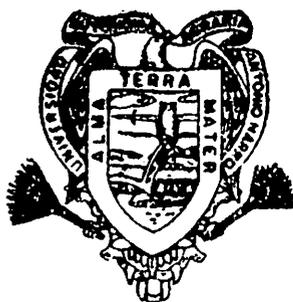


EFECTO DEL OSMOACONDICIONAMIENTO CON
SOLUCIONES DE MAGNESIO, CROMO Y ACIDO
GIBERELICO SOBRE LA GERMINACION DE LA
SEMILLA DE CHILE SERRANO (*Capsicum Annuum* L.)

ALEJANDRO NOE ARREDONDO CUEVAS

T E S I S

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



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

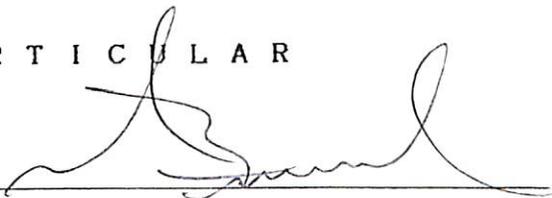
NOVIEMBRE DE 1991

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

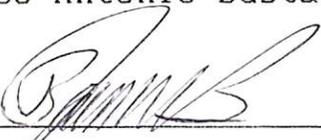
MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS

COMITE PARTICULAR

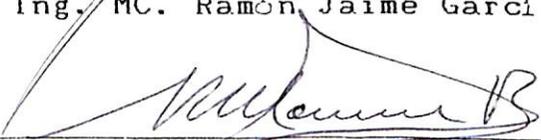
Asesor principal:

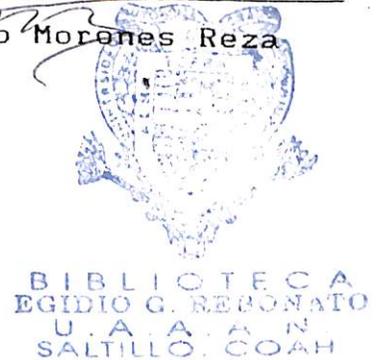

Dr. Marco Antonio Bustamante García

Asesor:


Ing. MC. Ramón Jaime García

Asesor:


Ing. MC. Regino Morones Reza



Dr. José Manuel Fernández Brondo
Subdirector de Asuntos de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Noviembre de 1991

AGRADECIMIENTOS

Al Grupo Bioquímico Mexicano, especialmente al Dr. Armando Campos Vela, al Ing. MC. César Cantú Benavides, al Ing. MC. Marco Samaniego Astudillo y al Ing. Luis Escobedo Cantú, por su apoyo económico, pero sobre todo por el apoyo moral, la mano firme y tibia en una noche oscura y fría.

Al Dr. Marco Antonio Bustamante García, por su apoyo en la planeación, orientación, revisión y aportación de todos sus conocimientos necesarios para llevar adelante el trabajo.

Al Ing. Ramón Jaime Garza por su gran orientación durante y después de mis estudios, por su disponibilidad entusiasta y cordial de cualquiera de mis dudas.

Al Ing. MC. Regino Morones Reza por darme el privilegio de ser su alumno y además asesorado, por su orientación y apoyo en mi trabajo.

A mis compañeros de generación: José Luis Alvarado Alvares, Francisco Torres, Francisco Cruz Chávez y José Luis

Herrera Ayala, por su apoyo moral y muchas veces económico.

A mi tutor, amigo por su forma de participación ilimitada y desinteresada: Miguel Angel Perches Avila.

A mi querida UAAAN, a postgrado y al Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas por darme la oportunidad de ser un profesionista, por retribuirle mi criterio que trataré de usar por el bien.

DEDICATORIA

A mis maestros de la especialidad y del CCDTS, así como a mi querida UAAAN, sin olvidar dentro de ella al querido rincón, Postgrado.

A mi amada esposa e hijo:

Dra. Dora Marlene Nava

Irving Alejandro Arredondo Nava

Por el gran ejemplo de responsabilidad de mi esposa por el apoyo moral, así como la comprensión de todos mis malos ratos y por ser ellos mis puntos de inspiración y el armazón de mi ser

A mi muy apreciables padres:

Ing. Alejandro Arredondo Osorio

Sra. Delica Cuevas de Arredondo

Por darme la oportunidad de estudiar, de tener lo que hoy tengo, por darme simplemente la vida.

A mis suegros:

Sr. Félix Nava Lozano (+)

Sra. Dora Marlene Huerta

Por su gran apoyo moral en todo momento, por encontrar en ellos otros padres.

A mis hermanos:

Edgar, Dante, Kasandra y Vladimir

*Por el calor que todos a su manera
dan a la casa.*

A alguien quien hizo posible tener todo: mis padres,
esposa, hijos, amigos, a alguien que me da toda la razón de
vivir, la fuente de la vida,

A DIOS

COMPENDIO

Efecto del Osmoacondicionamiento con Soluciones de Magnesio, Cromo y Acido Giberélico sobre la Germinación de la Semilla de Chile Serrano (*Capsicum annuum* L.)

