

PRETRATAMIENTO DE LA SEMILLA Y SU EFECTO
SOBRE CARACTERISTICAS DE PLANTULA Y PLANTA
ADULTA EN TRIGO HARINERO *Triticum aestivum*
Y TRIGO DURO *Triticum durum*.

ERNESTO RAUL CARDENAS VALDES

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenvista, Saltillo, Coah.

FEBRERO DE 1980

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar
al grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO


C O M I T E P A R T I C U L A R

Asesor principal:




Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi

Asesor:



M.C. Fernando Borrego Escalante

Asesor:



M.C. Humberto Alvarado Sánchez



Dr. Eleuterio López Pérez
Subdirector de Asuntos de Postgrado

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Febrero de 1989

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por el apoyo brindado para la realización de mis estudios.

Especialmente al Dr. Sathyanarayanaiah Kuruva di por sus valiosos consejos, dirección y conducción del experimento y revisión del escrito de esta tesis.

Al Ing. M.C. Fernando Borrego Escalante, por su cooperación en la revisión de este escrito.

Al Ing. Humberto Alvarado Sánchez, por su colaboración en la revisión de este trabajo.

A la Ing. M.C. Leticia Bustamante García, por sus consejos y decidido apoyo en la conducción de los experimentos de laboratorio y revisión del escrito.

A la Ing. Leticia Ayala López, por su participación en el trabajo de mecanografía.

A mis maestros, compañeros y amigos

DEDICATORIA

A mi esposa e hijo:

María Dolores
y
Ernesto Alejandro

CON AMOR

porque supieron compartir momentos de penuria y alegría para lograr una meta más en nuestra vida.

A mis padres

Ernesto
María Dolores

CON ETERNO CARIÑO

y agradecimiento por los consejos y ejemplos de superación inculcados, que me sirvieron como guía y peldaño para la realización de mis estudios.

A mi abuelita

Petra

CON PROFUNDO CARIÑO

por su apoyo y por guiarme por el camino de la superación.

A mis hermanos

Martha Dolores, Carlos, Luis Felipe, Sergio Alberto y Sonia -
Guadalupe

que me dieron su apoyo en los momentos difíciles, sin esperar nada a cambio

COMPENDIO

Pretratamiento de la Semilla y su Efecto sobre Características de Plántula y Planta Adulta en Trigo Harinero *Triticum aestivum* y Trigo Duro *Triticum durum*

P O R

ERNESTO RAUL CARDENAS VALDES

MAESTRO EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. SEPTIEMBRE DE 1988

Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi, - Asesor -

Palabras clave: Pretratamiento, características de plántula, planta adulta, componentes de rendimiento, porcentaje de germinación, parámetros genéticos, correlaciones.

En la presente investigación se realizaron cuatro diferentes experimentos en los cuales se utilizó semilla tratada con agua y CaCl_2 , de dos genotipos cada especie de trigo harinero y trigo duro, con el objetivo de estudiar el efecto del humedecimiento sobre: componentes del rendimiento y agua perdida en las hojas cortadas bajo temporal, porcentaje de germinación y características de plántula; a nivel laboratorio, sistema radicular, y características agronómicas a nivel invernadero, y el efecto del humedecimiento sobre la germinación de la semilla a diferentes intervalos de almacenamiento.

El análisis de varianza indica diferencias significativas para la mayoría de las características evaluadas en tratamientos y variedades para los experimentos desarrollados - en invernadero y laboratorio. Bajo temporal sólo reportó significancia en variedades para las características peso de 1000 granos, longitud de espiga, tallos por metro lineal, altura de planta y agua perdida en las hojas cortadas. Se identificó la variedad Pavón con altos valores en los componentes de rendimiento. Los genotipos Carcamoun "S" y Anáhuac retienen más agua en sus células.

El tratamiento con CaCl_2 fue superior al tratamiento con agua y en nivel de plántula testigo. Sin embargo, reduce el porcentaje de germinación. Las líneas de trigo duro respondieron más eficientemente a las características de plántula.

Se detectó que los tratamientos con agua y CaCl superaron al testigo en la mayoría de las características estudiadas en invernadero y la variedad Anahuac respondió mejor presentando altos valores para peso fresco y seco de vástago, altura de planta y longitud de espiga.

Se encontró que los tratamientos con agua y CaCl reducen la germinación durante el almacenamiento. Sin embargo, hay mayor reducción con el tratamiento en CaCl_2 en la semilla tratada. La mayoría de los caracteres presentaron altos valores para heredabilidad en sentido amplio en varios experimentos.

ABSTRACT

Pretreatment of Seed and its Effects on the Seedling and Adult Plant Characteristics in *Triticum aestivum* and *Triticum durum*

BY

ERNESTO RAUL CARDENAS VALDES

MASTER OF SCIENCE
PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. SEPTEMBER 1988

Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi. - Major Advisor -

Key words: Pretreatment, characteristics seedling, adult plant, yield components. germination percent, genetic parameters, correlations.

In the present investigation, four experiments were conducted with two pretreatments: water and calcium chloride on two varieties of each species of *Triticum aestivum* and *Triticum durum*, with an object of studying the effect of treatment on yield components, water loss in excised leaves under dry land conditions; percent of germination and seedling characters in the laboratory; root system and agronomic characteristics in the green house and the germination percentage on the stored seed at different intervals.

The analysis of variance indicated significant differences for the majority of characters evaluated on treatments and varieties in the experiments developed in the laboratory and green house under dry land conditions; significant differences were found for test weight, spike length, number of tillers in one meter row length, plant height and water loss in excised leaves. The variety Pavon was identified with higher values in yield components. The genotype Carcamoun "S" and Anahuac for retaining of water in leaves.

The treatment of calcium chloride was superior to water and check at seedling level. However the treatment of calcium chloride reduced germination percentage.

The varieties *T. durum* responded better in the seedling characters. The pretreatment with water and calcium chloride was superior to check in the majority of characters in the green house studies. The variety Anahuac obtained higher values for fresh and dry weight of shoot, plant height and spike length.

The pretreatments with water and calcium chloride reduced germination percentage of the seed stored, stored after treatment. However calcium chloride adversely effected major reduction in germination percentage of the treated seed. Majority of the characters recorded higher values for broad sense heritability in various experiments.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	xi
INDICE DE FIGURAS	xv
INTRODUCCION.	1
REVISION DE LITERATURA	4
ORIGEN GEOGRAFICO Y CITOGENETICO DEL TRIGO	4
CLASIFICACION TAXONOMICA DEL TRIGO	6
PRETRATAMIENTO DE LA SEMILLA Y SU EFECTO SO - BRE RENDIMIENTO Y GERMINACION	6
SISTEMA RADICAL Y SU RELACION CON RESISTENCIA A SEQUIA EN LOS CULTIVOS.	13
CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS, FISILOGICAS Y BIOQUIMICAS QUE CONTRIBUYEN A LA RESISTENCIA A SEQUIA.	17
DIFERENTES PRUEBAS PARA CLASIFICAR VARIEDADES A SU GRADO Y SUSCEPTIBILIDAD A LA SEQUIA	20
SELECCION DE LINEAS BAJO TEMPORAL	22
CORRELACIONES SIMPLES	24
MATERIALES Y METODOS	26
EXPERIMENTO I. ESTUDIO DEL EFECTO DE HUMEDECI MIENTO DE LA SEMILLA SOBRE DIFERENTES CARACTE RISTICAS AGRONOMICAS, BAJO TEMPORAL	27
MATERIAL GENETICO	27
CARACTERISTICAS EVALUADAS	30
CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL SUELO	32
EXPERIMENTO II. EFECTO DEL HUMEDECIMIENTO DE LA SEMILLA SOBRE EL PORCENTAJE DE GERMINACION Y CARACTERISTICAS DE PLANTULA BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO	32

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	xi
INDICE DE FIGURAS	xv
INTRODUCCION.	1
REVISION DE LITERATURA	4
ORIGEN GEOGRAFICO Y CITOGENETICO DEL TRIGO .	4
CLASIFICACION TAXONOMICA DEL TRIGO	6
PRETRATAMIENTO DE LA SEMILLA Y SU EFECTO SO - BRE RENDIMIENTO Y GERMINACION	6
SISTEMA RADICAL Y SU RELACION CON RESISTENCIA A SEQUIA EN LOS CULTIVOS.	13
CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS, FISILOGICAS Y BIOQUIMICAS QUE CONTRIBUYEN A LA RESISTENCIA A SEQUIA.	17
DIFERENTES PRUEBAS PARA CLASIFICAR VARIEDADES A SU GRADO Y SUSCEPTIBILIDAD A LA SEQUIA . .	20
SELECCION DE LINEAS BAJO TEMPORAL	22
CORRELACIONES SIMPLES	24
MATERIALES Y METODOS	26
EXPERIMENTO I. ESTUDIO DEL EFECTO DE HUMEDECI MIENTO DE LA SEMILLA SOBRE DIFERENTES CARACTE RISTICAS AGRONOMICAS, BAJO TEMPORAL	27
MATERIAL GENETICO	27
CARACTERISTICAS EVALUADAS	30
CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL SUELO . .	32
EXPERIMENTO II. EFECTO DEL HUMEDECIMIENTO DE LA SEMILLA SOBRE EL PORCENTAJE DE GERMINACION Y CARACTERISTICAS DE PLANTULA BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO	32

	Página
CARACTERISTICAS EVALUADAS	36
EXPERIMENTO III. ESTUDIO DEL EFECTO DEL HU- MEDECIMIENTO DE LA SEMILLA SOBRE EL POTEN- CIAL DEL SISTEMA RADICULAR Y OTRAS CARACTE- RISTICAS AGRONOMICAS A NIVEL INVERNADERO	38
CARACTERISTICAS EVALUADAS	39
EXPERIMENTO IV. ESTUDIO DEL EFECTO DEL HU- MEDECIMIENTO SOBRE LA GERMINACION DE LA SE- MILLA, A INTERVALOS DE 10, 20 Y 30 DIAS, DU- RANTE SU ALMACENAMIENTO	40
RESULTADOS Y DISCUSION.	44
ESTUDIO DEL EFECTO DEL HUMEDECIMIENTO DE LA SEMILLA SOBRE DIFERENTES CARACTERISTICAS - AGRONOMICAS BAJO TEMPORAL	44
HUMEDECIMIENTO DE LA SEMILLA Y SU EFECTO SO- BRE EL PORCENTAJE DE GERMINACION Y CARACTE- RISTICAS DE PLANTULA BAJO CONDICIONES DE LA BORATORIO	61
ESTUDIO DEL EFECTO DEL HUMEDECIMIENTO DE LA SEMILLA SOBRE EL POTENCIAL DEL SISTEMA RADI- CULAR Y OTRAS CARACTERISTICAS AGRONOMICAS A NIVEL INVERNADERO	73
ESTUDIO DEL EFECTO DEL HUMEDECIMIENTO SOBRE LA GERMINACION DE LA SEMILLA A INTERVALOS DE 10, 20 Y 30 DIAS, DURANTE SU ALMACENAMIENTO	77
CONCLUSIONES	87
RESUMEN	90
LITERATURA CITADA	93

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
3.1.	Datos del análisis físico-químico del suelo de 0 a 30 cm, en tres diferentes muestras - del lote experimental	35
3.2.	Análisis de varianza y esperanzas de cuadros medios utilizados para estimar componentes de varianza	42
4.1.	Análisis de varianza para rendimiento y - otras características agronómicas para diferentes tratamientos de humedecimiento a la semilla en trigo harinero y duro, bajo temporal	45
4.2.	Promedios de rendimiento y otras características agronómicas en diferentes tratamientos de humedecimiento de la semilla en trigo harinero y duro, bajo temporal	47
4.3.	Promedios de rendimiento y otras características agronómicas en diferentes variedades de trigo harinero y duro, bajo temporal	49
4.4.	Parámetros genéticos y heredabilidad en el sentido amplio para diferentes características agronómicas en diferentes humedecimientos de la semilla en trigo harinero y duro, bajo temporal	52
4.5.	Análisis de varianza para agua perdida en - las hojas cortadas en diferentes tratamientos de humedecimiento de la semilla de trigo harinero y duro, a los 30 y 60 días después de la siembra, bajo temporal	53

Cuadro No.		Página
4.6.	Promedios de agua perdida en las hojas cortadas en diferentes tratamientos de humedecimiento de semilla en trigo harinero y duro, después de 30 y 60 días de la siembra bajo temporal	55
4.7.	Promedios de agua perdida en las hojas cortadas en diferentes variedades de trigo harinero y duro después de 30 y 60 días de la siembra bajo temporal	57
4.8.	Parámetros genéticos y heredabilidad en el sentido amplio para agua perdida en las hojas cortadas en diferentes tratamientos de humedecimiento a la semilla en trigo harinero y duro, después de 30 y 60 días de la siembra bajo temporal	59
4.9.	Correlaciones entre diferentes pares de características en diferentes variedades de trigo harinero y duro bajo temporal	60
4.10.	Análisis de varianza para diferentes características de plántulas en trigo con diferentes métodos de humedecimiento	62
4.11.	Promedios de diferentes características de plántulas en trigo harinero y duro - en diferentes tratamientos de humedecimiento de semilla.	65
4.12.	Promedios de diferentes características de plántulas en variedades de trigo harinero y duro en tres tratamientos de humedecimiento	67

4.13. Parámetros genéticos para diferentes características de plántulas en trigo con diferentes tratamientos de humedecimiento a la semilla 69

4.14. Correlaciones fenotípicas entre diferentes pares de características de plántula en tres tratamientos de humedecimiento de semillas de trigo 71

4.15. Correlaciones fenotípicas entre diferentes pares de características de plántula en variedades de trigo harinero y duro en tratamientos de humedecimiento 72

4.16. Análisis de varianza para diferentes características agronómicas en trigo, 60 días después de la siembra en macetas 74

4.17. Promedio de diferentes características agronómicas con diferentes tratamientos de humedecimiento en trigo, 60 días después de la siembra en macetas. 75

4.18. Promedio de diferentes características agronómicas en variedades de trigo, después de 60 días de la siembra en macetas 75

4.19. Parámetros genéticos para diferentes características agronómicas con diferentes tratamientos de humedecimiento en trigo 60 días después de la siembra en macetas 78

4.20. Correlaciones entre diferentes pares de características agronómicas con tres métodos de humedecimiento en trigo, 60 días después de la siembra en macetas 79

Cuadro No.		Página
4.21.	Correlaciones entre diferentes pares de características agronómicas en variedades de trigo después de 60 días de la siembra en macetas	79
4.22.	Análisis de varianza en la semilla humedecida y almacenada 10, 20 y 30 días, para el porcentaje de germinación en trigo harinero y duro	80
4.23.	Promedios para el porcentaje de germinación en tratamientos de humedecimiento a la semilla en períodos de almacenamiento de 10, 20 y 30 días, en trigo harinero y duro	82
4.24.	Promedios para el porcentaje de germinación después de 10, 20 y 30 días de almacenamiento de la semilla humedecida, en variedades de trigo harinero y duro .	85
4.25.	Parámetros genéticos y heredabilidad amplia para el porcentaje de germinación, después de 10, 20 y 30 días de almacenamiento de la semilla humedecida de trigo harinero y duro	86

INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
3.1.	Datos de precipitación registrados durante el desarrollo del cultivo	33
3.2.	Temperaturas registradas durante el desarro llo del cultivo	34

INTRODUCCION

El cultivo del trigo fue introducido a México por los españoles a principios de la década de 1520, y en la actualidad se ha mantenido como cereal para panificación y elaboración de macarrones y productos de pastelería. Se siembra anualmente en una superficie aproximada de 738 mil hectáreas, de las cuales el 83 por ciento se desarrolla bajo condiciones de riego y el 17 por ciento de temporal, destacando por su superficie y producción los Estados de Sonora, Sinaloa y Tamaulipas.

Las investigaciones de este cultivo en el país durante la década de 1970-1980 han permitido la creación de materiales semienanos, los cuales, bajo condiciones de riego y fertilización adecuada, producen rendimientos dobles o triples, en comparación de las variedades tradicionales; esto es atribuible al incremento en el número de espigas por planta, mayor número de granos por espiga, fotoinsensitividad, resistencia al acame, enfermedades y plagas. Sin embargo, tales progresos no han sido registrados bajo temporal, debido a la escasa e irregular precipitación, altas temperaturas y tecnología poco desarrollada.

Los rendimientos de trigo bajo temporal pueden aumentar al realizar una investigación sistemática que permita

formar variedades con características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas para resistencia a sequía o mediante el uso de tratamientos de presembrado a la semilla con agua o algunas sustancias químicas. Varios investigadores (Martyanova, 1961; May *et al.*, 1963; Zubenko, 1959; y Henckel, 1964) indican que en los cultivos de maíz, cebada, papa, arroz y trigo, el humedecimiento a la semilla antes de la siembra aumenta la resistencia de la sequía, al incrementarse la viscosidad y elasticidad del protoplasma, mayor emergencia y establecimiento en el campo, mejor sistema radicular, precocidad y aumento en el rendimiento de un 15 a 20 por ciento.

El tratamiento de la semilla con agua o sustancias químicas es un procedimiento económico, fácil de realizar y no requiere ninguna estructura compleja para su aplicación (Kuruvadi, 1987). En la literatura publicada en México, existe escasa información respecto al humedecimiento de la semilla y su efecto sobre características agronómicas y componentes del rendimiento. Por lo tanto, en esta investigación se evaluaron cuatro variedades de trigo y dos tratamientos de presembrado, con los siguientes objetivos:

1. Estudiar el efecto de los tratamientos a la semilla sobre el porcentaje de germinación, características de plántulas, sistema radicular, agua perdida en las hojas cortadas y componentes del rendimiento.

2. Identificar la mejor combinación de variedad x -
tratamiento.
3. Determinar el efecto sobre el porcentaje de germinación en la semilla tratada y almacenada durante diferentes períodos de almacenamiento.
4. Estimar parámetros genéticos y correlaciones para diferentes variables a nivel de plántula y planta adulta.

