estadística para tratamientos en los tres genotipos en lo que se refiere a PG, lo que indica la influencia de los tratamientos aunque no específicamente cual es el factor que lo causa, para lo cual se discutirá posteriormente en el análisis factorial, sin embargo los datos del genotipo LP-2518 muestran que fué el mejor en tanto que fué el que alcanzó los valores promedio más altos respecto a Porcentaje de Germinación; correspondiendo a los genotipos VA-110 y VA-130 obtener valores promedio de PG más bajos debido posiblemente a que el genotipo LP-2518 llega a la etapa de antesis de 8 a 10 días antes que los genotipos VA-110 y VA-130, lo que le permite alcanzar también primero la madurez fisiológica, estando sus semillas en mejores condiciones de poder germinativo dado que se cosecharon con altos contenidos de humedad.

En relación a esta misma variable, la aplicación de la prueba de rango múltiple de Duncan al 0.05 de probabilidad nos

DISCUSION

señala que los tratamientos de las semillas con los contenidos de humedad más bajos 20 y 30% son los que obtuvieron los promedios más altos en cuanto a Porcentaje de Germinación debido quizá a que estas semillas ya habían alcanzado en su mayoría la madurez fisiológica, pudiendo atribuirse parte de las fallas a la dormancia en la semilla inmadura de sorgo reportada por Britton y Atkins (1963), Robbins y Porter (1946); exhibiendo este fenómeno en forma más marcada el genotipo VA-110.

Es de notarse la apreciable separación en cuanto a porcentaje de germinación entre los contenidos 20 - 30% y 40 - 50% de humedad, correspondiendo éstos a los tratamientos 1 - 24 y 25 - 48 respectivamente, aunque esta tendencia no es muy clara para el genotipo VA-110 debido posiblemente a que posea un mayor grado de heterogeneidad en cuanto a maduración del grano, dentro de la misma panoja y entre panojas, que los otros dos genotipos, pudiendo ser que algunos tratamientos estuvieron compuestos por semillas con mayor o menor contenido de humedad al requerido para un tratamiento específico, sufriendo los efectos de los tratamientos en una forma más o menos severa; por lo que el método utilizado para seleccionar la semilla con el contenido de humedad requerido no fué muy eficiente.

DISCUSION

5.2. Respuesta de la Semilla de tres Genotipos de Sorgo con cuatro Contenidos de Humedad, sometida a cuatro Temperaturas y tres tiempos de Exposición en cuanto a Producción de Materia Seca.

El análisis de varianza realizado con los resultados obtenidos de los tres genotipos (VA-110, VA-130 y LP-2518) en relación a la variable producción de materia seca nos muestra que existió significancia estadística para las repeticiones, situación que nos indica que el diseño de bloques al azar fué adecuado para el experimento. En cuanto al efecto de los tratamientos cabe señalar que pudo haber existido influencia del tamaño de la semilla en función de la cantidad de reservas acumuladas en la misma debido a su tamaño, a lo cual Corral (1985), hace mención en el sentido de que existe una relación directa entre el tamaño de la semilla y el vigor de la plántula originada de la misma; así las semillas grandes darán origen a plántulas vigorosas y las semillas chicas originaran plántulas poco vigorosas; en este sentido, el genotipo LP-2518 que posee el tamaño de semilla más chico, de los tres incluidos en el estudio, fué el menos eficiente en la producción de materia seca, correspondiendo al genotipo VA-110 ser el más eficiente, poseyendo también el tamaño de semilla más grande.

Por otra parte la separación de medias nos muestra que el contenido de humedad en la semilla también influyó la producción

DISCUSION

de materia seca toda vez que los tratamientos en los cuales las semillas tuvieron los contenidos de humedad más bajos (20 y 30%) fueron los que alcanzaron los valores de producción de materia seca más altos, afirmación que se ve más apoyada al aparecer los dos testigos con los contenidos de humedad de 20 y 30% con unos de los valores de producción de materia seca más altos. Esto pone de manifiesto que existen una relación directa entre el contenido de humedad en la semilla (grado de madurez) y la producción de materia seca por parte de la plántula originaria de la misma.