Por:

ALEJANDRO NOE ARREDONDO CUEVAS

MAESTRIA EN

TECNOLOGIA DE SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVIEMBRE DE 1991

Dr. Marco A. Bustamante Garcia -Asesor-

Palabras clave: Osmoacondicionamiento de semillas, soluciones salinas, chile serrano, *Capsicum annuum*, tasa de germinación, giberelinas.

Se realizó un estudio para determinar el efecto del osmoacondicionamiento con soluciones de magnesio, cromo y ácido giberélico sobre la germinación de la semilla de chile serrano.

Los osmóticos estudiados fueron: $MgSO_4$, (0.0, -0.8, -1.0, -1.2 y -1.4 MPa); $MgCl_2$ (0.0, -0.9, -1.2, -1.5, -1.8

MPa) y CrO_3 (0.0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8, -1.0, -1.4, y -1.6 MPa). Además, se combinaron las sales minerales: MgSO_4 con CrO_3 y MgCl_2 con CrO_3 teniendo lo siguiente: MgSO_4 (-0.6 MPa) + CrO_3 (-0.2 MPa), MgSO_4 (-0.2 MPa) + CrO_3 (-0.6MPa), MgCl_2 (-1.5 MPa) + CrO_3 (-0.3 MPa) y MgCl_2 (-0.3 MPa) + CrO_3 (-1.5 MPa) utilizando al mismo tiempo concentraciones de AGs de 0, 5, 10, 50 y 500 ppm para los diferentes tratamientos, el periodo de osmoacondicionamiento fue de 32 horas de las cuales en las primeras 16 permanecieron los medios osmóticos sin oxígeno y las restantes 16 se proporcionó el oxígeno a los medios.

A los 7 días después de la siembra la longitud de radícula, longitud de plúmula, por ciento de germinación e índice de la tasa de germinación, concluyendo que las mejores soluciones salinas para osmoacondicionar fueron el MgSO_4 (-0.8 MPa) y MgCl_2 (-1.8 MPa); y que el CrO_3 produjo un efecto negativo tanto solo como combinado con las otras sales.

Por otra parte se encontró que los niveles de AGs utilizados redujeron, en la mayoría de los casos, la germinación, especialmente a medida que se incremento su concentración en el medio osmótico.

ABSTRACT

Hot pepper Seeds Osmoconditioning with Magnesium, Chromium
and Gibberellic Acid (AGs) and its Effect on Germination

BY

ALEJANDRO NOE ARREDONDO CUEVAS

MASTER OF SCIENCE
SEED TECHNOLOGY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAH. NOVEMBER, 1991

PhD. Marco A. Bustamente Garcia - Advisor

Key words: Osmoconditioning *Capsicum* seed, saline
solutions, germination, hot pepper,
gibberellic acid.

An experiment was designed to determine the
conditions for *Capsicum* seeds osmoconditioning, using for
this purpose solution of magnesium and gibberellic acid, in
order to promote germination rate and vigor.

Osmotic salts evaluated were MgSO_4 (0.0, -0.8, -1.0, -1.2 y -1.4 MPa); MgCl_2 (0.0, -0.9, -1.2, -1.5, -1.8 MPa) and CrO_3 (0.0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8, -1.0, -1.2, -1.4 y -1.6 MPa) further more, MgSO_4 was combined with CrO_3 and MgCl_2 with CrO_3 , having the following combinations: MgSO_4 (-0.6MPa) + CrO_3 (-0.2MPa), MgSO_4 (-0.2MPa) + CrO_3 (-0.6MPa), MgCl_2 (-1.5MPa) + CrO_3 (-0.3MPa) and MgCl_2 (0.3MPa) + CrO_3 (-1.5MPa), using at the same time concentrations of 0, 5, 10, 50 and 500 ppm of AGs for the different treatments. A thirty-two-hour conditioning period was provided, from which the initial 16-hour period remained oxigen-free and oxigen was provided during the remaining hours to the osmotic environment.

Seven days after planting we evaluated length, plumule length, germination percentage and germination rate index. The best osmoconditioning solutions were MgSO_4 (-0.8MPa) MgCl_2 (-1.8MPa) as compared to the other osmotic treatments. On the other hand CrO_3 produced a detrimental effect alone or in combination with other salts likewise, we found that the majority of the inhibited germination, especially as concentrations were increased.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xiii
INDICE DE FIGURAS.....	xvi
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	5
Germinación.....	5
Definición Imbibición.....	8
Tasa de Germinación.....	13
Vigor.....	15
Definición.....	15
Respiración y Oxígeno.....	16
Las Giberelinas.....	20
Osmoacondicionamiento de Semillas.....	24
Definición.....	24
Presión de Imbibición y su Efecto en la Imbibición.....	25
Efecto del Potencial Osmótico en el Apoplasto de la Semilla.....	26
Efecto del Osmoacondicionamiento en las Semillas.....	27
Funciones de algunos Nutrientes Minerales.....	36
Magnesio.....	36
Azufre.....	37
Cloro.....	39
Cromo.....	39
Procesos Metabólicos e Hidrolíticos.....	40
MATERIALES Y METODOS.....	44
Ubicación.....	44
Material Vegetativo y de Laboratorio.....	44
Experimentos.....	45