REVISION DE LITERATURA

Esta revisión discutirá las más relevantes investigaciones realizadas en relación al pretratamiento de la semilla y su efecto sobre rendimiento y germinación, sistema radical, características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas que contribuyen a la resistencia a sequía, pruebas para clasificar variedades de acuerdo a su grado de susceptibilidad y tolerancia a sequía, selección de líneas bajo temporal y correlaciones entre diferentes características agronómicas en trigo (*Triticum aestivum* y *T. durum*).

Origen Geográfico y Citogenético del Trigo

Según los registros históricos, es originario de la parte sureste de Asia. Sin embargo, desde los tiempos prehistóricos, el trigo ya era cultivado en Grecia, Persia, Egipto y en todo Europa (Clark, 1936).

Referente al origen citogenético del trigo, es de gran interés, ya que constituye un ejemplo clásico de combinaciones naturales entre diferentes especies emparentadas entre sí para formar una especie poliploide. De acuerdo con lo anterior, las especies de *Triticum* se pueden clasificar en diploides, tetraploides y hexaploides, con números cromosómicos de $2n = 48$, 28 y 42 respectivamente. Según Sarkar y

Stebbins (1956) e indican que las especies tetraploides se originaron a partir de la hibridación interespecífica y duplicación espontáneas de cromosomas de la cruce de dos especies diploides *Triticum monococcum* (AA) y *Aegilops speltoides* (BB); esta cruce dio origen a los Emmer tetraploides con la fórmula genómica AABB, el cual fue cultivado durante varios miles de años. Sin embargo, hace algunos 2000 años dio origen al trigo duro tetraploide que se utiliza en la actualidad para la fabricación de macarrones y spaguetis. Esta nueva especie se caracteriza por su facilidad de trilla, debido a la acción de varios genes que actúan en forma acumulativa, haciendo las glumas más delgadas y suaves.

Los trigos hexaploides, según McFaden y Sears (1946) se originaron cuando el Emmer cultivado (AABB) se extendió en Africa del Norte y todo Europa, estableciendo contacto en Asia menor con *Aegilops squarrosa* (DD), otra especie emparentada, lo que ocasionó la hibridación y duplicación espontánea de los cromosomas, dando como resultado el Espelta hexaploide, con fórmula genómica AABBDD. De este trigo espelta se originó el trigo común o harinero a partir de una mutación en el genoma A en el cromosoma 5A. Se desconoce cuando ocurrió este cambio mutagénico. Sin embargo, proporcionó mayor facilidad de trilla y calidad del gluten. Por lo anterior, se cree que desde hace aproximadamente 3000 años el trigo común es cultivado en Europa.

Clasificación Taxonómica del Trigo

Reino	vegetal
División	Tracheophyta
Subdivisión	Pteropsidae
Clase	Monocotyledoneae
Orden	Glumiflorae
Familia	Gramineae
Subtribu	Triticeae
Género	<i>Triticum</i>
Especie	<i>aestivum</i>

Pretratamiento de la Semilla y
su Efecto sobre Rendimiento y Germinación

Parija (1939) indica que la rapidez de germinación - en arroz está en función de los efectos de las sustancias - de la cáscara, ya que reducen la cantidad sembrada, los rendimientos y pueden ser susceptibles de enfermedades. El indica que la lenta germinación puede ser acelerada mediante tratamiento a la semilla con sustancias químicas para lograr un mejor establecimiento de la siembra e incrementos en el rendimiento.

Parija y Pillary (1945) indican que el humedecimiento con agua en semilla de arroz incrementa la sobrevivencia después de un período de marchitamiento, ya que reduce la tasa de transpiración, disminuyendo la pérdida de agua. Sin embargo, no se encontró incremento en rendimiento y tamaño -

de estomas.

Domanskii (1959) encontró una interacción varietal con el humedecimiento. Sus deducciones se basan debido a que las variedades de cebada de primavera muestran una respuesta positiva e interactúan con el humedecimiento.

Mikkelsen y Sinah (1961) realizaron estudios de germinación en arroz con el propósito de acondicionarla para la siembra, e indican que la inhibición de la germinación en arroz parece ser causada por sustancias solubles de las cáscaras, las cuales son difundidas dentro de la semilla. Ellos enfatizan que el humedecer la semilla en soluciones químicas encuentran que particularmente H_3PO_4 , $CO(NH_2)_2$, NH_4HPO_4 , NH_4NO_3 , y altas concentraciones de K_2HPO_4 , NaH_2PO_4 , $(NH_4)_2SO_4$ y KH_2PO_4 reducen considerablemente el porcentaje de germinación. Sin embargo, K_2HPO_4 al cinco por ciento y NaH_2PO_4 al 0.05 por ciento y soluciones de agua clorada e hipoclorito de sodio, no reducen el porcentaje de germinación. Ellos concluyen que el humedecimiento de las semillas en estas soluciones asegura una germinación rápida y el crecimiento de las plantas es simultáneo.

A. Waisei (1962) realizó estudios en trigo de invierno en relación al humedecimiento de la semilla con agua y $CaCl_2$, encontrando que estos tratamientos de presiembra en la variedad Kharlkof no incrementan la resistencia a sequía; por lo tanto, no hay diferencias significativas en el rendimiento.

Henckel (1964) reporta que el tratamiento de la semilla con agua y CaCl_2 al 0.025M, incrementa la resistencia a la sequía, por el aumento en la viscosidad y la elasticidad del citoplasma. El indica que el uso de estos tratamientos en los cultivos de trigo mijo y arroz, incrementa la resistencia a sequía y el rendimiento en un 15 por ciento. Este tratamiento es sencillo, y consiste en sumergir la semilla en agua hasta aumentar su peso en un 30 por ciento más de su peso original, posteriormente, secarla a temperatura ambiental hasta casi obtener su peso original, repitiendo dos o tres veces el mismo tratamiento y sembrarla bajo condiciones de temporal.

Jarvis y Jarvis (1964) establecen que el pretratamiento a la semilla de arroz en agua no aumenta la resistencia fisiológica a la sequía. Sin embargo, da buenos resultados en la velocidad de germinación y emergencia, lo que ocasiona un mejor establecimiento y uniformidad de las plantas después de la siembra.

Lyles y Fanning (1964) indican que el sorgo de grano, variedad RSG10, al humedecer la semilla durante 10 horas, y sembrada inmediatamente con testigo, bajo cuatro diferentes concentraciones de sal (1.4, 6.0, 10.0 y 16.0 milimhos/centímetro) y en cinco tensiones de humedad (0.33, 0.48, 1.4, 3.7 y 15 atmósferas) bajo condiciones de laboratorio, encuentran que este tratamiento de humedecimiento a la semilla para presiembra, incrementa la emergencia en un

26 por ciento en tensiones de humedad de 0.33 atmósferas y concentraciones de sal de 10 milimohos.

Gafarov (1971) establece que al sumergir la semilla en agua, de dos variedades de tomate, por períodos de 12, 24 y 36 horas, seguidas de un secado a temperatura ambiental, encuentran una rápida germinación y mayor vigor, aumento en la materia seca de los frutos, menor transpiración y alta concentración de savia en la célula.

Barthakur *et al.* (1973) estudiaron el efecto del humedecimiento de la semilla de arroz, tratada con soluciones de sales nutritivas tales como: sulfato de amonio, nitrato de potasio y molibdato de sodio; dos testigos (humedecimiento en agua y semilla sin humedecer). Encontraron que los tratamientos con sales nutritivas incrementan el rendimiento en arroz, de 40 a 76 kg/ha más que los controles. Ellos indican que es mejor utilizar el tratamiento con sales nutritivas, puesto que incrementa el rendimiento de un 20 - 30 por ciento más que el tratamiento con agua.

Singh y Singh (1973) estudiaron durante un período de tres años los efectos del humedecimiento de la semilla de calabaza variedad ALGANJ, en soluciones de sulfato de amonio, urea o cloruro de amonio y nitrógeno en 100, 200 y 400 ppm respectivamente, en agua destilada por seis, 12 y 24 horas. Al comparar dichos tratamientos con la semilla no tratada, encontraron un alto porcentaje de germinación en el humedecimiento con cloruro de amonio o urea en altas

concentraciones por seis horas, y gran número de hojas a los 30 días después de la siembra para semilla humedecida en altas concentraciones por seis y 12 horas, y un buen establecimiento de la siembra con cloruro de amonio en 40 ppm y urea en 200 y 400 ppm.

Singh y Wilson (1974) estudiaron en los cultivos de girasol y cártamo, cinco profundidades de siembra (3, 6, 9, 12 y 15 cm), dos tratamientos de semilla humedecida en agua por 24 horas y dos temperaturas (10 y 15°C) en la zona radicular. Encontraron que en el girasol y el cártamo las temperaturas altas y profundidades de siembra de tres y 6 centímetros, favorecen la emergencia de la siembra, longitud de raíz y vástago, y acumulación de materia seca. Respecto al humedecimiento de la semilla en girasol y profundidades de siembra de tres y seis centímetros, y ambas temperaturas, aumentan el coeficiente de velocidad de germinación. En cártamo el tratamiento de humedecimiento no influye significativamente en la germinación.

Harvinder *et al.* (1974) estudiaron el efecto del humedecimiento de la semilla de trigo con fitohormonas en concentraciones de 50, 100, 200 y 300 ppm de ácido giberélico (GA_3), ácido indobutírico (IBA), 3-ácido indolacético (IAA) y L- α -ácido naftalen-acético (NAA) durante 24 horas y como control, humedecimiento en agua destilada, riego con agua salina y diferentes niveles de boro. Encontrando que el humedecimiento con IAA y NAA incrementan significativamente la producción de tallos, peso seco de vástago y alto

rendimiento. Mientras que el IBA causa un incremento en la longitud del sistema radicular y el (GA₃) un incremento en la altura de planta. Dichos autores concluyen que el uso de hormonas en concentraciones de 200 ppm produce un efecto significativo en relación al crecimiento y rendimiento del trigo, las hormonas provocan actividad más favorable a la planta con altos niveles de boro que con agua salina, es mejor usar el humedecimiento de la semilla de trigo con fitohormonas que con agua destilada, puesto que aumentan las reacciones fisiológicas y bioquímicas de la planta.

Muminov y Azinov (1974) investigando en el cultivo de melón, variedades Ich-KyZYIVZbeKsK y Kochka, mediante el humedecimiento de la semilla con agua por 24 horas, seguida de un secado por dos días, al compararlo con la semilla no tratada, encuentran un incremento en la germinación y emergencia, crecimiento y desarrollo de la planta, incremento en el rendimiento de las variedades estudiadas, de un 33.3 y un 31.6 por ciento respectivamente, y una reducción marcada de incidencia de *Fusarium*.

Daulay y Singh (1981) trabajaron con los cultivos de girasol y cártamo, utilizando como tratamientos: humedecimiento de la semilla en agua por 24 horas; diferentes profundidades de siembra (tres, cinco, siete y nueve centímetros) y como testigo semillas sin humedecer. Observaron, en girasol, un alto valor de coeficiente de emergencia en todas las profundidades de siembra, y un 16 por ciento más de

rendimiento. En lo referente al cártamo, indican que tanto el humedecimiento de la semilla como las profundidades de siembra, no influyen en el rendimiento y sus componentes significativamente.

Diputado y Del Rosario (1985) estudiaron en el cultivo *Vigna* en las variedades UPLCP2, UPLCP5 y BPICP2, bajo condiciones de invernadero, el efecto del tratamiento de la semilla en polietilenglicol 0.8 M de presión osmótica, por tres días, humedecimiento de la semilla en agua por 12 horas y castigo de riego por 20 días, y como testigos semilla sin tratar y plantas sin castigo hídrico. Reportan que los tratamientos de la semilla con agua y polietilenglicol no tuvieron respuesta fisiológica en la planta y al stress de humedad. Sin embargo, concluyen que las plantas sometidas a stress causan considerable reducción en el área foliar, reducción en el crecimiento y un incremento en la resistencia estomatal.

Garwood (1986) investigó con 39 especies del trópico húmedo de Panamá y Costa Rica, con el objetivo de observar el factor causante de las demoras en germinaciones. Enfatiza que al suavizar las cubiertas de las semillas en forma artificial con ácido sulfúrico y agua caliente, encontró que las 29 especies que germinaron, sólo en seis especies fue acelerada la germinación y entorpecida en 14. Por lo anterior, concluye que las especies donde fue acelerada la germinación no fueron necesariamente las que frecuentemente duran más tiempo en germinar y la cubierta dura de la

semilla no parece ser determinante en la lenta germinación.

Maiti *et al.* (1986) trabajaron con diferentes genotipos sometidos a diferentes tratamientos de humedecimiento - (cuatro, ocho, 12, 16 y 20 horas) en cuatro diferentes experimentos, con el objetivo de medir el porcentaje de emergencia, vigor de las plántulas, profundidades de siembra, etc. Encontraron que de los genotipos estudiados, el que mostró el mayor porcentaje de germinación fue LES4-7R. Dichos investigadores indican que la máxima emergencia se obtuvo a las ocho horas y la mínima a las 16 y 20 horas de tratada la semilla. Además, una correlación altamente significativa entre porcentaje de germinación con peso seco de vástago y número de hojas. Sin embargo, ellos indican que la interacción genotipo-humedecimiento fue alta, encontrando que los híbridos interactúan con el humedecimiento en menor proporción que las líneas, por lo que existe variabilidad entre genotipos de sorgo para viabilidad de la semilla posterior al humedecimiento, vigor de la plántula y altas profundidades de siembra.

Sistema Radical y su Relación con Resistencia a Sequía en los Cultivos

Las plantas con un largo y profundo sistema radical bien desarrollado, pueden extraer más agua del suelo, por lo tanto, retrasan o posponen los efectos de desecación por la sequía. El mejoramiento genético para este carácter puede ser sencillo, ya que las evidencias muestran que existe gran variabilidad genética entre los genotipos y es un buen

indicador para resistir la sequía. Sin embargo, las estrategias de mejoramiento para sistema radical están en función de las condiciones ambientales, principalmente por el suelo.

Kozlowski (1968) sugiere la injertación de piezas de tallos sobre patrones enraizados en maíz y otros cultivos, ya que la menor proporción de hojas es una mejor solución para reducir la pérdida de agua e incrementa la proporción raíz-vástago. Sin embargo, esto podría tener ventaja si los cultivos pudieran competir con las malas hierbas y producir altos rendimientos.

Hurd (1974) investigando en el cultivo del trigo bajo condiciones de stress de humedad con diferentes variedades, establece que la variedad Petic 62, durante el stress, mantiene la fotosíntesis, produce más raíz y mantiene una alta asimilación utilizando más eficientemente el agua disponible en el suelo, por lo que concluye que el fenotipo para resistencia a sequía está asociado con un extenso sistema radicular. Sin embargo, los caracteres genéticos asociados con sequía, son complejos, por lo que se sugiere una combinación con dichos caracteres, mediante un cuidadoso estudio de pocos padres, una población grande y pruebas de rendimiento en generaciones tempranas.

Ackerson y Krieg (1977) enfatizan en la importancia del sistema radicular en términos de resistencia a sequía, sin embargo, indica que la resistencia a sequía en maíz, sorgo y algodónero, no sólo dependen del sistema radicular sino

también sobre la regulación estomática.

Nour y Weibel (1978), trabajando con genotipos de sorgo establecidos en arena, enfatizan que las variedades tolerantes a sequía, dan un gran volumen y peso radicular y una proporción alta de raíz-vástago.

Passiura (1972) indica que los incrementos en el rendimiento de variedades de trigo sembradas bajo condiciones de limitación de agua, fue análoga con el incremento del sistema radicular, argumentando que la alta masa radicular no daría buenos resultados en cultivos de trigo desarrollados en suelos arenosos o de baja capacidad de almacenamiento de agua.

Kuruvadi y Smith (1986) estudiaron 14 genotipos de trigo duro evaluados en rizotrones, con el objetivo de estudiar el potencial del sistema radicular e identificar los mejores modelos de raíces bajo condiciones de temporal, encontrando que de las 14 variedades estudiadas, seis desarrollaron mayor proporción de raíces en el perfil de 60-120 centímetros, evitando más eficientemente la sequía. Además, indican que la técnica para evaluar el potencial del sistema radicular en rizotrones es muy laboriosa y costosa, pero es un método eficiente para identificar las variedades con un mejor modelo de raíces y estudiar visualmente el desarrollo de las mismas.

Bruns y Croy (1985) enfatizan en el uso de sistemas para medir el volumen y peso radicular en cinco variedades -

de trigo, indicando que el volumen de raíz es determinado por el desplazamiento del agua en un recipiente y el peso radicular mediante el secado de la raíz a temperaturas de 70°C por 24 horas. Además, encontraron que las pruebas realizadas en los cinco genotipos establecen diferencias significativas para ambos caracteres y una asociación positiva con el potencial de rendimiento de grano.

Kuruvadi (1988a) estudió la variabilidad presente en plántulas en relación al sistema radicular, longitud de colioptilo y correlaciones entre diferentes variables en 40 genotipos de trigo duro, e indicó que existe una diferencia altamente significativa para genotipos de diferentes características, encontrando una correlación altamente significativa entre las variables estudiadas.

Kuruvadi y Smith (1988a) investigaron la habilidad combinatoria en F_1 y F_2 para raíz, vástago, y proporción raíz-vástago a los 30 días después de la siembra, utilizando cinco diversos padres en trigo duro. Reportan altos valores de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) en F_1 y F_2 . De las variedades usadas como padres, ellos indican que la variedad Pelisser obtuvo el mayor efecto significativo en ambas generaciones filiales y altos niveles de heterosis para sistema radicular, por lo tanto, esta variedad puede ser un excelente donador con buena habilidad combinatoria para sistema radicular en futuros programas de mejoramiento para sequía.