5.3. Influencia de los Factores Contenido de Humedad, Temperatura, Tiempo de Exposición sobre la variable Porcentaje de Germinación

El análisis factorial se realizó utilizando los resultados de tres genotipos en conjunto con la finalidad de poner en claro que factores y sus interacciones fueron los que más influyeron en los resultados de cada variable por separado, para posteriormente discutir la influencia de cada factor sobre el porcentaje de germinación y la producción de materia seca.

5.3.1. Porcentaje de germinación influido por el factor contenido de humedad

La existencia de significancia estadística para el contenido de humedad de la semilla en el análisis de varianza

DISCUSION

factorial muestra que fué el factor que más influyó sobre la variable porcentaje de germinación en los tres genotipos; por tal motivo la separación de medias nos señala que existe una relación inversa entre el contenido de humedad en la semilla y el porcentaje de germinación, es decir a mayor contenido de humedad menor porcentaje de germinación y viceversa, encontrándose una disminución notable entre los contenidos de humedad de 30 y 40% para los tres genotipos, concordando con lo reportado por Kantor (1960) y Rosenov (1962) (citados por Britton, 1963) respecto a que el contenido de humedad crítico para germinación en semillas de sorgo cosechadas con altos contenidos de humedad es de 30 y 35% respectivamente, el mismo Britton (1963), señala como límite crítico el 30% en contenido de humedad. En cuanto a los genotipos la reducción en el PG fué más notable en el genotipo VA-130 que de una media de 91.9 bajó hasta 58.4 para el contenido de humedad entre 30 y 40%; aunque es de notarse que para el contenido de humedad más alto (50%) en este mismo genotipo, que la germinación de las semillas se redujo en un 55% mientras que en los otros dos genotipos la reducción fué de 80%, pudiendo estar involucrado para estos resultados el fenómeno de dormancia en la semilla cosechada fresca tal como lo mencionan Robbins y Porter (1946) (citados por Britton, 1963). Otra posible causa para que se presentaran estos resultados es la posición del grano en la panoja dado que la floración en sorgo se inicia en el ápice de la

DISCUSION

misma lo que traería como consecuencia diferencias en maduración para lo cual Gray (1979), señala que la germinación de las semillas de zanahoria es muy variable según provengan de umbelas primarias o secundarias.

El comportamiento de los genotipos en cuanto al PG señala que el genotipo VA-130 es superior en germinación al VA-110, no concordando con lo reportado por Corral (1985), quien menciona lo contrario.

5.3.2. Porcentaje de germinación influido por el factor temperatura

Los tratamientos de temperatura (prueba de frío) muestran significancia estadística para la variable PG únicamente en el genotipo LP-2518 debido posiblemente a que posee el tamaño de semilla más chica. Cabe señalar que el efecto esperado debido a las bajas temperaturas no se logró por que se trato de simular un efecto de helada; pero no se controló el factor humedad relativa dentro de los refrigeradores, por lo que sólo se obtuvo el efecto de conservar la semilla en cuanto a calidad, por lo tanto los resultados se tomaron como prueba de frío. Sin embargo el efecto de los tratamientos con bajas temperaturas se manifiesta al comparar los valores de PG de un mismo genotipo bajo la influencia de factores diferentes.

DISCUSION

El que los tratamientos con menor temperatura (-2° y 0°C) hayan obtenido los porcentajes de germinación más altos posiblemente se deba a la superación de algún mecanismo de dormancia en la semilla inmadura, según lo obtenido por Robbins y Porter (1946) en sorgo, y Salmon y Helm (1985) con Triticale y trigo; la cual no pudo ser superada por los tratamientos de temperaturas más altas (2° y 4°C). Un efecto que no se consideró fue la influencia de la gluma sobre el efecto del frío en la semilla, dado que Wiles y Downs (1977), mencionan que la semilla de algodón con cubierta es sensitiva a varios períodos de frío y las que no tienen cubierta, a un solo período de frío, para lo que en el presente trabajo los tratamientos de bajas temperaturas se aplicaron a semillas con gluma en su mayor parte sobre todo en los tratamientos con los contenidos de humedad más altos debido a que la semilla en este estado posee muy adherida la gluma.