	Página
Experimento 1.....	45
Experimento 2.....	48
Experimento 3.....	48
Modelo Estadístico.....	50
RESULTADOS Y DISCUSION.....	52
Experimento 1.....	52
Experimento 2.....	54
Experimento 3.....	61
Primer Experimento.....	64
Prueba de Germinación.....	64
Longitud de Radícula.....	70
Longitud de Plumula.....	75
Índice de Tasa de Germinación.....	80
Segundo Experimento.....	83
Prueba de Germinación.....	83
Longitud de Radícula.....	88
Longitud de Plumula.....	91
Índice de Tasa de Germinación.....	94
Resumen de los Dos Experimentos.....	98
CONCLUSIONES.....	103
RESUMEN.....	104
LITERATURA CITADA.....	106

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
3.1.	Tratamientos seleccionados de los trabajos anteriores para ser comprobados.....	49
4.1.	Indice de la tasa de germinación (ITG) y por ciento de germinación (% G) a diferentes niveles de presión osmótica del MgCl ₂	53
4.2.	Indice de la tasa de germinación (ITG) y por ciento de germinación (% G) a diferentes niveles de presión osmótica del MgSO ₄	53
4.3.	Indice de la tasa de germinación (ITG) y por ciento de germinación (% G) a diferentes niveles de presión osmótica del CrO ₃	57
4.4.	ITG y % G a diferentes concentraciones de AG ₃ y MgO ₂ con -1.8 MPa.....	57
4.5.	ITG y % G a diferentes concentraciones de AG ₃ y MgSO ₄ con -0.8 MPa.....	58
4.6.	ITG y % G a diferentes concentraciones de AG ₃ y CrO ₃ con -0.2 MPa.....	58
4.7.	ITG y % G a diferentes concentraciones de AG ₃ y diferentes presiones osmóticas	

Cuadro No.		Página
	de MgCl ₂ con CrO ₃	62
4.8.	ITG y % G a diferentes concentraciones de AG ₃ y diferentes presiones osmóticas de MgSO ₄ con CrO ₃	63
4.9.	CME significancia del análisis de varianza para las características estudiadas en la semilla de <i>Capsicum annuum</i> L. CV. Tampiqueño-74. Primer experimento factorial.....	67
4.10.	Medias de las características evaluadas para el primer experimento.....	67
4.11.	Cuadrados medios y su significancia del análisis de contrastes para las concentraciones de AG ₃ del primer experimento o ppm de AG ₃	68
4.12.	Cuadrados medios y su significancia del análisis de contrastes para la concentración de AG ₃ del segundo experimento. 5 ppm de AG ₃	69
4.13.	Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza para las características establecidas en la semilla de <i>Capsicum annuum</i> L. CV. Tampiqueño-74.....	84
4.14.	Comparación de medias de las concentraciones evaluadas para el segundo experimento factorial.....	85

Cuadro No.

Página

4.15. Cuadrados medios y su significancia del análisis de contrastes para las concentraciones de AG_3 del segundo experimento factorial 0, 5 y 10 ppm de AG_3

87

INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
2.1:	Esquematzación de las dos teorías más recientes de la formación y rompimiento de las reservas de almidón en los tejido del endosperma.....	42
2.2.	Camino bioquímico para iniciar el proceso de germinación.....	43
4.1.	Efectos del osmocondicionamiento con $MgCl_2$, $MgSO_4$ y CrO_3 , a diferentes presiones osmóticas, sobre el porcentaje de germinación en semillas de chile serrano, a los 7 días de la siembra.....	55
4.2.	Efectos del osmocondicionamiento con $MgCl_2$, $MgSO_4$ y CrO_3 , a diferentes presiones osmóticas sobre el índice de tasa de germinación en semillas de chile serrano, a los 7 días de la siembra.....	56
4.3.	Efectos del osmocondicionamiento con $MgCl_2$ (-1.8 MPa) $MgSO_4$ (-0.8 MPa) y CrO_3 (-0.2 MPa) en presencia de diferentes concentraciones de AGs, sobre el porcentaje de germinación en semillas de chile serrano, a los 7 días después de la siembra.....	59

Figura No.		Página
4.4.	Efectos del osmoacondicionamiento con MgCl ₂ (-1.8 MPa), MgSO ₄ (-0.8 MPa) y CrO ₃ (-0.2 MPa) en presencia de diferentes concentraciones de AG ₃ , sobre el índice tasa de germinación en semillas de chile serrano, a los 7 días después de la siembra.....	60
4.5.	Efectos del osmoacondicionamiento con MgCl ₂ (-1.8 MPa), MgSO ₄ (-0.8 MPa) y CrO ₃ (-0.2 MPa); solo o combinado y con o sin la presencia de AG ₃ , sobre el por ciento de germinación en la semilla de chile serrano, a los 7 días después de la siembra.....	65
4.6.	Efectos del osmoacondicionamiento con MgCl ₂ (-1.8 MPa), MgSO ₄ (-0.8 MPa) y CrO ₃ (-0.2 MPa) solo o combinado y con o sin la presencia de AG ₃ , sobre el índice tasa de germinación en la semilla de chile serrano, a los 7 días después de la siembra.....	81
4.7.	Efectos del osmoacondicionamiento con MgCl ₂ (-1.8 MPa), MgSO ₄ (-0.8 MPa) y CrO ₃ (-0.2 MPa) solo o combinado y con o sin la presencia de AG ₃ , sobre la longitud de la radícula en la semilla de chile serrano, a los 7 días después de la siembra.....	72
4.8.	Efectos del osmoacondicionamiento con MgCl ₂ (-1.8 MPa), MgSO ₄ (-0.8 MPa) y CrO ₃ (-0.2 MPa) solo o combinado y	

Figura No.