Kuruvadi y Smith (1988b) evaluaron 16 genotipos de trigo macarronero para medir el sistema radicular en cuatro diferentes fechas, 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra, con el objetivo de determinar el tiempo óptimo para estudiar el sistema radicular. Reporta una correlación positiva y significativa a los 30 y 45 días después de la siembra con la masa radicular de planta adulta. Por lo tanto, ellos sugieren que el tiempo ideal para seleccionar el desarrollo del sistema radical es a los 30 días después de la siembra.

Características Morfológicas, Fisiológicas y Bioquímicas que contribuyen a la Resistencia a Sequía

Los trabajos realizados con cultivos en zonas áridas han revelado a una serie de características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas que ayudan a evadir o tolerar períodos de sequía. Sin embargo, es necesario conocer qué características contribuyen a la resistencia a la sequía y cuáles de estas pudieran ser consideradas en un programa de mejoramiento. Por lo anterior, Parker (1968) y Turner (1979) indican que algunos mecanismos de las plantas, tales como: sistema radicular, tamaño pequeño de célula, cutícula de la hoja, ángulo de la hoja, frecuencia y comportamiento estomatal, acumulación de prolina y ajuste osmótico, son características que pueden posponer la desecación y otras - incrementar la tolerancia a sequía.

Skoss (1955) establece que las hojas de maíz y otros cultivos desarrollados en el sol proporcionan

cutículas de gran contenido de cera en comparación con las que crecen en la sombra. Además, enfatiza que la temperatura afecta el contenido de cera, ya que las plantas sometidas a stress de agua, dan cutículas de gran porcentaje de cera que aquéllas no sometidas a stress; esto es debido principalmente a los efectos ambientales sobre el contenido de cera en las hojas.

Singh *et al.* (1972), trabajando con diferentes variedades de cebada bajo ambientes de temporal, indican que la tolerancia a sequía en cultivos de cebada muestran un alto contenido de prolina en comparación de las variedades susceptibles. Dichos investigadores concluyen que la acumulación de prolina durante el stress está correlacionada con recuperación después del stress, por lo que altos niveles de prolina podría ser buen indicador para tolerancia a sequía.

Miskin *et al.* (1972) estudiaron la relación entre la frecuencia estomatal y el porcentaje de transpiración, estableciendo que un 25 por ciento de disminución en el número de estomas en líneas de cebada, reduce el porcentaje de transpiración cerca de un 24 por ciento. Concluyendo que no existe influencia al reducir la tasa de transpiración en la proporción fotosintética, y las variedades usadas con pocos o muchos estomas variaron en cantidad y tamaño de espigas.

Blum (1975) estudió con diferentes genotipos de sorgo e indicaron que el genotipo BM BM incrementa la cera cuticular de la hoja, lo que incrementa la resistencia a sequía ya que la resistencia a sequía proviene del incremento de la reflexión de energía solar y la disminución de la permeabilidad cuticular causada por la capa de cera, lo que trae como resultado un alto potencial de agua en la hoja.

Kuruvadi (1988b) estudió la densidad de estomas en 14 variedades de trigo harinero en ambientes de riego y sequía e indica que existen diferencias altamente significativas en ambos ambientes, concluyendo que las variedades examinadas tuvieron más estomas en el haz que en el envés, registrando más cantidad en las plantas bajo riego que bajo sequía, las variedades Timgalin, Moti, Kalyanzona y Sonalika tuvieron bajas densidades en ambos ambientes, por lo que toleran más eficientemente la sequía.

Henzell *et al.* (1976) trabajaron con diferentes genotipos de sorgo establecidos bajo temporal, enfatizan que hubo variación marcada en los genotipos en su sensibilidad estomatal para resistir stress de agua. Concluyendo que existe una gran variación genética en la sensibilidad estomatal, por lo tanto, puede mejorarse para un tipo particular de comportamiento estomatal.

Weete *et al.* (1978) trabajaron con el cultivo del algodón e indican que someter las plantas a stress de agua durante un determinado período, seguido de una rehidratación,

las hojas producen una cera superficial debido a la acumulación de un sustrato, probablemente ácido palmítico, por lo que concluyen que la discriminación para genotipos con una capa gruesa de cera es relativamente complicada debido a que los factores ambientales producen un efecto vigoroso o reducido de cera sobre la cutícula de la hoja.

Diferentes pruebas para Clasificar Variedades a su Grado y Susceptibilidad a la sequía

Diferentes pruebas para identificar variedades resistentes o susceptibles a la sequía, han sido reportadas por varios investigadores, para determinar cuáles de estos métodos pueden clasificar los genotipos de acuerdo a la susceptibilidad o resistencia a la sequía.

Abeel y Mackenzie (1964) analizaron la tolerancia de sales en variedades de soya en relación a la germinación en rangos de conductividad eléctrica de 3.1 a 13.7 milimhos/centímetro, y el desarrollo del cultivo en rangos de 5 a 10.2 milimhos/centímetro, e indicaron que la germinación de terminó un decremento considerable en emergencia y de altura de plántula en todas las variedades estudiadas. En el desarrollo del cultivo, registró altos incrementos en la mortalidad de plantas, necrosis en las hojas, reducción en el color verde de las hojas, rendimientos bajos y poca calidad de la semilla, por lo que concluye que el cultivo de la soya es muy susceptible y con poca sobrevivencia en suelos salinos.

Cáceres y Rojas (1980) trabajaron con dos genotipos susceptibles y dos resistentes a sequía, bajo condiciones de invernadero y laboratorio. Los tratamientos fueron humedecimiento de la semilla con cloromequat 50 ppm por 24 horas, y como testigo, humedecimiento con agua, igual tiempo. Ellos concluyen que los resultados fueron similares en los dos experimentos. Encontraron que el cloromequat determinó una reducción en la tasa de transpiración pero sólo en los genotipos susceptibles, la reducción de la transpiración no es debida a las diferencias en el área de la hoja ni a la relación tallo-raíz. Por lo anterior, concluyen que las diferencias entre genotipos resistentes o susceptibles a sequía pueden ser debidas a factores intracelulares en conexión con las membranas de la pared celular.

Clarke y MacCaing (1982) investigaron por un período de dos años, tres técnicas de discriminación para evaluar la resistencia a sequía en trigos duros y harineros bajo ambientes de riego y temporal. Las técnicas evaluadas involucraron temperatura de la hoja, resistencia de difusión en la hoja y agua retenida en las hojas cortadas. Encontraron que el método de agua retenida en las hojas cortadas es el más prometedor, puesto que detecta significativamente las diferencias entre genotipos resistentes y susceptibles a sequía.

Rojas y Rovaldo (1984) indicaron que las variedades de cultivos no adaptados a sequía, pueden adoptar su

fenotipo por tratamientos apropiados; por ejemplo, en trigo, al someter las plantas a sequía atmosférica dando vientos calientes o secos, restricción de riegos o castigos en las primeras etapas de desarrollo, tratamiento en la semilla con cloromequat o con CaCl_2 por 24 horas. Algunas trabajos de la URSS reportan buenos resultados al humedecer la semilla con agua durante un tiempo y posteriormente secarla hasta cierto porcentaje en peso, según el cultivo.

Kuruvadi *et al.* (1987) trabajaron con 20 genotipos de frijol para estudiar la capacidad de retención de agua en las hojas cortadas durante períodos de 24, 48 y 72 horas, encontrando que las variedades con mayor retención de agua fueron: Navidad 1165, Agramejo, Ciateño, LEF-3R8, Pinto Americano y Azabache. Concluyendo que estos genotipos tienen alta resistencia a la transpiración y capacidad de evitación a la sequía.

Selección de Líneas Bajo Temporal

Asana y Mani (1958) realizaron cuatro diferentes experimentos en trigo bajo condiciones de riego y sequía, con el objetivo de seleccionar líneas superiores, encontraron que el carácter número de espigas por planta es un indicador muy efectivo para la selección de genotipos bajo riego. Sin embargo, los componentes del rendimiento granos por espiga y peso de 1000 granos, son de gran importancia para la selección visual bajo temporal. Estos autores argumentan que la selección del carácter espigas por planta no es

efectiva debido a que las espigas pueden presentar poca cantidad de granos llenos, por los efectos de escasez de agua.

Asana *et al.* (1968) mencionan que uno de los criterios muy eficientes para la selección visual de genotipos de trigo bajo temporal, se basan en el rendimiento de la espiga principal, debido a que desarrollan mayor tamaño en comparación de las demás espigas con un buen peso y número de granos.

Muñoz (1980) propone un método para seleccionar genotipos para resistencia a sequía, el cual involucra el sometimiento de los genotipos en ambientes riego-sequía. El indica que una variedad resistente a sequía se debe seleccionar en función del promedio de rendimiento bajo ambos ambientes y por la capacidad para reducir su producción en menor grado al pasar de la condición favorable a la desfavorable.

Ceccarelli (1987) realizó estudios usando el método de selección para el rendimiento de grano en poblaciones segregantes de cebada. Reporta que las familias F_3 derivadas en F_2 seleccionadas bajo condiciones desfavorables, resultan ser más vigorosas, precoces en espigamiento y con más alto rendimiento bajo temporal que familias F_3 derivadas en F_2 seleccionadas bajo riego. Concluyen que la selección de rendimiento de grano para sequía, es más efectiva en ambientes desfavorables que en condiciones favorables debido a que existen características que son deseables en

ambientes de temporal, pero que resultan ser indeseables bajo riego o viceversa.

Correlaciones Simples

Las correlaciones son importantes para conocer el grado de asociación entre los diferentes pares de características y así determinar cuales de éstas son de importancia para el fitomejorador en un programa de selección.

Hernández (1975) estudió seis variedades de trigo en cinco diferentes fechas de siembra para conocer el grado de asociación entre componentes de rendimiento. Encontró una correlación positiva y significativa entre rendimiento de grano por planta con número de entrenudos, espiguillas por espiga, longitud de espiga, granos por espiga y relación tallos/espigas y una asociación negativa con altura de planta e índice de cosecha. Además, indica que los componentes del rendimiento, tales como: altura de planta, número de entrenudos y longitud de espiga, contribuyen en forma conjunta en un 84 por ciento en el rendimiento.

Reed (1980) estudió las características agronómicas asociadas en el rendimiento en trigo y triticale. Reporta una asociación positiva y altamente significativa en trigo entre rendimiento de grano con peso de paja, tallos por metro lineal y peso de 1000 granos; y en triticale el rendimiento está correlacionado positivamente con tallos por metro lineal y peso de paja, y en forma negativa con días a

floración.

Obando (1980) encontró una correlación positiva y significativa entre el rendimiento de grano de trigo con longitud de espiga, espiguillas por espiga y grano por espiga, y negativamente con altura de planta; además, no encontró asociación del rendimiento con peso de paja y espigas por metro lineal.

Kuruvadi (1986) indica que las correlaciones fenotípicas y genotípicas entre diferentes pares de características, son de gran utilidad en el mejoramiento genético de especies autógamas, alógamas y de propagación vegetativa, puesto que determinan el criterio de selección, indicando las relaciones existentes entre diferentes pares de características. Sin embargo, existen correlaciones negativas agrónomicamente indeseables y pueden ser limitantes en el mejoramiento genético, debido a los efectos pleiotrópicos y de ligamiento de genes.

Kuruvadi (1988c) estudió el coeficiente de correlación y sendero en 25 variedades de trigo duro. Reporta una correlación altamente significativa entre rendimiento de grano con peso de semilla, número de espiga y área de hoja bandera. Mientras que el coeficiente de sendero indicó un efecto positivo en el número de espigas y peso de semilla sobre el rendimiento total.

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación estuvo formada de los siguientes cuatro experimentos para lograr los objetivos planteados:

1. Estudio del efecto del humedecimiento de la semilla sobre diferentes características agronómicas, bajo temporal.
2. Efecto del humedecimiento de la semilla sobre el porcentaje de germinación y características de plántula, bajo condiciones de laboratorio.
3. Estudio del efecto del humedecimiento de la semilla sobre el potencial del sistema radicular y otras características agronómicas, a nivel invernadero.
4. Estudio del efecto del humedecimiento sobre la germinación de la semilla, a intervalos de 10, 20 y 30 días, durante su almacenamiento.

A continuación se describen los materiales y métodos en forma detallada, para cada uno de los experimentos realizados en este estudio.

Experimento I

Estudio del Efecto de Humedecimiento de la Semilla sobre Diferentes Características Agronómicas, bajo Temporal

Este experimento fue desarrollado en el período comprendido de mayo a agosto de 1987 en el Campo Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicado en Navidad, Nuevo León, localizado entre el paralelo $25^{\circ}01'$ de latitud norte y el meridiano $100^{\circ}36'$ de longitud este de Greenwich, y a una altura sobre el nivel del mar de 1895 metros.

El clima de la región se caracteriza por ser semidesértico. La topografía del suelo casi plana, suelos alcalinos con un pH que fluctúa entre 7.6 - 8.0, con buena profundidad.

Material Genético

Se utilizaron cuatro genotipos como recurso genético para esta investigación, proporcionados por el Programa de Cereales de la UAAAN, dos variedades de trigo harinero (Anáhuac y Pavón) y dos líneas de trigo macarronero (Chen "S" y Carcamoun "S").

A continuación se presentan algunas características y genealogías de los genotipos usados en este estudio:

- 1) Anáhuac F75 = I12300 x LR 64-8156/NOR II30842. Variedad desarrollada en el Instituto Nacional de

Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). de porte semienano y maduración intermedia.

- 2) Pavón F76 = Vcm x Cno 67"S" - 7C/Kal-Bv. CM 8399, desarrollada en el INIFAP; variedad semienana de maduración intermedia.
- 3) Chen "S" CD 20626; línea intermedia semienana desarrollada en el INIFAP.
- 4) Carcamoun "S" CD 24831; desarrollada en el INIFAP, línea de maduración intermedia semienana.

Durante el período del siete de mayo al 27 de agosto, en terrenos del Campo Experimental de Navidad, Nuevo León, se establecieron, para su evaluación, dichas variedades con sus tres tratamientos. Sembrando en suelo húmedo después de la lluvia, bajo un diseño experimental en bloques al azar, con un arreglo en parcelas divididas, con tres repeticiones. Los tratamientos usados fueron basados en los trabajos de Salim y Todd (1968), con algunas modificaciones; por lo tanto, los tratamientos utilizados fueron los siguientes:

Tratamiento Uno

La semilla necesaria (0.18 kg) para la siembra de cada variedad por separado fue pesada para obtener su peso original, posteriormente fue sumergida en agua fría durante un período de ocho horas, para luego secarla a temperatura

ambiental de laboratorio (20-25°C) hasta obtener su peso original. Posteriormente se repitió una vez más el mismo procedimiento de tal manera que la semilla quedó acondicionada para sembrarla bajo condiciones de temporal. Cabe mencionar que el agua usada para humedecer la semilla fue previamente hervida para eliminar la presencia de patógenos.

Tratamiento Dos

Se preparó una solución de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.25 por ciento en agua, después se humedeció semilla (0.18 kg) de cada variedad durante ocho horas, secándola a temperatura de 20 a 25°C hasta obtener su peso original, repitiendo una vez más el mismo procedimiento anterior para obtener semilla pretratada para la siembra.

Tratamiento Tres

Semilla sin humedecer (testigo).

Los genotipos fueron establecidos en la parcela mayor y los tratamientos en parcelas menores de cinco metros de largo y con cinco surcos espaciados 20 centímetros; como parcela útil se consideraron los tres surcos centrales, eliminando un metro de cabeceras.

Para un mejor manejo del cultivo se realizaron labores culturales tales como barbecho de cero a 30 centímetros y rastreo, con el fin de desmenuzar el suelo y eliminar las malas hierbas, la siembra se realizó a chorrillo en forma

manual, usando como densidad de siembra 182 kg/ha. No se fertilizó, el lote se mantuvo bajo condiciones de temporal.

Características Evaluadas

A los 30 días después de la siembra, se midió la altura de planta en centímetros, y se cortaron cinco hojas por cada tratamiento en cinco plantas tomadas al azar, para trasladarlas al laboratorio, con el objetivo de medir el agua perdida en las hojas cortadas. El procedimiento consistió en obtener el peso fresco de las hojas y someterlas a deshidratación a temperatura ambiental de laboratorio y, subsecuentemente, se tomó el peso de las hojas cada 24 horas durante tres días. El agua perdida en las hojas cortadas en 24, 48 y 72 horas, fue estimada por diferencias entre pesos.

A los 60 días se tomaron muestras por segunda vez, de cinco hojas por variedad por tratamiento, para calcular el agua perdida en las hojas cortadas, se usó el mismo procedimiento anterior. También se midió el área de la hoja bandera en cinco plantas tomadas al azar, midiendo la longitud y anchura de la hoja y multiplicando por 0.65 (factor de coeficiente de área de follaje, sugerida por Lasarov, (1965)).

Durante la cosecha, en cinco plantas previamente etiquetadas, se estudiaron los siguientes datos:

1. Rendimiento de parcela útil. Se cosecharon y tri llaron manualmente los tres surcos centrales, ob teniendo el peso de grano.
2. Rendimiento por metro lineal. Se cosechó un me tro lineal dentro de la parcela útil, obteniendo el peso de grano.
3. Espigas por metro lineal. El número de espigas - comprendidas dentro de un metro de longitud, me dido al azar dentro de la parcela útil.
4. Granos por espiga. Cantidad de granos en cinco - espigas, donde el comportamiento promedio deter minó el número de granos de una espiga indivi dual.
5. Peso de granos por espiga. En granos de cinco es pigas, donde el comportamiento promedio identifi có el peso de los granos totales de una espiga.
6. Longitud de espiga. Medida en centímetros desde la base de la espiga hasta su punto final.
7. Tallos por metro de longitud. Cantidad de tallos en un metro de longitud, medido al azar dentro de la parcela útil.
8. Altura de planta. Medida en centímetros, desde la base del suelo hasta el punto final del tallo principal.