5.3.3. Porcentaje de germinación influido por el factor tiempo de exposición a bajas temperaturas

El factor tiempo de exposición a bajas temperaturas solo afectó los resultados de PG concernientes al genotipo LP-2518, aunque no con una tendencia consistente dado que el tratamiento de mayor duración (3 horas) fue el que también alcanzó los promedios de PG más altos y el de una hora obtuvo los valores promedio más bajos, correspondiendo al testigo obtener el mejor

DISCUSION

promedio, lo que muestra el efecto de los tratamientos, por lo que probablemente si se aumentara el tiempo de exposición a bajas temperaturas se obtuvieran una tendencia más clara en cuanto a la declinación del porcentaje de germinación. Sin embargo al obtenerse la reducción en el PG entre el 28 y 30% bajo la influencia del factor tiempo de exposición muestra que éste si influye sobre esta variable; siendo la respuesta mucho más clara al comparar los promedios de PG obtenidos bajo la influencia de la temperatura y el tiempo de exposición contra el PG influido por el contenido de humedad en la semilla, lo que no ocurre al comparar los promedios de PG bajo la influencia de los tratamientos de bajas temperaturas y el tiempo de exposición cuyos resultados son similares por lo que sería aconsejable utilizar temperaturas más bajas y aumentar los tiempos de exposición para que se pudiera hacer una diferenciación de respuestas. Sin embargo al obtener una reducción en el PG con los tiempos de exposición utilizados en el presente trabajo, muestra que las bajas temperaturas sí afectan el poder de germinación de la semilla de sorgo cuando ésta posee altos contenidos de humedad (semilla inmadura); a menos que estos resultados se deban a la suspensión del desarrollo normal de la semilla debido al corte en estado inmaduro de la misma y por lo tanto no hubo influencia de los tratamientos, lográndose con ellos, sólo la refrigeración de la semilla y su conservación en términos de tiempo y temperatura.

DISCUSION

5.4. Influencia de los Factores Contenido de Humedad, Temperatura y Tiempo de Exposición sobre la variable Producción de Materia Seca

El análisis factorial realizado con los datos de producción de materia seca, bajo la influencia de los tres factores en estudio y para los tres genotipos incluidos, se encontró significancia estadística para las repeticiones y contenidos de humedad en la semilla, para los tres genotipos y en cuanto al factor temperatura y tiempo de exposición solo para el genotipo VA-130; por lo cual se deduce que el diseño de bloques al azar fué adecuado para evaluar los resultados del presente trabajo, así mismo el factor que más influyó sobre la variable producción de materia seca fué el contenido de humedad en la semilla en lo que respecta a los tres genotipos, siendo además la temperatura y el tiempo de exposición factores que influyeron esta variable en el genotipo VA-130.

5.4.1. Producción de materia seca influida por el factor contenido de humedad

El contenido de humedad en la semilla fué el factor determinante sobre la producción de materia seca de los genotipos teniendo que la semilla con menor contenido de humedad, dió origen a plántulas más eficientes para la producción de materia seca, de tal forma que se presenta una relación inversa entre

DISCUSION

contenido de humedad y producción de materia seca, teniendo que cuando los tratamientos de un contenido de humedad obtuvieron valores más altos que el inmediato fué debido determinadamente al contenido de humedad de la semilla pues como muestra el análisis de varianza, éste fué el factor que más influyó.