Página

con o sin la presencia de AGs, sobre la longitud de plúmula en la semilla de chile serrano, a los 7 días después de la siembra.....

77

INTRODUCCION

Considerando la superficie cultivada en México, el chile es la hortaliza que ocupa el tercer lugar con 63,500 hectáreas para la temporada 1988-89; es la hortaliza de mayor consumo en estado fresco aunque también se puede consumir procesada, en encurtidos, salsas y polvo. Se siembra comercialmente desde el nivel del mar en las zonas tropicales de la costa, hasta los 2,500 msnm en las regiones de la mesa central.

Este cultivo genera divisas por sus exportaciones a Estados Unidos y Canadá en los ciclos de invierno. Su principal valor nutritivo lo constituyen el alto contenido de vitamina C, pues contiene 180 mg por cada 100 g de fruto. Los frutos que maduran en rojo son ricos en vitamina A y tienen bajas cantidades de calcio, fósforo, hierro y vitaminas del complejo B.

Un problema en su producción, es la falta de emergencia uniforme y total de la semilla, ya que en los suelos predominan condiciones subóptimas como son altas o bajas temperaturas, estrés de humedad, exceso de salinidad, ataque de microorganismos. Esto ocasiona que las plantas

presenten diferentes grados de madurez, diferentes grados de susceptibilidad al ataque de patógenos, requerimientos de humedad y nutrimentos, así como diferentes periodos de fructificación.

Un periodo prolongado de cosecha provoca gastos incalculables a simple vista, ya que se tiene que usar por más tiempo la mano de obra para cosechar o corte y además de maltratar excesivamente a la planta. La semilla, es entonces un insumo que determinará el éxito o fracaso de un programa de producción, por tal motivo algunos investigadores han discernido y encausado sus esfuerzos y conocimientos para lograr que esta pueda expresar su máximo potencial de vigor mediante prácticas tecnológicas. El osmoacondicionamiento es una de las prácticas con un gran potencial de solución, el cual consiste en someter a la semilla a un medio osmótico proporcionado por reactivos de alto o bajo peso molecular como el polietilenglicol (PEG) o sales como $MgSO_4$ respectivamente. Este medio debe estar aireado y a una temperatura específica. Dicho tratamiento permite que en el interior de la semilla ocurran los procesos preliminares a la germinación pero los detiene exactamente antes de que la radícula rompa la cubierta y emerja.

- Las sales por ser de bajo peso molecular y baja viscosidad, tienen la facilidad de penetrar a la semilla y

poder ser utilizadas durante la fase de mayor actividad metabólica (fase "lag"), lo que permite ser una alternativa a nivel comercial a un menor costo. ←

En semillas hortícolas tales como el chile, el osmoacondicionamiento es una excelente opción, lo cual hace necesario seleccionar una sal adecuada para el medio osmótico y una presión osmótica satisfactoria.

El magnesio juega un papel importante en diversas reacciones enzimáticas, el metabolismo del fósforo e indirectamente en el mecanismo de la respiración aunque Heydecker y Coolbear (1977) mencionan que han usado el $MgSO_4$ en el osmoacondicionamiento, pero no se sabe si esta fuente de magnesio es la mejor o existen otras fuentes mejores. Por otro lado la información del cromo es muy poca y sólo se han investigado en animales, sin embargo la actividad del cromo sobre la glucosa hace hipotetizar que podría intervenir también en el metabolismo de la glucosa de la semilla.

El ácido giberélico tiene una importante función en la germinación de la semilla, no obstante la información de el AG_3 en el osmoacondicionamiento todavía es bastante pobre, por lo que la adición de ella en dicho tratamiento podría dar excelentes resultados.

Objetivos Generales

Determinar el efecto del osmoacondicionamiento con soluciones de magnesio, cromo y ácido giberélico sobre la expresión de germinación y vigor de la semilla de chile serrano.

Objetivos Específicos

- Determinar qué fuente de sal de magnesio ($MgCl_2$ o $MgSO_4$) permite un mayor por ciento e índice de la tasa de germinación.
- Determinar si el cromo (Cr_3) estimula la germinación de semilla de chile.
- Encontrar si hay una actividad sinérgica entre el cromo y las sales a base de magnesio.
- Determinar el efecto del AG_3 al incluirlo en los tratamientos osmóticos.

REVISION DE LITERATURA

Germinación

✓ La semilla representa dentro del análisis de costos el rubro más barato pero es el insumo que determinará el éxito o fracaso de un programa de producción (Delouche, 1971).

✓ Según Andrews (1984) la semilla de baja calidad es probablemente el factor preponderante que constituye el fracaso del "Stand". Las semillas son muy susceptibles a las condiciones adversas en el suelo y generalmente producen un "Stand" aceptable sólo bajo condiciones favorables u óptimas, por lo que las semillas de baja calidad no emergen en el campo donde prevalecen condiciones muy variadas y adversas.