Se registraron datos climatológicos durante el desarrollo del experimento, los cuales se muestran en la Figura 3.1. La precipitación acumulada durante el período de mayo a agosto de 1987, el cual comprende el ciclo del cultivo, fue de 155 mm, registrando precipitaciones en mayo, de 31 mm; junio, 12 mm; julio, 112 mm. Existió una fuerte sequía durante el mes de agosto, período de producción máximo de tallos y llenado de grano; las temperaturas máximas y mínimas, el mes de mayo registró una temperatura máxima más alta y una mínima más baja. (Figuras 3.1 y 3.2).

Características Físico-Químicas del Suelo

Se tomaron muestras de suelo en tres puntos diferentes del lote experimental a una profundidad del perfil del suelo de 0-30 centímetros, para luego trasladarlas al Laboratorio de Riego y Drenaje de la UAAAN para el análisis correspondiente, los datos del análisis se muestran en el Cuadro 3.1, caracterizando al suelo como medianamente alcalino, ligeramente salino, mediano en contenido de materia orgánica, pobre en nitrógeno, extremadamente rico en potasio intercambiable, muy pobre en fósforo aprovechable y de textura migajón.

Experimento II

Efecto del Humedecimiento de la Semilla sobre el Porcentaje de Germinación y Características de plántula bajo Condiciones de Laboratorio

Esta investigación se llevó a cabo en el Laboratorio

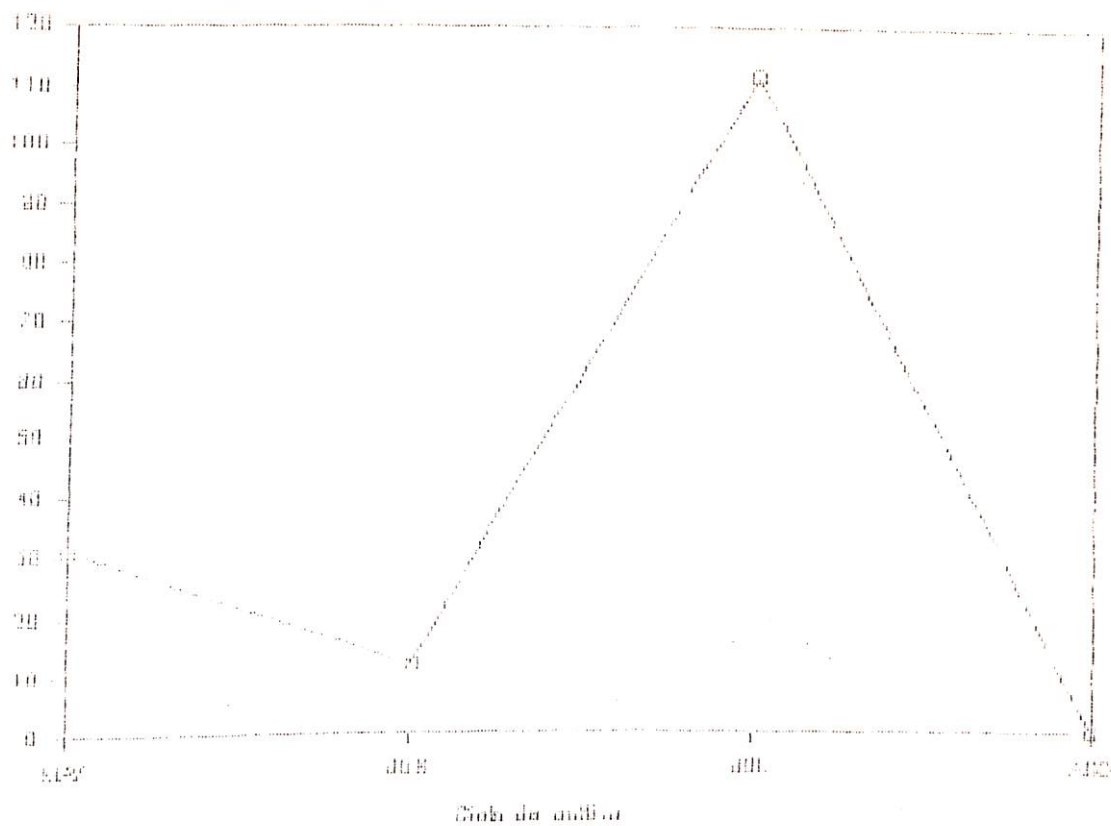


Figura 3.1. Datos de precipitación registrados durante el desarrollo del cultivo.

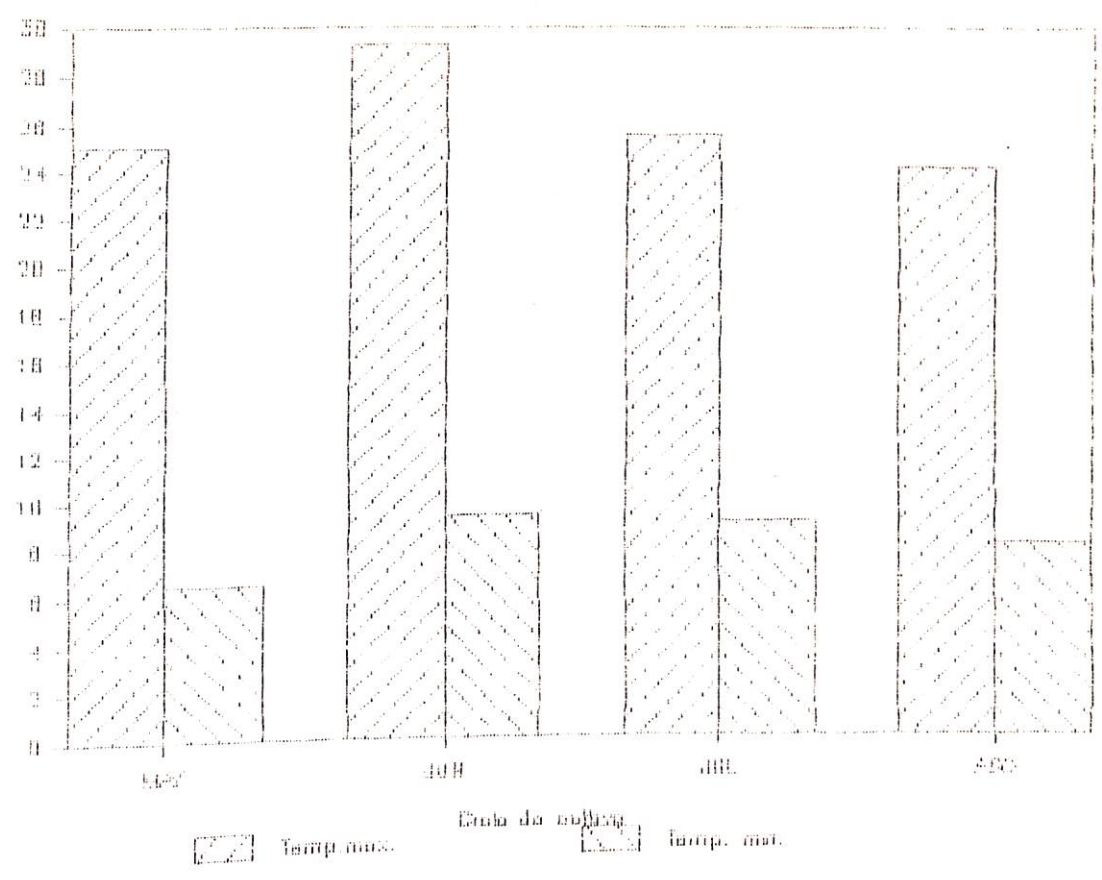


Figura 3.2. Temperaturas registradas durante el desarrollo del cultivo

Cuadro 3.1. Datos del análisis físico-químico del suelo, de 0 a 30 cm, en tres diferentes muestras del lote experimental.

Características del suelo	Muestra I	Muestra II	Muestra III	Muestra \bar{x}
pH	8.87	7.87	8.03	7.92
Conductividad eléctrica (milimhos/cm)	2.83	2.76	3.19	2.92
Materia orgánica (%)	1.75	2.15	1.91	1.93
Nitrógeno total (%)	0.087	0.107	0.095	0.096
Potasio intercambiable (%)	616.50	643.50	1098.0	786.0
Fósforo aprovechable (kg/ha)	16.65	9.00	11.70	12.45
Carbonatos totales (%)	40.37	43.95	40.37	41.56
Arcilla (%)	14.40	18.40	12.40	15.06
Limo (%)	38.00	28.00	32.00	32.66
Arena (%)	47.66	53.60	55.60	52.26

de Análisis de Semillas de la UAAAN, en el mes de junio de 1987.

Los recursos genéticos fueron las mismas variedades empleadas en los experimentos anteriores. Como diseño estadístico se usó un diseño completamente al azar con un arreglo en parcelas divididas, con cuatro repeticiones, los tratamientos fueron los mismos que se utilizaron en el Experimento Uno.

Características Evaluadas

Para evaluar la germinación después del tratamiento se utilizaron toallas secantes y, de acuerdo a la metodología de ISTA (1985), se pusieron cuatro repeticiones de 100 semillas sobre las toallas humedecidas a saturación, agregando fungicida para evitar el desarrollo de hongos en las plántulas. Posteriormente se cubrieron con toallas y enrollaron. A estos rollos se les proporcionó temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 2$ y humedad necesaria durante siete días, y a los cinco días después de iniciado el experimento, se evaluó la germinación, considerando las plántulas normales que fueron las que manifestaron buen desarrollo de sus estructuras esenciales y constituyeron el porcentaje de germinación. Así mismo, se anotaron las plántulas anormales que mostraron diferentes defectos en sus características y no desarrollo de éstas; además, las semillas muertas que no germinaron por pérdida de viabilidad.

Una vez determinado el porcentaje de germinación, se tomaron cinco plántulas normales, tomadas al azar en cada toalla, para dejarlas crecer hasta el séptimo día, y a las que se evaluaron las siguientes características:

1. Longitud total de raíces. Midiendo en centímetros cada una de las raíces principales, sin medir las raicillas laterales.
2. Número de raíces. Se consideraron únicamente las raíces seminales.
3. Altura de coleoptilo. Medida en centímetros, desde la base del vástago hasta el final del coleoptilo.
4. Altura de planta. Medida en centímetros, desde la base de la raíz hasta la parte superior de la plántula.
5. Peso fresco y seco de radícula y vástago. La porción del sistema radicular fue separado del vástago obteniendo el peso fresco de éstos por separado en gramos, para luego secarlos en el horno a 60°C por 24 horas, y obtener también por separado el peso seco de ambos.

Experimento III

Estudio del Efecto del Humedecimiento de la Semilla sobre el Potencial del Sistema Radicular y otras Características Agronómicas a Nivel Invernadero

Este experimento se llevó a cabo en los invernaderos de la UAAAN durante el período del cinco de agosto al cinco de octubre de 1987, bajo condiciones de riego restringido.

El material genético utilizado en esta prueba fueron los mismos genotipos utilizados en el primer experimento. Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones. Los tratamientos involucraron humedecimiento a la semilla, tal como se describió en el experimento uno.

Como medio de cultivo se emplearon bolsas de polietileno negro (10 x 20 centímetros), las cuales fueron llenadas previamente con una mezcla de tres cuartas partes de suelo y una cuarta parte de arena cribada. La siembra se efectuó el cinco de agosto de 1987 en las bolsas (macetas) con suelo previamente irrigado en igual proporción en todas las macetas; se sembraron seis semillas por maceta y después de la germinación se hizo un aclareo, dejando sólo tres plantas más vigorosas por maceta, las cuales fueron desarrolladas hasta el final del experimento. El comportamiento promedio de las tres plantas constituyó la base para el estudio individual de una planta.

Para el mejor manejo del cultivo bajo condiciones de limitación de agua, se administró agua en cantidades restringidas, cuando las plantas mostraban marchitez, regando en igual cantidad para todas las macetas; hubo un total de ocho riegos, con intervalos entre riegos de siete días.

Características Evaluadas

A los 60 días de crecimiento del cultivo, se hicieron las siguientes estimaciones:

1. Altura de planta: En centímetros, medida desde la base del suelo hasta llegar al punto final del tallo principal.
2. Longitud de espiga. En centímetros, medida desde la parte inferior de la espiga hasta su punto final.
3. Se cortó el vástago para obtener su peso fresco, en gramos, y la porción del sistema radicular fue separada cuidadosamente del suelo de cada maceta mediante un humedecimiento previo y lavado suave con agua e introducir tanto la porción fresca de vástago como la de raíces en el horno a temperatura de 60°C por 24 horas, para obtener ambos pesos secos, en gramos.

Experimento IV.

Estudio del Efecto del Humedecimiento sobre la Germinación de la Semilla, a Intervalos de 10, 20 y 30 días, Durante su Almacenamiento

Este experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis de Semillas de la UAAAN, durante agosto de 1987.

El material genético fue el mismo que se empleó en el experimento uno. El diseño estadístico utilizado fue completamente al azar con un arreglo en parcelas divididas, con cuatro repeticiones. Los tratamientos utilizados fueron los siguientes:

Tratamiento Uno

Humedecimiento de la semilla en agua, tal como se describió en el experimento uno, no almacenando la semilla (testigo uno).

Tratamiento Dos

Humedecimiento de la semilla en agua con cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.25 por ciento, como se describió en el experimento uno, no almacenando la semilla (testigo dos).

Tratamiento Tres

Humedecimiento de la semilla en agua, como se citó en el experimento uno, almacenando la semilla humedecida.

Tratamiento Cuatro

Humedecimiento de la semilla en agua con CaCl_2 , al

0.25 por ciento, como se describió en el experimento uno, no almacenando la semilla humedecida.

La semilla después de los tratamientos se almacena bajo condiciones naturales de Buenavista, Coahuila, y a intervalos de 10, 20 y 30 días se le determinó su germinación siguiendo el mismo procedimiento del experimento dos (ISTA, 1985).

El porcentaje de germinación obtenido durante el almacenamiento fue comparado con el del experimento dos para el análisis de varianza.

Los promedios de las parcelas y genotipos de las diferentes características agronómicas fueron utilizados para el análisis de varianza, parámetros genéticos correlaciones fenotípicas de las variables estudiadas.

Los modelos estadísticos utilizados para el análisis de varianza fueron los siguientes:

$$C.V. = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{x}} \times 100$$

$$DMS = t_{\alpha_{20.9}} \sqrt{\frac{2 \cdot CME}{r(a) \cdot \delta \cdot r(b)}}$$

donde: CME = cuadrado medio del error considerado

r = repeticiones

(a) ó (b) = factores que no se considera en la comparación de medias.

Se calculó la heredabilidad en el sentido amplio basado en la media de una entrada usando la fórmula siguiente y parámetros genéticos, basándose en el Cuadro 3.2.

$$h^2 = \frac{\sigma^2_g}{\frac{\sigma^2_e}{rm} + \frac{\sigma^2_{ge}}{m} + \sigma^2_g}$$

donde: σ^2_g = varianza genética

σ^2_e = varianza del error

r = repeticiones

m = medio ambiente

Cuadro 3.2. Análisis de varianza y esperanzas de cuadrados medios utilizados para estimar componentes de varianza.

Fuente de variación	Grados de libertad		Cuadrados medios	Esperanza de cuadrados medios
Repeticiones	$r - 1$			
Variedades	$(v - 1)$	V	M_5	$\sigma^2_b + t\sigma^2_a + rt\sigma^2_v$
Error (a)	$(r-1)(v-1)$	E(a)	M_4	$\sigma^2_b + t\sigma^2_a$
Tratamientos	$(t - 1)$	T	M_3	$\sigma^2_b + r\sigma^2_{tv} + rv\sigma^2_t$
T X V	$(t-1)(v-1)$	TV	M_2	$\sigma^2_b + r\sigma^2_{tv}$
Error (b)	$t(v-1)(t-1)$	E(b)	M_1	σ^2_b
Total	$rt(v - 1)$			

donde: $\sigma^2_g = \frac{M_4 - M_3}{tr}$

$\sigma^2_e = M_4 + M_1$

Se calcularon todas las posibles correlaciones simples (r) para conocer las asociaciones entre diferentes características

$$r = \frac{E(XY)}{\sqrt{E X^2 E Y^2}}$$

RESULTADOS Y DISCUSION

Estudio del Efecto del Humedecimiento de la Semilla,
sobre Diferentes Características Agronómicas Bajo Temporal

El análisis de varianza para rendimiento y otras características agronómicas en diferentes tratamientos de humedecimiento a la semilla en trigo harinero y duro bajo temporal, se presenta en el Cuadro 4.1, indicando diferencias significativas para cuatro características: peso de 1000 granos, longitud de espiga, tallos por metro lineal y altura de planta, en las variedades probadas. Mientras que en los diferentes humedecimientos se detectó diferencia significativa para altura de planta, no encontrándose diferencias significativas en todas las características de la interacción variedades-humedecimientos. La no significancia en variedades y humedecimientos para la mayoría de las características estudiadas, se debió, probablemente, a la fuerte sequía que prevaleció durante el desarrollo del cultivo, especialmente en el período de máxima formación de tallos hasta cosecha, aunado a la baja calidad de los suelos, con bajos porcentajes en materia orgánica, nitrógeno, fósforo, alta calidad de carbonatos y pH, que fluctúa entre 7.97 y 8.03 (Cuadro 3.1). Daulay y Singh (1983) y Parija y Pillary (1945) estudiaron el efecto del humedecimiento de la semilla sobre el rendimiento y otras características agronómicas en los cultivos de cártamo

Cuadro 4.1. Análisis de varianza para rendimiento y otras características agronómicas para - diferentes tratamientos de humedecimiento a la semilla en trigo harinero y duro bajo temporal.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Rendimiento							Tallós por metro lineal	Altura de planta
		de parcela útil	Rend. por metro lineal	Espigas por metro lineal	Granos por espiga	Peso de granos por espiga	Peso de granos por 1000	Longitud de espiga		
Bloques	2	0.09	0.09	1.93	0.05	1.44	0.12	0.10	1.23	1.31
Parcelas	11	1.58	1.53	1.66	1.58	1.39	3.42	21.66	2.76NS	32.21
Variedades (A)	3	3.72NS	3.74NS	2.82NS	3.74NS	2.15NS	10.48**	77.35**	7.31*	115.22**
Error (A)	6	1829.83	12.61	113.71	30.09	0.69	1.51	0.28	233.28	5.33
Humedecimiento (B)	2	0.09NS	0.04NS	1.61NS	0.18NS	0.09NS	0.89NS	0.53NS	1.43NS	4.04*
Int. A x B	6	0.07NS	0.07NS	0.27NS	1.16NS	2.05NS	0.61NS	0.22NS	0.16NS	1.18NS
Error (B)	16	1108.75	7.78	200.71	13.48	0.33	7.21	0.37	180.94	5.55
Total	35	1435.41	9.97	179.07	23.87	0.58	6.04	2.12	305.22	59.01
C.V. (%)		14.48	16.88	27.19	29.51	24.04	9.72	12.99	16.03	7.18

* significativo al 1%

** significativo al 5%

NS no significativo

CV coeficiente de variación

y arroz respectivamente, y no encontraron diferencias significativas para todas las características estudiadas. Sin embargo, los trabajos realizados por Muminov (1975) y Muminov y Azinov (1975) reportan que el simple humedecimiento de la semilla en agua, en el cultivo del melón, incrementa el crecimiento de la planta y el rendimiento en un 33.33 por ciento. Gafarov (1971) indica que el humedecimiento de semilla de tomate en agua, por 36 horas, incrementa la calidad de los frutos y el rendimiento. Barthakur *et al.* (1973) mencionan que el humedecimiento con sales nutritivas en semilla de arroz incrementa el rendimiento de 40 a 76 kg/ha.