Por otro lado el contenido de humedad está estrechamente relacionado con la madurez fisiológica de la semilla por lo que las semillas que han alcanzado dicha etapa están en mejores condiciones de producir plantas más vigorosas; para lo que Carlson y Atkins (1959), reportan que el porcentaje de plántulas débiles se incrementó conforme la semilla de altos contenidos de humedad fué sujeta a tratamientos de frío; siendo que la madurez fisiológica del sorgo es alcanzada cuando el grano posee contenido de humedad entre 20 y 35% de acuerdo a lo reportado por Kersting et al. (1961).

De los genotipos incluidos en el estudio, VA-110 resultó ser el más eficiente en la producción de materia seca, seguido por el VA-130, siendo el LP-2518 el menos eficiente; situación que puede atribuirse al tamaño de la semilla, para lo cual Corral (1985), reporta que los genotipos que poseen semillas de tamaño grande producen plántulas mucho más vigorosas en comparación con las provenientes de aquellas que poseen semilla chica, en función

DISCUSION

del contenido de reservas en la semilla, en el presente trabajo tanto el VA-110 como el VA-130 son de semillas grandes y el LP-2518 posee semillas chicas.

5.4.2. Producción de materia seca influida por el factor temperatura

Con respecto al factor temperatura que incidió sobre esta variable, se muestra la influencia que tuvieron los tratamientos de frío toda vez que las plántulas provenientes de la semilla sometida a 0°C y 2°C fueron los que menor cantidad de materia seca produjeron, aunque esta tendencia no fué consistente debido a que el tratamiento de menor temperatura (-2°C) contrariamente a lo esperado, las plántulas provenientes de éste, obtuvieron los valores más altos de producción de materia seca por lo que cabe la posibilidad de que como los tratamientos de menor temperatura se dieron en un refrigerador casero pudo no haberse mantenido estable la temperatura y por tanto no causar el efecto requerido, causando solo el efecto de refrigeración de la semilla. Estos resultados son aún más discordantes toda vez que en los genotipos en los cuales existió significancia estadística para los tratamientos de temperatura, los testigos presentan un comportamiento contrastante debido a que en el genotipo LP-2518 el testigo alcanzó los valores más altos de producción de materia seca y en el VA-130 el testigo obtuvo los valores más bajos.

DISCUSION

Estos resultados muestran la necesidad de utilizar temperaturas más bajas así como aumentar los tiempos de exposición a las mismas si se quiere tener resultados más explícitos.

5.4.3. Producción de materia seca influida por el factor tiempo de exposición a bajas temperaturas

En relación a los tiempos de exposición a los tratamientos de frío, no existió diferencia significativa entre ellos pero sí se notó una ligera tendencia hacia la disminución en la cantidad de materia seca conforme se aumentó el tiempo de exposición, aunque no es muy marcada por lo que posiblemente si se hubiera aumentado el tiempo de exposición se hubiera presentado una tendencia mucho más clara.

El comportamiento de los testigos es desconcertante porque era de esperarse que obtuvieran producciones de materia seca superiores a los tratamientos, lo que sólo ocurrió para el genotipo LP-2518 mientras que en el VA-130 se tuvieron los valores más bajos y en el VA-110 valores similares a los tratamientos. Estos resultados pueden interpretarse desde el punto de vista de la genética, que existe variación entre los genotipos en cuanto a la tolerancia a bajas temperaturas cuando las semillas poseen altos contenidos de humedad.

DISCUSION

Por otro lado se esperaba que las semillas debido al alto contenido de humedad sufrieran daño debido a la formación de cristales de hielo en el interior de la semilla lo cual no sucedió quizá por lo corto de los tiempos de exposición y a la falta del control de la humedad relativa dentro de los refrigeradores.