✓ Las semillas son el potencial genético para la producción de mayores cosechas y el éxito en situaciones de producción agrícola, depende de que estas sean de buena calidad (Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1981).

Las semillas están vivas y como todas las cosas vivas, están sujetas a un proceso de degeneramiento por el envejecimiento. Durante esta etapa la semilla declina su vigor a una tasa más rápida que la de la germinación. La calidad de la semilla es un producto de su historia desde la fecundación hasta la siembra, estando éstas sujetas a muchas condiciones y operaciones que determinan la calidad.

✓ Según Wellington (1962) en las semillas bajo condiciones óptimas de germinación, las demandas sobre las reservas son mínimas; pero bajo condiciones de baja temperatura en el suelo, la tasa de desarrollo es más lenta, y la demanda sobre reservas son máximas incrementándose cuando hay un alto riesgo de alteración por los organismos del suelo y las reservas se disipan más rápidamente de lo que el embrión pueda utilizarlos.

✓ Rojas (1959) señala que la germinación es una serie compleja de cambios bioquímicos y fisiológicos que dan como resultado la iniciación del crecimiento y movilización de los alimentos de reservas dentro de la semilla, para ser utilizadas por el embrión en su crecimiento. Dice además que por lo general, en los primeros estados de la germinación la cantidad de azúcar del endospermo aumenta tan rápidamente, que el embrión no alcanza a oxidarla debido a la transformación del almidón y las grasas en glucosa por los sistemas enzimáticos. Mientras estos cambios están

realizándose, las proteínas insolubles presentes en el endospermo, han adquirido solubilidad y los diversos productos de la hidrólisis de las proteínas, peptonas, polipéptidos y aminoácidos, aparecen como resultado de la actividad de las proteasas, que al igual que la actividad de las otras enzimas aumentan notablemente en esta fase.

Harrington (1973) menciona que los síntomas de una semilla senescente incluyen más lento crecimiento, crecimiento anormal, falta de crecimiento de las plántulas, la pérdida de componentes solubles al paso de agua, cambios de color, pérdida de actividad de varias enzimas, y producción de endoproductos tóxicos tales como ácidos grasos libres. La longevidad de una semilla puede verse afectada por las altas temperaturas, alta humedad, daños por insectos, daños mecánicos, así como los cambios en las reacciones bioquímicas que ocurren cuando la semilla va envejeciendo.

✓ La germinación se puede ver de diferentes puntos de vista, es decir, ^{P.V.} morfológicamente es la reanudación del crecimiento activo en partes del embrión que provoca la ruptura de los tegumentos seminales y el brote de la nueva planta (Meyer et al., 1972); fisiológicamente es la reanudación del metabolismo y el crecimiento, incluyendo el cambio hacia la transcripción del genomio. En cambio desde el punto de vista de tecnología de semilla, según el

International Seed Testing Association (ISTA) (1976) es la emergencia y desarrollo a partir del embrión de aquellas estructuras esenciales que por el tipo de semilla de que se trate, son indicadoras de su habilidad para producir una plántula normal bajo condiciones favorables.

Imbibición

Kozlowski (1972) menciona que durante la germinación el primer evento es la absorción de agua, lo que en semillas de maíz ocurre a través del pericarpio, provocando la reactivación de las células meristémicas de la raíz y el ápice de la plántula.

Bewley y Black (1986) reportan que la germinación inicia con la absorción de agua por la semilla (imbibición) y finaliza con el inicio de la elongación del eje embrionario, usualmente la radícula. Esto incluye numerosos eventos como hidratación de proteínas, cambios estructurales, subcelulares, respiración, síntesis macromolecular y elongación celular.

Copeland y McDonald (1985) dicen que el primer proceso que ocurre durante la germinación es la absorción de agua por la semilla, proceso denominado imbibición. La extensión de la imbibición depende de tres factores: 1) composición de la semilla, 2) permeabilidad de la cubierta

de la semilla y 3) disponibilidad de agua.

Tesar (1988) indica que la reactivación del sistema metabólico comienza con la imbibición de agua y la rehidratación de proteínas y enzimas y organelos celulares. La respiración se incrementa seguida de una imbibición inicial que empieza a los 10 minutos, la duración de este incremento depende del sustrato almacenado en el eje embrionario.

Durante el período inicial la síntesis de varias enzimas y la actividad celular se incrementa. Las enzimas formadas son de dos tipos: las primeras son requeridas sólo en la hidratación y esta actividad se revierte con la deshidratación. Triosafofato isomerasa, citocromo reductasa y adenilata ciclasa son un ejemplo de estas enzimas. Las segundas son enzimas requeridas en la acción de una hormona u otra enzima las cuales son activadas en minutos o varias horas.

Las nuevas síntesis de enzimas son también de dos tipos: las primeras son enzimas producidas por las preexistentes mRNA, utilizando un conjunto de aminoácidos (AA) preexistentes. La síntesis de esas enzimas ocurren durante las dos o cuatro horas iniciales. Las segundas son enzimas producidas de nueva síntesis de mRNA y esas enzimas utilizan AA derivados de degradaciones de proteínas almacenadas, lo cual se inicia en las primeras seis o 12

horas después de la imbibición. El ciclo de pentosa-fosfato parece funcionar durante la primera fase de la germinación de cereales, pero es rápidamente remplazado por ciclos hidrolíticos como en la síntesis de alfa y beta amilasa, que ocurre durante las primeras 24 a 48 horas después de la imbibición.