En este estudio el coeficiente de variación osciló entre 7.18 a 29.52 por ciento para todas las características estudiadas. En las características granos por espiga (29.51 por ciento), espigas por metro lineal (27.19 por ciento) y peso de granos por espiga (24.04 por ciento) registraron valores altos por el efecto de la severa sequía y la salinidad del suelo. Mientras que las características restantes presentaron valores menores indicando que los resultados son confiables.

Los promedios de rendimiento y otras características agronómicas en diferentes tratamientos de humedecimiento a la semilla de trigo harinero y duro bajo temporal, se presentan en el Cuadro 4.2. En todas las características estudiadas se observaron diferencias muy ligeras entre diferentes tratamientos de humedecimiento, el rendimiento por metro lineal varió entre 18.89 gramos para el testigo y 19.33 gramos

Cuadro 4.2. Promedios de rendimiento y otras características agronómicas en diferentes tratamientos de humedecimiento de la semilla en trigo harinero y duro bajo temporal

Tratamientos	Rendimiento de parcela útil (g)	Rendimiento por metro lineal (g)	Espigas por metro lineal	Granos por espiga	Peso de granos por espiga (g)	Peso de 1000 granos (g)	Longitud de espiga (cm)	Tallos por metro lineal	Altura de planta (cm)
Humedecimiento (agua)	231.03	19.24	65.49	16.80	2.39	28.88	4.79	87.49	32.57
Humedecimiento (CaCl ₂)	232.05	19.33	60.05	15.93	2.45	28.32	4.61	85.25	34.36
Testigo	226.62	18.89	58.25	16.57	2.35	27.17	4.55	73.53	31.39
Promedio	229.90	19.15	61.26	16.43	2.39	28.12	4.65	83.76	32.94
D.M.S. (5%)	28.82	2.41	12.30	3.18	0.49	2.32	0.52	11.64	2.06

para humedecimiento con Cloruro de calcio (CaCl_2), con un promedio de 19.15 gramos. En las características granos por espiga y tallos por metro lineal, el tratamiento con humedecimiento con agua, y para altura de planta el tratamiento con humedecimiento con CaCl_2 , fueron numéricamente mejores. En todas las características agronómicas estudiadas, los tratamientos con humedecimiento manifestaron valores ligeramente mayores en comparación del testigo. Daulay y Singh (1981) estudiaron el humedecimiento de la semilla con agua en varias profundidades de siembra en cártamo, y no encontraron diferencias significativas para población por metro cuadrado, altura de planta, número de ramas primarias, número de cápsulas por planta, rendimiento por planta, peso de 1000 granos y rendimiento por hectárea, reportando sólo diferencias mínimas entre dichas características.

Los promedios de rendimiento y otras características agronómicas en variedades de trigo, se muestran en el Cuadro 4.3. Presentaron también diferencias ligeras para la mayoría de las características. El rendimiento por parcela, rendimiento por metro lineal, espigas por metro lineal, granos por espiga, peso de granos por espiga, tallos por metro lineal, y altura de planta, la variedad Pavón (trigo harinero) registró el máximo valor. Mientras que la variedad Anáhuac presentó altos valores sólo para longitud de espiga (6.12 centímetros), siguiéndole Pavón (5.86 centímetros) encontrándose que dichas variedades presentan un grupo estadísticamente igual; la variedad Pavón manifestó 101.21 tallos

Cuadro 4.3. Promedios de rendimiento y otras características agronómicas en diferentes variedades de trigo harinero y duro bajo temporal.

Variedades	Rend. de parcela útil (g)	Rend. por metro lineal (g)	Espigas por metro	Granos por espiga	Peso de granos por espiga (g)	Peso de 1000 granos (g)	Long. de espiga (cm)	Tallos por metro lineal	Altura de planta (cm)
Anáhuac	237.08	19.75	64.77	17.08	2.47	26.27	6.12	87.81	35.93
Pavón	263.55	21.95	69.22	20.9	2.94	29.36	5.86	101.21	43.26
Chen "S"	220.81	18.19	56.33	15.27	2.11	29.22	3.46	75.56	27.78
Carcamoun "S"	198.16	16.42	54.78	12.47	2.06	27.63	3.17	70.44	24.81
Promedio	229.90	19.07	61.28	16.44	2.39	28.12	4.65	83.76	32.95
DMS (5%)	49.34	4.09	12.27	6.33	0.96	1.42	0.613	17.62	2.67

por metro lineal. pero produjo sólo 69.22 espigas por metro lineal, deduciéndose que aproximadamente el 46 por ciento - presentaron tallos sin espigas. Generalmente la misma tendencia se encontró con respecto a la proporción de tallos y espigas por metro lineal en todas las variedades estudiadas, indicando valores bajos en los componentes del rendimiento, causados por la sequía y salinidad.

Los resultados de este trabajo indican que no existen efectos en los humedecimiento de la semilla con agua y CaCl_2 para aumentar los rendimientos de trigo. Probablemente esto se debió al poco número de repeticiones y tamaño -- pequeño de parcela, aunado a la escasa precipitación y salinidad del suelo. Por lo tanto, debe considerarse para futuros estudios planear la siembra de semilla tratada en suelos libres de sal y en superficies grandes, con un mayor número de variedades y repeticiones, para obtener mejores resultados y determinar las ventajas del humedecimiento.

El conocimiento de la acción de los genes y parámetros genéticos, son muy importantes en un programa de selección para determinar la metodología del mejoramiento genético de los cultivos y para detectar las características útiles y no útiles en un programa de selección. Falconer (1970) y Kempthorne (1969) indican que la varianza fenotípica está constituida por la varianza genética, la varianza ambiental y su interacción, mientras que la varianza genética constituye efectos de genes aditivos, epistáticos y su interacción.

En este estudio la heredabilidad en el sentido amplio osciló entre 18.02 a 94.86 por ciento (Cuadro 4.4), las características altura de planta y longitud de espiga, registraron 94.86 y 91.57 por ciento respectivamente, considerándose que estos valores fueron altos y pueden ser efectivos en un programa de selección en generaciones tempranas y tardías. En las características tallos por metro lineal (54.28 por ciento) y el rendimiento y sus componentes, se encontraron valores menores de 40 por ciento.

El análisis de varianza para agua perdida en las hojas cortadas en diferentes tratamientos de humedecimiento, durante 30 y 60 días después de la siembra, se presentan en el Cuadro 4.5, indicando diferencias significativas para agua perdida en las hojas cortadas en las variedades en 24, 48 y 72 horas; altura de planta a los 30 días después de la siembra y agua perdida en 72 horas a los 60 días después de la siembra, estos resultados revelan una amplia gama de variabilidad para la retención y pérdida de humedad en los genotipos incluidos. Kuruvadi *et al.* (1987) y Kirkham *et al.* (1980) estudiaron el agua perdida y retenida en las hojas cortadas en frijol común y trigo respectivamente, y encontraron diferencias significativas para agua retenida y perdida después de 24, 48 y 72 horas de cortadas las hojas. El agua perdida en las hojas cortadas en diferentes humedecimientos y la interacción variedades-humedecimientos, mostraron diferencias no significativas para todas las características estudiadas a los 30 y 60 días después de la siembra -

Cuadro 4.4. Parámetros genéticos y heredabilidad en el sentido amplio para diferentes características agronómicas en diferentes humedecimientos de la semilla en trigo harinero y duro bajo temporal.

Parámetros genéticos	Rend. de parcela útil	Rend. por metro lineal	Espigas por metro	Granos por espiga	Peso de granos por espiga	Peso de 1000 granos	Long. de espiga	Tallos por metro lineal	Altura de planta
Varianza del error	2938.58	20.39	314.42	43.56	1.03	8.73	0.65	414.23	10.98
Varianza genotípica	554.28	3.84	23.05	9.17	0.08	1.59	2.39	163.60	67.68
Varianza fenotípica	1533.81	10.64	127.85	23.68	0.43	4.49	2.61	301.68	71.34
Heredabilidad amplia (c^2)	36.13	36.09	18.02	38.70	18.60	35.43	91.57	54.23	94.86

Cuadro 4.5. Análisis de varianza para agua perdida en las hojas cortadas en diferentes tratamientos de humedecimiento de la semilla de trigo harinero y duro a los 30 y 60 días después de la siembra bajo temporal.

Fuentes de variación	Grados de libertad	30 días después de la siembra		Altura de planta	60 días después de la siembra		Area de hoja bandera	
		Agua perdida en 24 hr	Agua perdida en 48 hr		Agua perdida en 24 hr	Agua perdida en 48 hr		
Bloques	2	3.19	3.63	3.44	1.67	0.59	2.00	2.37
Parcelas	11	3.14	2.61	2.94	2.12	1.86	2.19	1.89
Variedades (A)	3	7.38*	5.14*	6.48*	4.67NS	4.45NS	4.70*	3.35NS
Error (A)	6	0.001	0.001	0.882	0.004	0.007	0.005	6.665
Humedecimiento (B)	2	2.07NS	2.34NS	19.69**	0.004NS	1.217NS	0.384NS	0.658NS
Int. A x B	6	1.08NS	1.07NS	0.42NS	0.52NS	1.25NS	0.37NS	0.20NS
Error (B)	16	0.003	0.003	1.258	0.004	0.012	0.006	10.984
Total	35	0.003	0.003	2.890	0.005	0.013	0.007	9.782
C.V. (%)		26.88	25.43	9.54	43.23	60.07	41.61	17.579

* significativo al 5%

** significativo al 1%

NS no significativo

CV coeficiente de variación

excepto en altura de planta para humedecimientos. El coeficiente de variación para agua perdida en las hojas cortadas varió entre 24.94 a 60.07 por ciento. Estos valores se consideran altos, tal vez debido a los efectos adversos tales como extrema sequía, altas temperaturas y presencia de sales en el suelo.

El cultivo presentó una óptima humedad sólo hasta los 30 días después de la siembra, puesto que fue sembrado en buena humedad, y por las precipitaciones (31 milímetros) que se presentaron durante el mes de mayo (Figura 4.1). Sin embargo, la precipitación se redujo drásticamente entre los 40 y 60 días después de la siembra, mostrando las hojas marchitas y poca cantidad de agua en las células. Por consiguiente, sólo se encontraron diferencias significativas en las características de agua perdida en las hojas cortadas para variedades.

Los promedios de agua perdida en las hojas cortadas mostraron ligeras diferencias en los tratamientos de humedecimiento (Cuadro 4.6), el testigo mostró menor pérdida de agua en 24, 48 y 72 horas a los 30 días después de la siembra, en comparación con los tratamientos de humedecimiento con agua y CaCl_2 ; mientras que a los 60 días después de la siembra, el tratamiento con CaCl_2 manifestó menor pérdida de agua en las hojas cortadas, en comparación de los restantes tratamientos. Así mismo, los tratamientos de humedecimiento condicionaron el crecimiento vegetativo más rápido (hasta los 30 días mayor altura de planta), por lo que se

Cuadro 4.6. Promedios de agua perdida en las hojas cortadas en diferentes tratamientos de humedecimiento de semilla en trigo harinero y duro después de 30 y 60 días de la siembra bajo temporal.

Tratamientos	30 días después de la siembra		Altura de planta (cm)	60 días después de la siembra		Area de hoja bandera (cm)	
	Agua perdida en 24 hr (g)	Agua perdida en 48 hr (g)		Agua perdida en 24 hr (g)	Agua perdida en 48 hr (g)		
Humedecimiento (agua)	0.209	0.219	0.232	0.171	0.171	0.193	19.120
Humedecimiento (CaCl ₂)	0.225	0.237	0.254	0.157	0.157	0.174	19.450
Testigo	0.180	0.189	0.205	0.224	0.224	0.199	17.727
Promedio	0.204	0.215	0.230	0.184	0.184	0.190	18.765
D.M.S. (5%)	0.047	0.047	0.049	0.096	0.096	0.068	2.868

presume estaban más turgentes. La línea Carcamoun "S" de trigo duro presentó menor pérdida de agua en las hojas cortadas (Cuadro 4.7) en 24, 48 y 72 horas, a los 30 días después de la siembra; esto indica que dicha línea probablemente posee un mecanismo para cerrar los ostíolos o tal vez su protoplasma pierde agua muy lentamente, presentando mayor resistencia a transpiración que las variedades restantes (aún cuando sean del mismo grupo estadístico). Sin embargo, a los 60 días después de la siembra, la variedad Anáhuac demostró mayor retención de agua a las 24, 48 y 72 horas de cortadas las hojas, siguiéndole la línea Carcamoun "S" teniendo ambas variedades mecanismos para conservación de agua y resistencia a la tasa de transpiración. Kuruvadi *et al.* (1987) detectaron seis variedades en frijol común (Navidad 1165, Agramejo, Ciateño, LEF-3-RB, Pinto Americano y Azabache) como variedades con mayor retención de agua, resistencia a la transpiración y capacidad para evitar la sequía. Shandu y Laude (1985) encontraron una correspondencia entre la resistencia al calor y la sequía con la capacidad de retención de agua en las hojas cortadas en cinco variedades de trigo. Varios investigadores (Salim *et al.*, 1969; Kirkham *et al.*, 1980; y Clarke y MacCaing, 1982) evaluaron diferentes variedades en diversos cultivos con el objeto de clasificarlos según sus resistencia y susceptibilidad a sequía, utilizando diversas pruebas; encontraron que la prueba de agua retenida o perdida en las hojas cortadas, es uno de los mejores métodos de discriminación para detectar genotipos con resistencia a sequía.

Cuadro 4.7. Promedios de agua perdida en las hojas cortadas en diferentes variedades de trigo harinero y duro después de 30 y 60 días de la siembra bajo temporal.

Variedades	30 días después de la siembra			Altura de planta (cm)	60 días después de la siembra			Area de hoja bandera (cm)
	Agua perdida en 24 hr (g)	Agua perdida en 48 hr (g)	Agua perdida en 72 hr (g)		Agua perdida en 24 hr (g)	Agua perdida en 48 hr (g)	Agua perdida en 72 hr (g)	
Anáhuac	0.225	0.232	0.246	12.677	0.114	0.123	0.143	6.124
Pavón	0.242	0.251	0.265	13.713	0.148	0.239	0.179	5.862
Chen "S"	0.187	0.204	0.221	12.166	0.223	0.235	0.265	3.445
Carcomoun "S"	0.164	0.173	0.189	12.705	0.133	0.140	0.174	3.167
Promedio	0.204	0.215	0.230	12.940	0.154	0.184	0.190	4.649
D.M.S. (5%)	0.095	0.051	0.048	1.083	0.076	0.100	0.083	0.613

En lo referente a parámetros genéticos y estimación de heredabilidad para agua perdida en las hojas cortadas, se encontró un 32 a 50 por ciento y un 15.70 a 40 por ciento de heredabilidad en el sentido amplio a los 30 y 60 días después de la siembra respectivamente (Cuadro 4.8), revelando que estos valores son bajos y podrían ser no efectivos en un programa de selección; al respecto, Kuruvadi *et al.* (1987) estudiaron el agua perdida en las hojas cortadas en frijol común durante 24, 48 y 72 horas, encontrando valores de heredabilidad en sentido amplio de 15.5, 30.0 y 38.9 por ciento respectivamente, indicando que estos valores fueron bajos y la selección de esta característica es difícil en los programas de mejoramiento de frijol.

Las correlaciones entre diferentes pares de características obtenidas en las variedades de trigo, se presentan en el Cuadro 4.9. Existe una correlación positiva y significativa entre rendimiento de parcela con diferentes características, tales como: rendimiento por metro lineal ($r = 0.999$), espigas por metro lineal ($r = 0.956$), granos por espigas ($r = 0.998$), tallos por metro lineal ($r = 0.981$), altura de planta a la cosecha ($r = 0.979$), agua perdida en 24 horas ($r = 0.979$), 48 horas ($r = 0.973$) y 72 horas ($r = 0.985$). Se detectaron correlaciones semejantes entre rendimiento por metro lineal y las características anteriores. Kuruvadi y Cortinas (1987) enfatizaron que el rendimiento es un carácter complejo controlado por poligenes de núcleos y citogenes de en relación con el medio ambiente, y no es el mejor criterio

Cuadro 4.9. Correlaciones entre diferentes pares de características en diferentes variedades de trigo harinero y duro, bajo temporal.