VI. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos y a las observaciones realizadas, se llega a las siguientes conclusiones:

- El factor que influyó determinantemente en las variables porcentaje de germinación y producción de materia seca fué el contenido de humedad en la semilla.
- El umbral crítico por arriba del cual empieza a ser notoria la disminución de las variables porcentaje de germinación y producción de materia seca y por debajo del cual no se afectan apreciablemente estas dos variables se encuentra entre 30 y 35% en el contenido de humedad en la semilla.
- Las semillas con 50% de contenido de humedad fueron capaces de germinar, en porcentaje que varía entre 25 y 30%.
- La precocidad de los genotipos influyó la variable porcentaje de germinación, debido a que el genotipo más precoz (LP-2518) obtuvo porcentajes entre 15 y 20% superiores al VA-110 y VA-130, que son más tardíos.

CONCLUSIONES

- Es posible cosechar la semilla con altos contenidos de humedad (30 - 40%) sin que se abatan considerablemente los porcentajes de germinación.

BIBLIOGRAFIA

- Abdalla, S.T. and Mckelvie, A. 1980. The interaction of chilling and Gibberelic acid on the germination of ornamental plants. Seed Sci. and Technol. 8:139-144.
- Baki, A. and Anderson, J. 1973. Vigour determination in soybean seeds by multiple criteria. Crop Sci. 13:630-633.
- Carlson, G.E. and Atkins, R.E. 1960. Effect of freezing temperatures on seed viability and seedling vigour of grain sorghum. Agron. Jour. 52:329-333.
- Cayer, I.C. and Price, H.C. 1981. Sensitivity of pregerminated pepper seed to low temperatures. Jour. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(2):187-189.
- Ching, H.F. et al. 1981. The effect of moisture and temperature on the ultrastructure and viability of seeds of *Mimosa brasiliensis*. Seed Sci. and Technol. 9:411-422.
- Clegg, H.F. et al. 1983. Field evaluation for cool-tolerance in grain sorghum. Crop Sci. 23-26.
- Corral, D.B. 1985. Selección en Sorgo para vigor de plántula y tolerancia al frío en la etapa de germinación. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- Curtis, F.O. and Clark, G.D. 1950. An introduction to plant physiology. Tokio, Japón.
- Dalianis, C.D. 1980. Effect of temperature and seed size on speed germination, seedling elongation and emergence of Berseen and Persian clovers (*Trifolium alexandrinum* and *T. caespitosum*). Seed Sci. and Technol. 8:323-331.
- Dhawan, A.K. 1985. Freezing on oil seeds *BRASSICA SP.* Some factors affecting injury. Jour. Agric. Sci. Camb. 104:513-518.

BIBLIOGRAFIA

- Farmer, R.E. *et al.* 1982. Germination patterns of the sumacs, *Rhus glabra* and *R. copallina*: effects of scarification time, temperature and genotype. *Seed Sci. and Technol.* 10:223-231.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. UNAM. México. 246 p.
- Ginuwade, J.A. *et al.* 1987. The effect of differences in time to maturity on the quality of seed produced by different varieties of sugar beet. *Seed. Sci. and Technol.* 15:135-145.
- Bonzález, H.V.A. 1977. Efecto de la temperatura sobre el desarrollo y el crecimiento del sorgo para grano (*Sorghum bicolor*, Moench.) Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. E.N.A. Chapingo, Méx.
- Gray, D. 1979. The germination response to temperature of carrot Seed from different uabels and times of harvest of the seed crop. *Seed Sci. and Technol.* 7:169-178.
- Gray, D. and Steckel, J.R. 1983. Freezing injury during seed germination its influence on seedling emergence in the onion (*Allium cepa*). *Seed Sci. and Technol.* 11:317-322.
- Britton, T.E. and Atkins, R.E. 1963 (a). Germination of grain sorghum as affected by freezing temperatures. *Agron. Jour.* 55:139-142.
- Britton, T.E. and Atkins, R.E. 1963 (b). Germination of sorghum seed as affected by dormancy. *Agron. Jour.* 55:169-174.
- Harlan, V.H. and Pope, N.M. 1922. The germination of barley seeds harvested at different stages of growth. *Jour. Her.* 13:72-75.
- Judd, R. *et al.* 1982. Effect of freezing temperatures during soybean seed germination on seed quality. *Agron. Jour.* 74:645-650.