La síntesis de proteínas ocurre dentro de 30 minutos después de la imbibición. La hidratación estimula la liberación de reguladores de crecimiento que inician la actividad enzimática, síntesis de nuevo RNA y finalmente nueva síntesis de DNA asociado con la división celular y crecimiento.

Toole *et al.* (1956) reportan que el primer cambio que ocurre cuando las semillas son puestas a germinar, es la imbibición de agua. En las semillas secas de maíz y frijol todos los tejidos están contraídos, las células vacuolares son pequeñas, los núcleos son irregulares y el contenido celular está plasmolizado; pero con la absorción de agua, las células vuelven a turgirse. Las enzimas pueden ser las primeras en activarse en el proceso de germinación. Con la germinación, las mitocondrias del embrión se incrementan en número y emigran cerca del endosperma donde se asocian con la corrosión de granos de almidón; al mismo tiempo que el requerimiento de energía en la germinación, es satisfecho por un incremento en la respiración.

Heydecker y Coolbear (1977) dicen que las semillas pueden absorber agua en tres formas: por equilibrio con el vapor de agua de la atmósfera; por la imbibición de un sustrato húmedo y por inmersión.

Ching (1973) considera a la germinación como la reactivación de un proceso, el cual a menudo, requiere de un suplemento de energía, a través del combustible biológico ATP, el cual es usualmente bajo en semillas secas. El ATP es rápidamente construido durante la imbibición a través de la glicólisis, oxidación de ácidos grasos, respiración y síntesis de ADP. Los principales eventos durante esta fase son probablemente: primero, la reactivación del sistema para iniciar el metabolismo celular base, síntesis de proteínas, glicólisis, oxidación de ácido grasos, solubilizar y transportar iones, respiración; segundo, construcción de ATP para varias actividades sintéticas seguido de la imbibición; tercero, proveer bastante sustrato para respiración y síntesis de proteínas. El azúcar y los ácidos grasos son comúnmente sustratos para la respiración, el azúcar son producidos de almidones por acción de pre-existentes fosforilasas y β -amilasas. Los ácidos grasos usualmente pre-existentes son el producto hidrolítico de triglicéridos liberados por la lipasa.

Toole (1973) menciona que la presencia de inhibidores específicos para la síntesis de proteínas, (como

es el caso de actinomicina D) y transcripción de DNA, tienen sólo moderado efecto sobre la germinación expresado por la emergencia de la radícula. Varios resultados indican que períodos cortos de alta temperatura e irradiaciones actúan casi en el mismo lugar, los cuales no requieren proteínas o cambios de RNA para afectar la permeabilidad de la membrana, facilitando la imbibición de la semilla.

Sosebee (1977) reporta que el estado inicial de la imbibición puede ser seguido por una pausa pregerminativa en la absorción de agua. Este período es caracterizado por una intensa actividad metabólica, principalmente involucra la síntesis de enzimas para la replicación de genes y crecimiento. Una vez que el proceso de crecimiento es dado o iniciado, la absorción de agua es reasumida a un paso acelerado por lo que un adecuado suplemento de agua al sustrato es vital si la semilla es pasada del estado quiescente al activo. Con el decrecimiento del contenido hídrico, el estado energético o potencial hídrico del sustrato es reducido a casi valores de cero, con lo que la imbibición depende de la magnitud del gradiente de presión hídrica y la conductividad eléctrica en el sistema suelo-semilla.

Meyer *et al.* (1972) reportan que la cantidad de agua que puede incorporarse durante la imbibición es, a menudo, muy grande en proporción con el peso seco de la sustancia

que se hincha, presentándose que el agua puede imbibirse tanto en el estado de vapor como en el de líquido. La imbibición es básicamente un proceso de difusión por lo que puede considerarse que la causa de la imbibición es la diferencia de presión de difusión existente entre el líquido en el medio externo y el líquido en el imbibiente; alcanzándose el equilibrio, sólo cuando la presión de difusión del agua en ambas partes del sistema hayan alcanzado el mismo valor. La presión de imbibición es un sentido análogo a la presión osmótica.

Tasa de Germinación

Bewley y Black (1986) manifiestan que las curvas de germinación son generalmente curvas con una distribución sigmoideal, que el modelo de una curva depende también de la uniformidad de la población, por ejemplo el grado de simultaneidad o sincronización de la germinación. La capacidad de germinación y la uniformidad puede resumirse en la tasa de germinación. La tasa de germinación es el tiempo tomado por el proceso para ser completado; iniciando desde el día de la siembra, y se puede representar bajo la siguiente ecuación: $R \times 100$; donde R es igual a $\sum n / \sum (t.n)$ y n es el número de semillas completamente germinadas en el día t , el cual es el tiempo en días iniciando el día "0" (día de siembra) hasta el momento de la muestra o conteo.

Pill (1981) estimó la tasa de germinación mediante la ecuación; ERI es igual a $\sum_{n=n_0}^{c-1} X_n (c-n)$ donde X_n es el número de plántulas germinadas en el día n ; c es el número de días del conteo expresado como el número de días desde la plantación hasta el final de la prueba de la germinación; n es el día de conteo expresado como número de días después de la siembra; y n_0 es el inicio de la germinación, expresado como el número de días después de la siembra.