Carácter	Rend. Espigas por metro lineal	Granos por espiga	Peso de granos por espiga	Peso de 1000 granos	Longitud de espiga	Tallós por metro lineal	Altura de planta a la cosecha	30 días después de la siembra			60 días después de la siembra					
								Agua perdida en 24 hr	Agua perdida en 48 hr	Agua perdida en 72 hr	Agua perdida en 24 hr	Agua perdida en 48 hr	Agua perdida en 72 hr			
Rendimiento de parcela útil	0.999**	0.956*	0.998*	0.956*	0.282	0.849	0.981*	0.979*	0.973*	0.984*	0.985*	0.800	-0.108	0.467	0.200	0.246
Rendimiento por metro lineal	0.965*	0.997*	0.963*	0.963*	0.257	0.863	0.987*	0.985*	0.973*	0.984*	0.984*	0.801	-0.141	0.441	0.232	0.218
Espigas por metro lineal	0.946*	0.973*	0.946*	0.973*	0.038	0.944	0.987*	0.993*	0.984*	0.958*	0.950*	0.761	-0.393	0.208	-0.476	0.013
Granos por espiga	0.962*	0.324	0.962*	0.962*	0.324	0.825	0.981*	0.977*	0.962*	0.973*	0.947*	0.829	-0.092	0.499	-0.182	0.203
Peso de granos por espiga	0.221	0.846	0.992*	0.988*	0.221	0.846	0.992*	0.988*	0.938	0.917	0.912	0.888	-0.315	0.351	-0.392	-0.043
Peso de 1000 granos	-0.265	0.191	0.153	0.057	0.142	0.166	0.557	0.732	0.982*	0.714	0.359	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
Longitud de espiga	0.883	0.903	0.946	0.907	0.895	0.509	-0.525	-0.063	-0.606	0.028	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
Tallos por metro lineal	0.999**	0.973*	0.960*	0.956*	0.838	-0.275	0.353	0.360	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
Altura de planta a la cosecha	0.980*	0.964*	0.959*	0.959*	0.816	-0.302	0.318	-0.387	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057
Agua perdida en 24 hr	0.991*	0.987*	0.693	0.991*	0.991*	0.987*	0.685	-0.154	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299
Agua perdida en 48 hr	0.686	-0.124	0.382	-0.220	0.323	0.323	0.323	0.323	0.323	0.323	0.323	0.323	0.323	0.323	0.323	0.323
Agua perdida en 72 hr	-0.104	0.584	-0.156	-0.149	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762
Altura de planta	0.745	0.995*	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762
Agua perdida en 24 hr	0.703	0.543	0.703	0.543	0.703	0.543	0.703	0.543	0.703	0.543	0.703	0.543	0.703	0.543	0.703	0.543
Agua perdida en 48 hr	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709
Agua perdida en 72 hr	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709	0.709

** significativo al 10%
* significativo al 50%

Cuadro 4.8. Parámetros genéticos y heredabilidad en el sentido amplio para agua perdida en las hojas cortadas en diferentes tratamientos de humedecimiento a la semilla en trigo harinero y duro después de 30 y 60 días de la siembra bajo temporal.

Parámetros genéticos	30 días después de la siembra		60 días después de la siembra		Area de hoja bandera (cm)	
	Agua perdida en 24 hr (g)	Agua perdida en 48 hr (g)	Agua perdida en 24 hr (g)	Agua perdida en 48 hr (g)		
Varianza del error	0.004	0.0050	0.0050	0.003	0.011	17.649
Varianza genotípica	0.001	0.0009	0.0008	0.001	0.002	1.741
Varianza fenotípica	0.002	0.0025	0.0025	0.004	0.005	7.624
Heredabilidad amplia	50.00	36.00	32.00	25.00	40.00	22.83

(4)

para seleccionar por su baja heredabilidad y alta interacción con el medio ambiente, por lo tanto, debe ser mejorado a través de sus componentes. El rendimiento no es posible verlo visualmente en el campo, mientras que las características tallos y espigas por metro lineal y altura de planta sí son fácilmente visibles y podemos utilizarlas como selección directa para seleccionar líneas superiores. Actualmente todos los fitomejoradores de trigo están practicando, entre otros criterios, la selección para espigas por planta o por unidad de superficie como criterio de selección visual para identificar variedades sobresalientes. Se observó una asociación muy estrecha entre espigas por metro lineal con granos por espiga, peso de granos por espiga, tallos por metro lineal, altura de planta y agua perdida en 24, 48 y 72 horas, encontrándose una relación directa entre peso de granos por espiga, tallos por metro lineal y altura de planta. Por lo tanto, es posible utilizarlas en la selección indirecta para rendimiento.

Humedecimiento de la Semilla y su Efecto sobre el Porcentaje de Germinación y Características de Plántula bajo Condiciones de Laboratorio

El análisis de varianza para diferentes características a nivel de plántula en trigo y diferentes tratamientos de humedecimiento a la semilla, son presentados en el Cuadro 4.10. El análisis de varianza indicó diferencias significativas para peso fresco y seco de raíz y vástago, longitud total de raíz, número de raíces, altura de planta,

Cuadro 4.10. Análisis de varianza para diferentes características de plántulas en trigo con diferentes métodos de humedecimiento.

Fuente de variación	Grados de libertad	F c a l c u l a d a					Longitud total de raíz	Número de raíces	Longitud de coleoptilo	Altura de plántula	Porcentaje de germinación
		Peso fresco de raíz	Peso seco de raíz	Peso fresco de vástago	Peso seco de vástago	Peso total de raíz					
Parcelas	15	12.784	53.700	8.269	67.360	12.465	32.559	1.659	2.668	2.420	
Variedades (A)	3	59.919	264.464	37.346	332.640	48.328	158.403	4.297	9.344	8.103	
Error (A)	12	0.002	0.00002	0.002	0.00001	22.113	0.084	0.112	0.681	12.671	
Humedecimiento (B)	2	9.022	1.953	17.149	9.206	9.193	0.662	3.198	16.152	51.309	
Int. A x B	6	4.651	1.337	1.926	1.939	1.143	1.876	4.307	2.551	0.892	
Error (B)	24	0.002	0.00003	0.002	0.00002	33.309	0.114	0.130	0.560	6.632	
Total	47	0.011	0.0004	0.008	0.003	122.873	45.426	0.126	1.344	28.414	
C.V.		20.42	20.42	10.05	13.96	15.17	6.93	9.15	7.50	27.88	

* significativo al 5%

** significativo al 1%

NS no significativo

CV coeficiente de variación

longitud de coleoptilo y porcentaje de germinación en los tratamientos de la subparcela (humedecimientos) y parcela mayor (variedades), manifestando una amplia gama de variabilidad en todas las características a nivel de plántula, siendo factible la selección de estas características. Varios investigadores (Salim y Tood, 1968; Mikkelsen y Sinah, 1961; y Lyles y Fanning, 1964) estudiaron el efecto del humedecimiento de la semilla con agua y varias sustancias químicas en los cultivos de trigo y cebada, arroz y sorgo de grano, y encontraron diferencias significativas para las características de plántula, velocidad de germinación y emergencia. En este experimento no se detectaron diferencias significativas para número de raíces y peso seco de raíz en los diferentes tratamientos de humedecimiento. En la interacción entre variedades y humedecimientos se encontraron diferencias significativas sólo para peso fresco de raíz, longitud de coleoptilo y altura de planta. El coeficiente de variación osciló entre 6.93 a 20.42 por ciento para todas las características de plántula evaluadas, excepto en el porcentaje de germinación (27.88 por ciento) deduciéndose que la conducción del experimento y los resultados obtenidos son confiables.

Kuruvadi y Guzmán (1987) mencionan que las características de plántula son de gran importancia puesto que los genotipos con características de plántulas sobresalientes producen rápido crecimiento, excelente emergencia, establecimiento uniforme y una óptima población bajo condiciones

de temporal, indicando que dichas características están correlacionadas positivamente con el establecimiento del cultivo en el campo. Los promedios para diferentes características agronómicas en plántulas de trigo y diferentes humedecimientos, muestran diferencias considerables (Cuadro 4.11). El tratamiento de CaCl_2 manifestó valores altos para peso fresco y seco de raíz, peso fresco de vástago, longitud de raíz, número de raíces, longitud de coleoptilo y altura de planta en comparación del humedecimiento con agua y el testigo; para el porcentaje de germinación y peso seco de vástago el tratamiento con agua manifestó valores más altos que el humedecimiento con CaCl_2 . Generalmente en la mayoría de las características estudiadas, el testigo expresó valores menores que los tratamientos de humedecimiento, estableciendo que definitivamente existe un efecto positivo de los pretratamientos sobre las características de plántula; similares resultados fueron obtenidos por Salim y Tood (1968) quienes reportaron que el humedecimiento con CaCl_2 al 0.25 por ciento, en semillas de trigo y cebada, incrementa la longitud de raíz y vástago en mayor proporción que el humedecimiento con agua, pero reduce drásticamente el porcentaje de germinación en trigo. Para peso fresco de raíz, el testigo, y humedecimiento con agua y con CaCl_2 produjeron 0.197, 0.267 y 0.277 gramos respectivamente, mientras que para peso seco de vástago el humedecimiento con agua produjo 0.038 gramos; humedecimiento con CaCl_2 , 0.036 gramos, y el testigo 0.031 gramos. Para las características longitud total de raíz y altura de

Cuadro 4.11. Promedios de diferentes características de plántulas en trigo harinero y duro en diferentes tratamientos de humedecimiento de semilla.

Tratamiento	Peso fresco de raíz (g)	Peso seco de raíz (g)	Peso fresco de vástago (g)	Peso seco de vástago (g)	Peso total de raíz (g)	Longitud de raíces coleoptilo (cm)	Número de raíces coleoptilo	Longitud de plántula (cm)	Altura de plántula (cm)	Germinación (%)
Humedecimiento (agua)	0.277	0.030	0.416	0.038	38.649	4.038	4.838	10.233	89.190	
Humedecimiento (CaCl ₂)	0.267	0.031	0.442	0.036	42.075	4.056	4.963	10.574	80.130	
Testigo	0.197	0.027	0.359	0.031	33.390	3.768	4.850	9.134	86.500	
Promedio	0.230	0.029	0.406	0.035	38.038	3.954	4.883	9.980	85.270	
D.M.S. (5%)	0.034	0.004	0.029	0.004	4.212	0.264	0.338	0.546	1.879	

plántula, los tratamientos de humedecimiento con CaCl_2 y el testigo presentaron valores de 42.08 y 33.39 centímetros; - 10.57 y 9.13 centímetros respectivamente. En el porcentaje de germinación el tratamiento con agua produjo la máxima - germinación (89.19 por ciento), siguiéndole el testigo - (86.50 por ciento) y el tratamiento de CaCl_2 (80.13 por - ciento) formando grupos estadísticamente independientes. El tratamiento de CaCl_2 probablemente redujo el porcentaje de germinación debido al efecto tóxico de la sal sobre la semilla, sin embargo, en siete de las ocho características estudiadas presentó valores más altos que el tratamiento con - agua y el testigo; de acuerdo con la literatura, semejantes trabajos han sido reportados usando tratamientos de sales, McCollum y Linn (1955) establecen que el prolongado tratamiento con hipoclorito de sodio (NaOCl) reduce el porcentaje de germinación en semilla de pimienta. Henckel (1964) indica que el humedecimiento con CaCl_2 en solución de 0.025M, incrementa la viscosidad citoplasmática, el crecimiento de la raíz y la resistencia de la deshidratación en tomate, mijo y trigo. El tratamiento de CaCl_2 mostró un efecto positivo sobre las características de plántula, determinándose - que acelera el crecimiento y velocidad de emergencia.

Los promedios de diferentes características en las variedades estudiadas (Cuadro 4.12) indican que la línea de trigo macarronero Carcamoun "S" produjo valores altos para peso fresco y seco de raíz, peso fresco de vástago y altura de planta, mientras que la línea Chen "S" en peso seco de

Cuadro 4.12. Promedios de diferentes características de plántulas en variedades de trigo harinero y duro en tres tratamientos de humedecimiento

Variedades	Peso fresco de raíz (g)		Peso seco de raíz (g)		Peso seco de vástago total raíz (g)	Longitud total raíz (cm)	Número raíces	Longitud coleoptilo (cm)	Altura de plántula (cm)	Germinación (%)
	raíz (g)	raíz (g)	raíz (g)	raíz (g)						
Anáhuac	0.125	0.009	0.017	0.301	29.273	3.933	3.795	9.493	88.250	
Pavón	0.191	0.012	0.021	0.373	28.980	4.017	3.775	9.303	84.080	
Chen "S"	0.255	0.047	0.050	0.487	48.492	5.933	4.180	10.230	87.160	
Carcamoun "S"	0.349	0.049	0.052	0.462	45.407	5.650	4.065	10.993	81.830	
Promedio	0.230	0.029	0.035	0.406	38.038	4.383	3.954	9.978	85.330	
D.M.S. (5%)	0.038	0.004	0.003	0.043	4.183	0.258	0.298	0.734	3.166	

vástago, longitud total de raíz, número de raíces y longitud de coleoptilo, dichas líneas de trigo macarronero respondieron mejor que las variedades de trigo harinero, indicando que cada variedad puede mostrar respuesta diferente para estas características. La variedad Anáhuac expresó el mayor porcentaje de germinación (88.25 por ciento) siguiéndole la línea Chen "S" con 87.16 por ciento, considerándose iguales estadísticamente. La variedad Pavón y la línea Carcamoun "S" produjeron valores ligeramente bajos de 84.08 y 81.83 por ciento de germinación, respectivamente. Maití *et al.* (1986) estudiaron el humedecimiento en semilla de sorgo e indican que los híbridos interactúan en menor proporción con el humedecimiento que las líneas, estableciendo que existe variabilidad en las líneas de sorgo, posterior al humedecimiento para vigor de la plántula y profundidades de siembra.

La heredabilidad en el sentido amplio (Cuadro 4.13) produjo valores para peso seco de raíz (97.87 por ciento), número de raíces (95.67 por ciento), peso seco de vástago (89.47 por ciento), peso fresco de raíz (88.88 por ciento), longitud de raíz (88.40 por ciento), peso fresco de vástago (87.50 por ciento), estos valores fueron altos y pueden ser efectivos en el mejoramiento genético del trigo. Para el porcentaje de germinación (69.85 por ciento), altura de planta (60.33 por ciento), fueron valores ligeramente altos y podrían ser efectivos en un programa de selección. Referente a longitud de coleoptilo, produjo bajo porcentaje de

Cuadro 4.13. Parámetros genéticos para diferentes características de plántulas en trigo con diferentes tratamientos de humedecimiento a la semilla.

Parámetros genéticos	Peso fresco de raíz		Peso seco de raíz		Peso fresco de vástago		Peso seco de vástago		Longitud total de raíz	Número de raíces	Longitud de coleoptilo	Altura de planta	Porcentaje de germinación
	0.004	0.008	0.00002	0.00046	0.003	0.007	0.00003	0.00034					
Varianza error									55.421	0.198	0.243	1.241	19.304
Varianza genotípica									105.638	1.107	0.030	0.473	7.501
Varianza fenotípica									119.494	1.157	0.091	0.784	12.327
Heredabilidad am - plia* (%)	88.88		97.87		87.50		89.47		88.40	95.67	32.96	60.33	60.85

heredabilidad (32.86 por ciento).

El estimar correlaciones genéticas o fenotípicas entre diferentes características, es de gran interés para el fitomejorador, puesto que conoce el grado de asociación entre las diferentes características, y al realizar selección para un carácter, puede seleccionar otro; al respecto, los coeficientes de correlaciones simples de los diferentes pares de características de plántula para humedecimiento de la semilla, son presentados en el Cuadro 4.14; observándose una asociación positiva y significativa entre peso fresco de raíz y peso seco de vástago ($r = 0.998$), longitud de coleoptilo ($r = 0.992$) y altura de planta ($r = 0.999$). La misma tendencia de asociación fue observada entre las características de la plántula en las variedades (Cuadro 4.15) donde se observa una correlación positiva y significativa entre peso seco de raíz con longitud total de raíz, número de raíces y longitud de coleoptilo, encontrándose fuertes asociaciones entre longitud total de raíces con número de raíces ($r = 0.999$) y longitud de coleoptilo ($r = 0.993$), estos resultados coinciden con lo reportado por Kuruvadi (1988a) quien encontró fuertes asociaciones a nivel de plántula en trigo macarronero entre número de raíces con longitud de raíces y longitud de vástago, y una correlación altamente significativa entre longitud de raíces con longitud de vástago. También se encontraron altos valores entre otras características, pero por el tamaño de muestra pequeño, no alcanzó a ser significativo.

Cuadro 4.14. Correlaciones fenotípicas entre diferentes pares de características de plántula en tres tratamientos de humedecimiento de semilla de trigo

Carácter	Peso fresco de raíz		Peso seco de vástago		Peso fresco de vástago		Longitud total de raíces		Número de raíces		Longitud de coleoptilo		Altura de plántula		Porcentaje de germinación	
Peso seco de raíz	0.910	0.926	0.998*	0.976	0.976	0.577	0.992*	0.999*	-0.402							
Peso fresco de raíz	-	0.685	0.953	0.978	0.851	0.864	0.928	-0.749								
Peso seco de vástago	-	-	0.873	0.821	0.996*	0.226	0.907	-0.026								
Peso fresco de vástago	-	-	-	0.995*	0.970	0.672	0.997*	-0.510								
Longitud total de raíces	-	-	-	-	-	0.741	0.941	-0.592								
Número de raíces	-	-	-	-	-	-	0.471	-0.980								
Longitud de coleoptilo	-	-	-	-	-	-	-	0.985	-0.285							
Altura de plántula	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.443							

* significativo al 5%

** significativo al 1%

Cuadro 4.15. Correlaciones fenotípicas entre diferentes pares de características de plántula en variedades de trigo harinero y duro en tratamientos de humedecimiento.