BIBLIOGRAFIA

- Keefe, P.D. and Moore, K.G. 1982. Frost damage during stratification: Mechanism and protection in Pinus Sylvestris seed. Seed Sci. and Technol. 10:485-494.
- Kersting, J.F. and Stickler, F.C. 1961. Grain sorghum Caryopsis development. I. Changes in dry weight, moisture percentage and viability. Agron. Jour. 53:36-38
- Livera, M.M. 1979. Adaptación y adaptabilidad de genotipos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench.) tolerantes al frío. Tesis M.C. H.V.A. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- Loeffler, M.L. et al. 1985. Comparison of two cold test procedures for use in maize drying studies. Seed Sci. and Technol. 13:653-658
- Maiti, R.K. et al. 1985. Studies on germinability and some aspects of preharvested physiology of sorghum grain. Seed Sci. and Technol. 13(1):22-35.
- Maluf, W.R. and Titchelaar, E.C. 1982. Relationship between fatty acid composition and low temperature seed germination in tomato. Jour. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(4):620-623.
- Mugnisjah, W.G. and Nakamura, S. 1986. Vigour of soybean seed as influenced by sowing and harvest dates and seed size. Seed Sci. and Technol. 14:87-94
- Nangju, D. 1977. Effect of date of harvest on seed quality and viability of soya beans. Jour. Agric. Sci. Camb. 89:107-112.
- Nijenstein, J. H. 1985. Effects of some factors influencing cold test germination of maize. Seed Sci. and Technol. 14:313-326.
- Obendorf, R.L. et al. 1980. Influence of seed maturation on germinability in soybean. Crop Sci. 20:483-485.

BIBLIOGRAFIA

- Olierenshaw, J.H. and Haycock, R. 1984. Variation in the low temperature growth and frost tolerance of the natural genotypes of Trifolium repens L. from Britain and Norway. Jour. Agric. Sci. Camb. 102:11-21.
- Ortiz, J.A. y Carballo, A. 1972. La problemática del mejoramiento del sorgo de grano para los Valles Altos de México. Anais do I simposio Interamericano de sorgo. Brasília, Brasil. pp.75-85.
- Paulsen, M.G. and Heyne, G.E. 1983. Grain production of Winter Wheat after spring freeze injury. Agron. Jour. 75:705-707.
- Pill, W.G. and Fieldhouse, J. 1982. Emergence of pregerminated tomato seed stored in gels up to twenty day at low temperatures. Jour. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(5):722-725.
- Roberts, E.H. and Benjamin, S.K. 1979. The interaction of light, nitrate and alternating temperature on the germination of Chenopodium album, Capsella bursa-pastoris and Poa annua before and after chilling. Seed Sci. and Technol. 7:379-392.
- Robbins, A.W. and Porter, R.A. 1946. Germinability of sorghum and soybean seed exposed to low temperatures. Jour. Amer. Soc. Agron. 38:905-913.
- Salmon, D.F. and Hela, J.H. 1985. Preharvest and Postharvest dormancy in spring triticale. Agron. Jour. 77:649-652.
- Soltero, D.C. 1981. Efecto del frío sobre el desarrollo del polen en sorgo (Sorghum bicolor, Moench). Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo, Méx.
- Steponkus, L.P. 1978. Advances in Agronomy. Department of Agronomy, Cornell University, Ithaca, New York. 30:51-98.

BIBLIOGRAFIA

- Vincent, E.M. and Roberts, E.H. 1977. The interaction of light, nitrate and alternating temperature in promoting the germination of dormant seed of common weed species. *Seed Sci. and Technol.* 5:659-670.
- Miles, E.L. and Downs, R.J. 1977. Determination of chilling sensitive periods during the germination of cotton seed. *Seed Sci. and Technol.* 5:649-657.
- Willing, R.P. and Leopold, A.C. 1983. Cellular expansion at low temperatures as a cause of membrane lesions. *Plant Physiol.* 71:118-121.