La tasa de germinación la calcula considerando la ecuación: $IRG = \sum_i (D_i - D_j)$; donde D_i es el número de semillas germinadas en el día i ; i es el número de días al momento del conteo, considerado como el número de días al momento del conteo desde la siembra; D_j es el número de semillas germinadas en el conteo anterior al día i .

Rivas *et al.* (1984) informan que la tasa media de germinación se expresa con la ecuación $MRG = \frac{\sum T_i N_i}{\sum N_i}$ al número de días (T) por el número de semillas germinadas (N) más T_2 por N_2 más ... $T_n N_n$ sobre el total de semillas germinadas.

Sin embargo, con todas las anteriores fórmulas de evaluar germinación, no se encuentra en la mayoría de los casos una similitud de emergencia en el campo y las pruebas de germinación realizadas en el laboratorio, ya que las formas de evaluar en laboratorio bajo condiciones favorables difieren de las condiciones que prevalecen en campo

(Matthews, 1981); por lo que este autor propone pruebas de vigor, ya que tienen una mayor correlación entre las pruebas de laboratorio y la emergencia en el campo.

Vigor

ISTA (1976) reporta que el vigor es la suma total de esas propiedades de la semilla, la cual determina el nivel potencial de actividad y funcionamiento del lote de semilla durante la germinación y emergencia de la plántula.

Association of Official Seed Analysts (AOSA) (1983) define el vigor de la semilla como "esas propiedades de la semilla la cual determinan el potencial para una rápida emergencia uniforme y desarrollo de plantulas normales bajo un amplio rango de condiciones de campo".

Heydecker *et al.* (1975) mencionan que uno de los síntomas de la declinación del vigor de la semilla es el retraso del proceso de germinación, a menudo acompañado de una desuniforme germinación, siendo ambos aspectos indeseables características de las semillas.

Ching (1973) dice que el vigor de la semilla involucra dos componentes, germinación y crecimiento de la plántula. El proceso de germinación puede dividirse en tres

fases: a) reactivación del pre-existente sistema, b) síntesis de enzimas y organelos para el catabolismo de las reservas y c) síntesis de nuevos componentes celulares. El vigor de una semilla puede perderse y alterar el modelo en general por condiciones anormales de temperatura, lluvias o empobrecimiento del suelo.

Germ (1949) fue el primero en sugerir la medida de crecimiento de la plúmula como un ensayo de vigor en los cereales y la remolacha azucarera y el método se desarrolló posteriormente por Perry (1977); también Smith *et al.* (1973) usaron con gran éxito la medición del crecimiento de la raíz en lechuga. AOSA (1983) menciona que una rápida y uniforme emergencia es un importante componente de la definición de vigor de la semilla. Por eso, una medición del crecimiento de la plántula es una lógica prueba de vigor.

Respiración y Oxígeno

Ornoz *et al.* (1967) reportan que el metabolismo comprende dos fases: el catabolismo, caracterizado por las reacciones degradativas que son fenómenos de oxidación durante los cuales se libera energía y se disminuye el potencial químico de las células. La segunda fase es el anabolismo, representado por las síntesis, fenómenos de elaboración por medio de los cuales se adquiere energía y se restablece y aumenta el potencial químico celular. El

catabolismo comprende el fenómeno esencial; la respiración, la cual puede ser de dos tipos, aeróbica y anaeróbica.

La respiración es aquel proceso en el cual las sustancias son oxidadas a través de una serie de pasos con la presencia de oxígeno como el aceptor de electrones final. Todos los otros procesos en donde no participa el oxígeno no son estrictamente respiración, ellos tienen frecuentemente el término respiración anaeróbica, pero el término correcto debería ser fermentación (Mayer y Poljakoff, 1978).

Woodstock y Grabe (1967) trabajando con maíz observaron que la tasa de respiración durante las primeras 30 horas de germinación fueron comparadas con el crecimiento de la plántula durante tres a cinco días después de ser plantada. Una significativa y positiva correlación fue observada entre la tasa de consumo de oxígeno durante la imbibición y los estados tardíos, con el crecimiento de la plántula. La actividad de ácido glutámico descarboxilasa también fue positivamente correlacionado con el crecimiento de la plántula. El metabolismo de las semillas durante las primeras horas de germinación son evidentemente relacionadas de algún modo con la tasa de crecimiento de la plántula después de varios días. Esta dependencia es debido a los procesos sintéticos y al aumento sobre el uso de la energía respiratoria, por lo que el hecho de tener una alta tasa de respiración, refleja un alto nivel de actividad metabólica.

Sundstrom y Edwards (1989) hacen mención de que la tasa de respiración de la semilla de chile jalapeño fue significativamente más grande que el testigo cuando la semilla fue pre-remojada en agua. Las semillas osmoacondicionadas respiran significativamente a una tasa más alta que el testigo, durante la fase de imbibición y el periodo de emergencia de la radícula. La tasa de respiración durante las cero y seis horas tanto del chile jalapeño como el tabasco, fueron significativamente mejor correlacionadas con el desarrollo de la plántula, pero no así cuando esta fue medida después de seis horas.