Carácter	Peso		Peso		Longitud total de raíces	Número de raíces	Longitud de coleoptilo	Altura	
	fresco de raíz	seco de vástago	fresco de vástago	seco de raíces				de plántula	de germinación
Peso seco de raíz	0.895	0.646	0.943	0.987*	0.990**	0.961*	0.925	-0.381	
Peso fresco de raíz	-	0.806	0.859	0.812	0.830	0.740	0.925	-0.751	
Peso seco de vástago	-	-	0.489	0.526	0.536	0.424	0.866	-0.790	
Peso fresco de vástago	-	-	-	0.934	0.948	0.913	0.776	-0.418	
Longitud total de raíces	-	-	-	-	0.999**	0.993**	0.871	-0.230	
Número de raíces	-	-	-	-	-	0.989**	0.872	-0.265	
Longitud de coleoptilo	-	-	-	-	-	-	0.813	-0.122	
Altura de plántula	-	-	-	-	-	-	-	-0.518	

* significativo al 5%

** significativo al 1%

Estudio del Efecto del Humedecimiento de la Semilla,
sobre el Potencial del Sistema Radicular y otras
Características Agronómicas a Nivel Invernadero

El análisis de varianza para diferentes características agronómicas de las variedades de trigo y diferentes humedecimientos 60 días después de la siembra en macetas, se muestran en el Cuadro 4.16, indicando diferencias significativas para peso fresco y seco de vástago, altura de planta y longitud de espiga, revelando una variabilidad considerable en las variedades y los tratamientos. Varios investigadores (Singh y Singh, 1973; Maití *et al.*, 1986; Henckel, 1964; y Parthakur *et al.*, 1973) estudiaron el pretratamiento de la semilla con agua, CaCl_2 y otras sustancias químicas, encontrando diferencias significativas a nivel de plántula, planta adulta y componentes de rendimiento en los cultivos de calabaza, sorgo de grano, trigo y arroz. Para el peso seco de raíz en las variedades, peso seco de raíz y longitud de espiga en los humedecimientos, y en todas las características de la interacción variedades y humedecimientos, no mostraron diferencias significativas. El coeficiente de variación osciló entre 3.91 y 14.46 por ciento para todas las características estudiadas, indicando que los resultados obtenidos son altamente confiables.

Los promedios de diferentes características agronómicas de diversos tratamientos de humedecimientos y variedades de trigo 60 días después de la siembra, son representados en los Cuadros 4.17 y 4.18 respectivamente. El

Cuadro 4.16. Análisis de varianza para diferentes características agronómicas en trigo 60 días después de la siembra en macetas.

Fuentes de variación	Grados de libertad	f c a l c u l a d a			Altura de planta	Longitud de espiga
		Peso seco de raíz	Peso fresco de vástago	Peso seco de vástago		
Parcelas	15	1.371	2.817	3.788	11.844	8.211
Variedades (A)	3	2.649NS	10.035**	14.955**	55.220**	37.005**
Error (A)	12	0.0008	0.159	0.017	19.286	0.653
Humedecimiento (B)	2	1.606NS	9.504**	4.803*	5.877**	1.079NS
Int. A x B	6	0.275NS	0.187NS	0.623NS	0.119NS	0.842NS
Error (B)	24	0.0004	0.109	0.021	25.844	0.618
Total	47	0.0006	0.242	0.038	92.958	2.132
C.V. (%)		3.91	9.75	13.18	14.46	13.56

Cuadro 4.17. Promedio de diferentes características agronómicas con diferentes tratamientos de humedecimiento en trigo 60 días después de la siembra en macetas.

Tratamiento	Peso seco de raíz (g)	Peso fresco de vástago (g)	Peso seco de vástago (g)	Altura de planta (cm)	Longitud de espiga (cm)
Humedecimiento (agua)	0.292	3.150	1.150	37.080	5.860
Humedecimiento (CaCl ₂)	0.295	3.410	1.130	34.610	5.970
Testigo	0.282	3.040	1.000	32.350	5.570
Promedio	0.289	3.320	1.093	34.680	5.800
D.M.S. (5%)	0.015	0.236	0.097	3.709	0.573

Cuadro 4.18. Promedio de diferentes características agronómicas en variedades de trigo después de 60 días de la siembra en macetas.

Variedades	Peso seco de raíz (g)	Peso fresco de raíz (g)	Peso seco de vástago (g)	Altura de planta (cm)	Longitud de espiga (cm)
Anáhuac	0.282	3.800	1.300	44.490	7.600
Pavón	0.274	3.370	1.080	40.610	6.240
Chen "S"	0.297	2.940	0.950	25.900	4.840
Carcomoun "S"	0.305	3.170	1.030	27.720	4.530
Promedio	0.289	3.320	1.090	34.680	5.302
D.M.S. (5%)	0.026	0.355	0.129	3.906	0.718

humedecimiento de la semilla con agua y CaCl_2 mostró un ligero aumento en los valores de peso seco de raíz, peso fresco y seco de vástago y longitud de espiga, en comparación con el testigo. El tratamiento con CaCl_2 manifestó valores altos en peso seco de raíz y longitud de espiga, en comparación del tratamiento con agua, mientras que para peso fresco y seco de vástago y altura de planta, el tratamiento con agua fue mejor. Estos resultados confirman lo reportado por Harvinder *et al.* (1974), quien reporta que el humedecimiento de semilla de trigo con fitohormonas aumenta en mayor cantidad el crecimiento del sistema radicular, número de tallos, peso seco de vástago, altura de planta y rendimiento, en comparación con el tratamiento con agua. Henckel (1964) encontró que la semilla de trigo tratada con cloruro de calcio (CaCl_2) aumenta la viscosidad del citoplasma y resistencia a la deshidratación por la sequía. Entre las cuatro variedades probadas, las líneas Carcamoun "S", en peso seco de raíz, y la variedad Anáhuac (trigo harinero) para peso seco y fresco de vástago, altura de planta y longitud de espiga, fueron mejor que el resto de las variedades. El peso seco de raíz varió entre 0.274 a 0.305 gramos, con un promedio de 0.289. La variedad Anáhuac produjo altos valores para las cuatro características citadas, formando un solo grupo estadísticamente. En la región de la Sierra de Arteaga, Coahuila, la mayoría de los campesinos prefieren la variedad Anáhuac para siembras de temporal, por su alto rendimiento y adaptación. En este experimento también produjo

altos valores de materia biológica.

La heredabilidad en el sentido amplio para diferentes características agronómicas (Cuadro 4.19) mostró en longitud de espiga (89.00 por ciento), altura de planta (88.52 por ciento) revelando valores altos, mientras que para peso seco de vástago (66.66 por ciento), peso fresco de vástago (64.17 por ciento) y peso seco de raíz (50.00 por ciento) presentaron valores intermedios, encontrándose que estas características son efectivas en un programa de selección.

Se encontraron correlaciones significativas entre peso fresco de vástago y peso seco de vástago ($r = 0.997$) y peso seco de raíz con longitud de espiga ($r = 0.999$), en los tratamientos de humedecimiento (Cuadro 4.20), mientras que en variedades (Cuadro 4.21) se detectaron asociaciones entre peso fresco y peso seco de vástago ($r = 0.990$) y entre altura de planta y longitud de espiga ($r = 0.950$).

Estudio del Efecto del Humedecimiento sobre la Germinación de la Semilla, a intervalos de 10, 20 y 30 días Durante su Almacenamiento

El análisis de varianza para el porcentaje de germinación en la semilla humedecida y almacenada, indicó diferencias significativas para el porcentaje de germinación en los tratamientos y variedades a los 10, 20 y 30 días de almacenamiento (Cuadro 4.22) no encontrándose significancia para la interacción entre las variedades y los humedecimientos en las tres fechas de almacenamiento. El coeficiente de

Cuadro 4.19. Parámetros genéticos para diferentes características agronómicas con diferentes tratamientos de humedecimiento en triqo 60 días después de la siembra en macetas.

Parámetros genéticos	Peso seco de raíz	Peso fresco de vástago	Peso seco de vástago	Altura de planta	Longitud de espiga
Varianza del error	0.001	0.264	0.038	45.130	0.966
Varianza genotípica	0.0002	0.120	0.020	87.142	1.959
Varianza fenotípica	0.0004	0.187	0.030	98.425	2.201
Heredabilidad amplia (%)	50.00	64.17	66.66	88.53	89.00

Cuadro 4.20. Correlaciones entre diferentes pares de características agronómicas con tres métodos de humedecimiento en trigo 60 días después de la siembra en macetas

Carácter	Peso fresco de vástago	Peso seco de vástago	Altura de planta	Longitud de espiga
Peso seco de raíz	0.911	0.941	0.626	0.999*
Peso fresco de vástago	-	0.997*	0.892	0.980
Peso seco de vástago	-	-	0.853	0.924
Altura de plántula	-	-	-	0.588

* significativo al 5%

** significativo al 1%

Cuadro 4.21. Correlaciones entre diferentes pares de características agronómicas en variedades de trigo después de 60 días de la siembra en macetas.

Carácter	Peso fresco de vástago	Peso seco de vástago	Altura de planta	Longitud de espiga
Peso seco de raíz	-0.620	-0.538	-0.897	0.793
Peso fresco de vástago	-	0.990**	0.900	0.933
Peso seco de vástago	-	-	0.843	0.921
Altura de planta	-	-	-	0.950*

* significativo al 5%

** significativo al 1%

Cuadro 4.22. Análisis de varianza en la semilla humedecida y almacenada 10, 20 y 30 días, para el porcentaje de germinación en trigo harinero y duro.

Fuentes de variación	Grados de libertad	F c a l c u l a d a		
		Porcentaje germinación 10 días de almacenamiento	Porcentaje germinación 20 días de almacenamiento	Porcentaje germinación 30 días de almacenamiento
Parcelas	15	1.90	2.34	1.83
Variedades (A)	3	50.50**	7.74**	5.15**
Error (A)	12	13.51	37.86	15.20
Humedecimiento (B)	3	15.43**	38.26**	194.29**
Int. A x B	9	1.17 NS	0.41 NS	1.62 NS
Error (B)	36	16.62	38.49	12.76
Total	63	30.63	110.65	134.98
C.V. (%)		4.88	8.01	4.78

* significativo al 5 por ciento

** significativo al 1 por ciento

CV coeficiente de variación

variación registró 4.8, 8.01 y 4.78 por ciento a los 10, 20 y 30 días de almacenamiento respectivamente, estos valores se consideran muy bajos, indicando que la conducción del experimento y los resultados obtenidos, son altamente confiables.

Los promedios de porcentaje de germinación para las tres fechas de almacenamiento se presentan en el Cuadro 4.23. Es interesante observar que la semilla humedecida con agua y sin almacenar produjo 11.22 por ciento más de germinación - que el tratamiento de humedecimiento de la semilla con CaCl_2 no almacenada, revelando que el CaCl_2 mostró un efecto tóxico sobre la germinación de la semilla, estos resultados confirman lo reportado por Salim y Todd (1968) quienes también encontraron un decremento en el porcentaje de germinación - en semilla de trigo al tratar la semilla con CaCl_2 al 0.25 por ciento. El humedecimiento con agua, almacenada la semilla, redujo 6.48, 17.51 y 23.53 por ciento de germinación a los 10, 20 y 30 días de almacenamiento respectivamente, en comparación del testigo (humedecimiento con agua, no almacenada).

El almacenamiento de la semilla tratada, definitivamente deteriora el porcentaje de germinación y esta deterioración puede aumentar si se prolonga el período de almacenamiento. Por lo tanto, los investigadores y campesinos deben sembrar la semilla de trigo lo más rápido posible, pero en un momento dado, por causa de detalles imprevistos, si se

Cuadro 4.23. Promedios para el porcentaje de germinación en tratamientos de humedecimiento a la semilla en períodos de almacenamiento de 10, 20 y 30 días, en trigo hari_ nero y duro.

Tratamientos	Germinación 10 días de almacenamiento (%)	Germinación 20 días de almacenamiento (%)	Germinación 30 días de almacenamiento (%)
Humedecimiento (agua) no almacenado	89.18	89.18	89.18
Humedecimiento (CaCl ₂) no almacenado	60.18	80.18	80.18
Humedecimiento (agua) almacenado	83.36	73.56	68.19
Humedecimiento (CaCl ₂) almacenado	81.31	66.68	61.20
Promedio	83.51	77.40	74.68
DMS (5%)	2.92	4.45	2.56

siembra después de 10 o 20 días de tratada la semilla con agua, la cantidad de semilla para sembrar tiene que ser aumentada en un 6.49 y 17.51 por ciento respectivamente para compensar la pérdida de germinación durante el período de almacenamiento. Sin embargo, resultados opuestos fueron obtenidos por Savino *et al.* (1979), quienes reportan que la semilla de tomate, zanahoria y chícharo, almacenada durante 60 días después de tratarse, no reduce la germinación y la semilla mantiene mayor vigor y viabilidad por más tiempo durante el almacenamiento que el testigo. No es recomendable sembrar semilla tratada con agua después de 30 días de almacenamiento por su bajo porcentaje de germinación, además que la germinación de la semilla fue realizada en cámara germinadora bajo ambientes de humedad y temperaturas controladas, de tal manera que en ambientes de campo no controlados resultarían porcentajes de germinación más bajos debido a la escasa humedad disponible en el suelo en zonas de temporal.

El porcentaje de germinación de la semilla humedecida con CaCl_2 almacenada perdió 20.24 y 31.01 por ciento a los 20 y 30 días de almacenamiento respectivamente, en comparación del testigo (semilla humedecida con CaCl_2 no almacenada). La semilla tratada con CaCl_2 almacenada, redujo el porcentaje de germinación en 2.06, 6.88 y 6.99 por ciento más que el humedecimiento de la semilla con agua almacenada durante 10, 20 y 30 días de almacenamiento respectivamente. Sin embargo, el tratamiento con CaCl_2 aumenta el vigor de las plántulas en mayor proporción que el humedecimiento con

agua. La siembra de la semilla tratada con CaCl_2 almacenada, puede ser sembrada sólo hasta los 10 días de almacenamiento debido a que el porcentaje de germinación no fue reducido drásticamente, no recomendándose la siembra de semilla tratada después de 20 y 30 días de almacenamiento. Algunas observaciones fueron realizadas durante el período de almacenamiento y se observó que en la semilla pretratada con agua y CaCl_2 mostraban embriones deteriorados y desprendidos del endospermo, especialmente en mayores cantidades en la semilla tratada con CaCl_2 .

La variedad Anáhuac manifestó el máximo porcentaje de germinación, siguiéndole la línea Chen "S", formando un grupo único estadísticamente igual (Cuadro 4.24). La variedad Anáhuac produjo el mayor porcentaje de germinación (86.06, 81.12 y 77.25) a los 10, 20 y 30 días respectivamente, siguiéndole la variedad Pavón y la línea Chen "S". El porcentaje de germinación que perdió la variedad Anáhuac después de 10 y 20 días de almacenamiento, fue de 4.94 y 8.81 respectivamente, en comparación de los primeros 10 días, indicando que la reducción de la germinación siguió una tendencia gradual al aumentar el tiempo de almacenamiento; la misma tendencia de reducción fue observada en las demás variedades durante el período de almacenamiento. Hubo una reducción en el porcentaje de germinación entre los primeros 20 días de almacenamiento, pero se disminuye más drásticamente después de los 20 días, probablemente esta disminución fue debido al desprendimiento de embriones y la deterioración de los mismos

Cuadro 4.24. Promedios para el porcentaje de germinación después de 10, 20 y 30 días de almacenamiento de la semilla humedecida, en variedades de trigo harinero y duro.

Variedades	Germinación 10 días de almacenamiento (%)	Germinación 20 días de almacenamiento (%)	Germinación 30 días de almacenamiento (%)
Anáhuac	86.06	81.12	77.25
Pavón	83.06	77.25	75.12
Chen "S"	84.06	79.93	74.5
Carcamoun "S"	80.87	72.31	71.87
Promedio	83.51	77.40	74.60
DMS (5%)	2.83	4.14	3.00

en las variedades citadas. De acuerdo con este experimento, se recomienda la siembra de la semilla humedecida en las variedades, sólo hasta los primeros 10 días de almacenamiento con aumento en la cantidad de semilla para obtener una óptima población y mayor emergencia bajo temporal, aunque es mejor no almacenar.

La heredabilidad en el sentido amplio (Cuadro 4.25) presentó valores bajos: 3.50, 42.01 y 36.10 por ciento, después de almacenar la semilla 10, 20 y 30 días respectivamente, por lo tanto, esta característica podría no ser efectiva para seleccionar genotipos que sean resistentes al almacenamiento de la semilla después de tratarse.

Cuadro 4.25. Parámetros genéticos y heredabilidad amplia para el porcentaje de germinación después de 10, 20 y 30 días de almacenamiento de la semilla humedecida de trigo harinero y duro.

Parámetros genéticos	Germinación 10 días de almacenamiento (%)	Germinación 20 días de almacenamiento (%)	Germinación 30 días de almacenamiento (%)
Varianza del error	30.14	67.50	27.97
Varianza genotípica	3.80	12.23	3.95
Varianza fenotípica	11.34	29.11	10.94
Heredabilidad amplia	33.50	42.01	36.10

CONCLUSIONES

En base a los resultados del estudio de campo, se encontró que los tratamientos a la semilla, con agua y CaCl no causan efectos significativos sobre los componentes del rendimiento, sólo aumentos muy ligeros.

La variedad Pavón demostró mejor respuesta en la expresión del rendimiento en comparación con el resto de las variedades. Sin embargo, la variedad Anáhuac y la línea Carcamoun "S" retiene mayor cantidad de agua en las hojas cortadas, implicando que presentan mecanismos para retener agua.

Las características agronómicas y componentes del rendimiento se vieron seriamente afectados por sequía severa, lo que impidió una manifestación acorde al potencial genético, enmascarando algo los resultados.

El rendimiento por parcela está correlacionado positiva y significativamente con espigas por metro lineal, granos por espiga, peso de granos por espiga, tallos por metro lineal, altura de planta y agua perdida en las hojas cortadas a los 24, 48 y 72 horas, 30 días después de la siembra.

En lo que respecta al experimento a nivel de plántula, se encontraron diferencias para variedades y tratamientos en porcentaje de germinación y características de

plántula. Estos resultados indican que el humedecimiento a la semilla con agua y CaCl_2 aumenta la emergencia y vigor de las plántulas, pero para la mayoría de las características estudiadas, resultó mejor el tratamiento con el CaCl_2 . Sin embargo, por los efectos tóxicos sobre la semilla, reduce el porcentaje de germinación.

Las líneas de trigo duro Chen "S" y Carcamoun "S", obtuvieron valores superiores para todas las características de plántula en comparación de las variedades de trigo harinero Anáhuac y Pavón.

Existe correlación positiva y significativa entre las diferentes características a nivel de plántula.

En lo referente al estudio de invernadero se encontraron diferencias significativas para variedades y humedecimientos, en la mayoría de las características estudiadas. Por lo tanto, los tratamientos con agua y CaCl_2 producen efectos favorables en las variables peso fresco y seco de vástago y altura de planta.

La variedad Anáhuac respondió mejor bajo condiciones de invernadero, para las características peso fresco y seco de vástago, altura de planta y longitud de espiga. Por lo que puede ser una variedad que tolere la sequía eficientemente.

Se presentaron diferencias significativas para germinación en las tres fechas de almacenamiento de la semilla

tratada, indicando que la semilla tratada con agua reduce el porcentaje de germinación durante el almacenamiento, sin embargo, la semilla tratada con CaCl_2 disminuye la germinación en mayor proporción.

La semilla tratada con agua y CaCl_2 no debe almacenarse por períodos mayores de 10 y 20 días respectivamente, ya que su germinación es disminuída al aumentar el tiempo de almacenamiento, por lo tanto, es necesario incrementar la semilla tratada para la siembra después del almacenamiento, para obtener una mejor emergencia y óptima población bajo temporal.

Considerando simultáneamente todas las características a nivel plántula, se encontró que la heredabilidad para el rendimiento y la germinación de la semilla tratada y almacenada fue baja. Sin embargo, registró altos valores para las características de plántula y planta adulta 60 días después de la siembra, siendo factible su utilización en selección de genotipos.

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó la semilla tratada con agua y CaCl_2 al 0.25 por ciento, en dos variedades de trigo harinero (Anáhuac y Pavón) y dos líneas de trigo duro (Chen "S" y Caracamoun "S"), para estudiar el humedecimiento de la semilla y su efecto sobre componentes de rendimiento y agua perdida en las hojas cortadas bajo temporal (experimento uno), porcentaje de germinación y características de plántula a nivel laboratorio (experimento dos), sistema radicular y características agronómicas a nivel invernadero (experimento tres) y el efecto de la semilla humedecida y almacenada sobre el porcentaje de germinación (experimento cuatro). Se utilizó un diseño completamente al azar en los experimentos de laboratorio y de invernadero, y bloques al azar en el campo, con un arreglo en parcelas divididas, respectivamente.

El análisis de varianza indicó diferencias significativas en la mayoría de las características evaluadas en el laboratorio y en invernadero para tratamientos y variedades. El experimento bajo temporal, indicó significancia sólo para variedades en las características peso de 1000 granos, longitud de espiga, tallos por metro lineal, altura de planta y agua perdida en las hojas cortadas. En la interacción

variedades-humedecimientos, no hubo diferencias significativas en la mayoría de los experimentos.

En lo que respecta al experimento uno, la variedad Pavón registró altos valores en los componentes del rendimiento. La línea Carcamoun "S" y la variedad Anáhuac pierden menor cantidad de agua mostrando resistencia a la transpiración. La heredabilidad presentó valores menores de 40 por ciento para el rendimiento y sus componentes y varió entre 15.5 a 38.9 por ciento para agua perdida en las hojas cortadas. Se observaron correlaciones altas entre diferentes pares de características.

Referente al experimento dos, se encontró que el tratamiento con CaCl_2 , fue mejor para la mayoría de las características de plántula estudiadas, pero por los efectos tóxicos a la semilla reduce el porcentaje de germinación. La línea Carcamoun "S" y Chen "S" respondieron mejor que las variedades de trigo harinero para las características de plántula. La heredabilidad osciló entre 32.96 a 97.87 por ciento. Se observaron correlaciones positivas y significativas entre diferentes características a nivel de plántula.

En relación al experimento tres, se observó que los tratamientos con agua y CaCl_2 superan al testigo en la mayoría de las características evaluadas. La variedad Anáhuac registró altos valores para peso seco y fresco de vástago, altura de planta y longitud de espiga, superando al

resto de las variedades. La heredabilidad varió entre 50.0 a 89.0 por ciento. Se encontraron correlaciones en diferentes pares de características.

En el experimento cuatro el tratamiento con agua, almacenando la semilla tratada, reduce el porcentaje de germinación durante el almacenamiento; sin embargo, existe mayor reducción con el tratamiento de CaCl_2 en las tres fechas de almacenamiento. La variedad Anáhuac y la línea Chen "S" produjeron el mayor porcentaje de germinación durante el almacenamiento. La heredabilidad fue baja y varió entre 36.10 a 43.50 por ciento.

LITERATURA CITADA

- Abeel, H.G. and A.J. MacKenzie. 1964. Salt tolerance of soybean (*Glycine max* L. Merrill) during germination and later growth. *Crop Sci.* 4:157-161.
- Ackerson, R.C. and D.R. Krieg. 1977. Stomatal and nonstomatal regulation of water use in cotton, corn and sorghum. *Plant Physiol.* 60:850-853.
- Asana, R.D. and V.S. Mani. 1958. Analysis of drought resistance in crop plants. The influence of soil-drought on the relation between yield and ear character in wheat. *Indian J. Genet.* 18:187-198.
- Asana, R.D., P.N. Bahi, P.N. Sharma and B. Kumar. 1968. Grain weight of main shoot as an index of yield for non-irrigated wheat. *Indian J. Genet.* 28:85-90.
- Barthakur, B.C., M. Borgohain and M. Kolita. 1973. Note on the influence of pre-soaking treatment of seeds in solutions of nutrient salts on the yield of rice. *Indian J. Agric. Sci.* 43(3):326-327.
- Blum, A. 1975. Effect of Bm gene on epicuticular wax and the water relations of *Sorghum bicolor*. *Israel J. Bot.* 25:50.
- Bruns, H.A. and L.I. Croy. 1985. Root volume and root dry weight measuring system for wheat. *Plant Breeding Abstr.* 56:4642.

- Cáceres R., J. and M. Rojas G. 1980. Response of drought-resistant and drought-susceptible maize cultivars to chlomequat application. *Turrialba* 30:25-28.
- Ceccarelli, S. 1987. Yield potential and drought tolerance of barley in contrasting environments. *Euphytica* 37: 265-273.
- Clark, J.A. 1936. Improvement in wheat. Year book of Agriculture. U.S. Department of Agriculture. Washington, D. C. pp.207-302.
- Clarke, J.M. and T.N. McCaig. 1982. Evaluation of techniques for drought resistance in wheat. *Crop Sci.* 22: 503-506.
- Daulay, H.S. and R.P. Singh. 1981. Effect of seed treatments and seeding depths on crop stand establishment and yield of sunflower and safflower. *Ann. Arid Zone* 20 (1):35-40.
- Diputado, M. and D.A. Del Rosario. 1985. Response of cowpea (*Vigna unguiculata* Walp) to moisture stress and seed pretreatment. *Philipp. J. Crop Sci.* 10(2):51-56.
- Domanskii, R. 1959. Investigations concerning the effect of drought on spring barley. *Fiziol Reast (Transl.)* 6: 354-355.
- Falconer, D.S. 1970. *Introducción a la genética cuantitativa* 1a. ed. Ed. Continental. México. 430 p.
- Gafarov, B.Kn. 1971. The effect of seed hardening on some physiological indices and yield of tomatoes. *Hort. Abstr.* 43:60-62.
- Garwood, N.C. 1986. Effects of hot water pretreatments and seed burial on the germination of tropical moist forest seeds. *Turrialba* 36(4):479-484.

- Hanzeil, R.G., H.J. McCree, C.H.M. Van Bavel and K.F. Shertz. 1976. Sorghum genotype variation in stomatal sensitivity to leaf water deficit. *Crop Sci.* 16:660-662.
- Harvinder, S., B.L. Darra and N. Jain. 1974. Role of some phytohormones as a presoaking seed treatment on growth and yield attributes of wheat (*Triticum aestivum* L.) irrigated with saline-alkali water in conjunction with different levels of boron. *Ann. of Arid Zone.* 13(2):84-93.
- Henckel, P.A. 1964. Physiology of plants under drought. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 15:363-383.
- Hernández S., A. 1975. Correlaciones genéticas y caracteres determinantes del rendimiento de grano de trigo (*Triticum aestivum*). Tesis Licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 88 p.
- Hurd, E.A. 1974. Phenotype and drought tolerance in wheat. In: J. F. Stone (Ed.). *Plant modification for more efficient water use.* *Agric. Meteorol.* 14:39-55.
- International Seed Testing Association (I.S.T.A.) 1985. Rules for seed testing. *Seed Sci. and Tech.* Vol. 13 (12):299-520.
- Jarvis, P.C. and M.S. Jarvis. 1964. Preserving hardening of plants to drought. *Phytom.* 21:113-117.
- Kempthorne, O. 1969. *An introduction to genetic statistics.* Ames, Iowa, USA. 545 p.
- Kirkham, M.B., E.L. Smith, C. Dhanasbhom and T.I. Drake. 1980. Resistance to water loss of winter wheat flag leaves. *Cereal Research Communication.* 8(2):393-399
- Kozłowski, T.T. 1968. *Water relations and tree improvement.* Academic Press. New York: pp. 307-327.

Kuruvadi, S. 1986. Utilidad de las correlaciones en el mejoramiento genético de los cultivos. COMUNNA, órgano informativo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. pp. 10-11.

..... 1987. Características agronómicas y fisiológicas que contribuyen a la mejor adaptación de cultivos a regiones semidesérticas. Memorias en la Conferencia presentada en la IV Semana de Zonas Áridas. Universidad Autónoma de Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Bermejillo, Dgo. p. 4 (en impresión).

..... 1988a. Variability for embryonic roots and coleoptiles in makarroni wheat. *Rachis* 6(2). International Center for Agric. Rese. In: The dry areas. Aleppo, Syria (in press).

..... 1988b. Densidad de estomas en trigo harinero en ambientes bajo riego y sequía. *Rachis* 6(2). International Center for Agr. Rese. Ir: The dry areas. Aleppo, Syria (in press).

..... 1988c. Genotypic and phenotypic correlations and path coefficient analysis of some biometrical characters in makarroni wheat. Turrialba, Costa Rica. (in press).

Kuruvadi, S. y H. Cortinas M. 1987. Papel de los componentes del rendimiento en el mejoramiento del frijol. COMUNNA, órgano informativo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. pp. 8-10.

Kuruvadi S. y E. Guzmán M. 1987. Sistema radical en los cultivos en la UAAAN. COMUNNA, órgano informativo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. pp. 9-10.

Kuruvadi S. y F.T. Smith. 1986. Modelos de raíces en trigo macarronero, en rizotrones. *Turrialba*. 36(4):473-478.

..... 1988a. Combining ability and heterosis for root potential in two successive generations in makarroni wheat. *Rachis* 6(2). International Center for Agr. Rese. In: The dry areas. Aleppo, Syria (in press).

- Kuruvadi, S. and F.T. Smith. 1988b. Relationships among seedling and adult plant root system in wheat. Turrialba, San José, Costa Rica. (in press).
- Kuruvadi S., F. Hernández F. y F. Galván. 1987. Retención de agua en hojas - cortadas de frijol. Folleto de Divulgación. Vol. II. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 10 p.
- Lasarov . 1965. Plant photosynthesis production manual of methods. Pub. Br. W. Junk. N.V. The Hague. 527 p.
- Lyles, L. and C.D. Fanning. 1964. Effects of presoaking, moisture tension and soil salinity on the emergence of grain sorghum. Agron. J. 56:518-520.
- Maití, R.K., H. González R., C. Alanis O. y M. Rivera A. 1986. Establecimiento del cultivo de sorgo bicolor (L.). Turrialba, Costa Rica 36(2):205-214.
- Martyanova, K.L. 1961. Results of field experiments with barley seed which has undergone a pre-sowing hardening to drought fizlol. Reast. (Transl.) 6:354-355.
- May, L.H., E.J. Milthorpe and E.L. Milthorpe. 1963. Pre sowing hardening of plants to drought. Fiel Crop. Abstr. 15(2):193-198.
- McCollum, J.P. and M.B. Linn. 1955. Bleaching and disinfecting discolored pepper seed with sodium hipochlorite. Proc. Amer. Soc. Hort. - Sci. 66:345-349.
- McFadden, E.S. and E.R. Sears. 1946. The origin of *Triticum spelta* and its free-threshing hexaploid relatives. J. of Heredity. 37:81-89, 107-116.
- Mikkelsen, D.S. and M.N. Sinah. 1961. Germination inhibition in *Oryza sa* *tiva* and control by preplanting soaking treatments. Crop Sci. 1:332-335.
- Miskin, K.S., D.C. Rasmusson and D.N. Moss. 1972. Importance and physiological effects of stomatal frequency in barley. Crop Sci. 12: 780-788.

- Muminov, T.G. 1975. The effect of pre-sowing treatment on the yield and disease resistance of melons. Hort. Abstr. 45:73-60.
- Muminov, T.G. and F. Azinov. 1974. The effect of presowing seed treatments on the growth development yield and of wilt of melons. Hort. Abstr. 45:7361.
- Muñoz O, A. 1980. Resistencia a la sequía y mejoramiento genético. Ciencia y Desarrollo. 22:26-36.
- Nour, A.E. and D.E. Weibel. 1978. Evaluation of root characteristics in grain sorghum. Agron. J. 70:217-218.
- Obando R., A. 1980. Influencia de algunos parámetros sobre rendimiento de trigo (*Triticum aestivum*) en el campo experimental de Apodaca, N.L. Tesis Licenciatura. ITESM. Monterrey, Nuevo León. México. 51 p.
- Parija, P. 1939. Annual Report Rice Research Scheme. 41 p.
- Parija, P. and K.P. Pillary. 1945. Effect of pre-sowing treatment on the drought resistance in rice. Proc. Natl. Acad. Sci. 15:6-14.
- Parker, J. 1968. Drought resistance mechanism pp. 159-234 In: T.T. Kowzłowski (ed.) water deficits and plant growth. Vol. 1. Academic Press. New York.
- Passiura, J.P. 1972. The effect of root geometry on the yield of wheat growing on stored water. Austral J. Agr. Rese. 23:745-752.
- Reed S., M.A. 1980. Caracteres agronómicos determinantes en trigo (*Triticum aestivum*) y triticale (*Triticale* spp) Tesis Licenciatura. ITESM. Monterrey, N.L., México.
- Rojas G., M. y M. Rovaldo. 1984. Fisiología vegetal aplicada. 3a. ed. Ed. Mc Graw-Hill. México. 302 p.

- Salim, M.H. and G.M. Todd. 1968. Seed soaking as a presowing drought-hardening treatment in wheat and barley seedlings. *Agron. J.* 60:179-182.
- Salim, M.H., G.M. Todd and C.A. Stutte. 1969. Evaluation of techniques for measuring drought avoidance in cereal seedlings. *Agron. J.* 1:182-185.
- Sarkar, P. and G.L. Stebbins. 1956. Morphological evidence concerning the origin of the B genome in wheat. *Amer In: Agron. of Bot.* 43:297-304.
- Savino, G., P.M. Haigh and P. de Leo. 1979. Effects of pre-soaking upon seed vigour and viability during storage. *Seed Sci and Tech.* Vol. 7:57-64.
- Shandu, A.S. and H.H. Laude. 1985. Test of drought and heat hardiness in winter wheat. *Agron. J.* 50:78-81.
- Singh, T.N., D. Aspinall and L.G. Paleg. 1972. Proline accumulation and varietal adaptability to drought in barley a potential metabolic measure of drought resistance. *Natur N.B.* 236:188-190.
- Singh, S. and H.N. Singh. 1973. Note on the effect of pre-soaking seeds in N solution on germination and early seedling growth in pumpkin (*Cucurbita foetidissima*). *Indian J. Agric. Sci.* 43:473-476. *no place in N^o*
- Singh R.P. and D.B. Wilson. 1974. Note on sowing soaked and unsoaked sunflower and safflower seeds at various depth and at two root zone temperatures. *Ann. Arid - Zone* 13(4):364-369.
- Skoss, J.D. 1955. Structure and composition of plant cuticle in relation to environmental factors and permeability. *Bot. Gaz.* 117:55-72.

- Turner, N.C. 1979. Drought resistance and adaptation to water defficits in crop plants. In: H. Mussell and R.C. Staples (eds.) Stress Physiology in crop plants. Wiley - Interscience, New York (in press).
- Waisel, Y. 1962. Pre-sowing treatments and their relation to growth and drought, frost, and heat resistance. Plant Physiol. 15:43-46.
- Weete, H.D., G.L. Leek, C.M. Peterson, H.E. Durrte and W.D. - Branch. 1978. Lipid and surface wax synthesis in wa - ter-stressed cotton leaves. Plant Physiol. 62:676-677.
- Zubenko, V.K. 1959. The effect of pre-planting hardening of - seeds against drought on the grain harvest of corn in late plantings. Fiziol Reast (transl). 7:341-343.