Frank y Larson (1970) reportan que un incremento del oxígeno en la atmósfera aumenta la germinación en un periodo de 10 días. En presencia de oxígeno los procesos fisiológicos necesarios para el vigor son activados y la energía requerida para el crecimiento son disponibles al embrión. Si el oxígeno es limitado, la respiración, y el crecimiento del embrión son inhibidos; sin embargo, el contenido de oxígeno es incrementado, la respiración y la tasa de crecimiento de embrión se incrementan dando como resultado un incremento en la germinación.

Según Tesar (1988) la semilla no imbibida requiere poco oxígeno y menos oxígeno es necesario a más baja temperatura. El suplemento de oxígeno al embrión es una función de concentración externa, solubilidad del oxígeno en

el agua, resistencia de difusión de los caminos de entrada y a la afinidad de las enzimas de las semillas al oxígeno. La resistencia de difusión del oxígeno se incrementa con la imbibición, debido al aumento de espesor de la membrana que cubre a la semilla y a la superficie del embrión.

Fischer *et al.* (1988) indican que la germinación de la semilla puede de hecho continuar en completa ausencia de material suplementario, es decir nutrimentos con excepción del agua y oxígeno.

Ybema *et al.* (1984) hacen mención de que el oxígeno, pero no las giberelinas, causa un incremento en la actividad de alfa y beta amilasa y la reducción de niveles de sustratos en el embrión y endosperma. El incremento de la actividad de la alfa amilasa y reducción de los niveles de sustrato ocurrieron antes de la emergencia de la radícula, mientras que el incremento en beta amilasa fue después. En alguno de los casos la pérdida de germinación se debió a la falta de permeabilidad de la cubierta de la semilla al oxígeno. La estimulación de la germinación por el incremento de la concentración de oxígeno, es presumiblemente debido al incremento en la difusión del oxígeno, resultando en general un incremento en la respiración y metabolismo. Una función más específica del oxígeno, es la prevención de producción de inhibidores los cuales pueden ser originados por la actividad del ciclo de pentosa fosfato y la actividad del

ciclo respiratorio alternante.

Hirasawa (1988) reporta que el oxígeno es esencial para la inducción de la actividad de la diamina oxidasa en cotiledones de chícharo. Durante la germinación los cotiledones producen o desarrollan diamina oxidasa como un resultado del suplemento de oxígeno a través del eje embrionario de la plántula del chícharo.

Huerta y Bustamante (1990) y Soqui y Bustamante (1990) mencionan que una falta de oxigenación durante las primeras 16 h de imbibición y luego un suplemento del mismo en las restantes 16 h dentro del osmoacondicionamiento, estimula una mayor expresión del potencial de germinación en semillas de tomate y maíz. Explican que la metionina da origen a S-adenocil metionina (SAM) y éste a la vez al ácido amino ciclo carboxílico (ACC). Bajo condiciones anaeróbicas se incrementa la concentración de ACC la cual en la presencia de oxígeno da origen al etileno; de este modo existe una mayor producción de etileno, el cual estimula la germinación.

Las Giberelinas

Polina (1989) reporta que las hormonas son definidas como sustancias orgánicas que se sintetizan en algún lugar del organismo y que actúan como un mensajero al ser

transferidas a otro sitio, en el cual, a bajas concentraciones influyen sobre un fenómeno fisiológico específico. Se podría considerar en forma elemental, que los fenómenos de crecimiento y desarrollo están siendo controlados primeramente por la acción de cinco principales grupos de fitohormonas: auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscisico y etileno.

Braun y Khan (1976) dicen que los reguladores de crecimiento no sólo incrementan el porcentaje de germinación sino también afectan el tiempo de germinación. Ellos trabajaron con kinetina, etefon, giberelinas y fucicoccina.

Según Mayer y Poljakoff (1978) el AG₃ puede también revertir la inhibición de la germinación causada por presión osmótica. Por ejemplo, las semillas de lechuga germinaron un 82 por ciento en agua, dieron sólo un 22 por ciento de germinación en 0.15 M de manitol; sin embargo, la adición de 35 ppm AG₃ al manitol incrementó la germinación a un 61 por ciento mostrando revertir la inhibición osmótica. El AG₃ podría ser de importancia en determinar la germinación de semillas que en circunstancias naturales se encuentren afectadas por las propiedades del suelo. Las giberelinas tienen diferentes concentraciones en sus diferentes estadios de germinación y durante la maduración o post-maduración.

Coronel y Motes (1982) encontraron que para las variedades California Wonder, Select y Tampiqueño-74 de *Capsicum*, concentraciones de AGs de 1000 ppm redujeron la germinación, comparadas con aquellas dosis más bajas, aunque incrementaron la germinación comparados con el control. Los tratamientos de AGs mejoran la velocidad de germinación y todas las variedades alcanzaron su máximo de germinación en un periodo de dos o tres días. En Tampiqueño-74 la máxima germinación fue obtenida con ocho microgramos de AGs por miligramo de semilla. Ellos también mencionan que es económicamente factible el uso de la GA₃ para la siembra usando la técnica de "fluid drilling".

Watkins y Cantliffe (1983) encontraron que los tratamientos de IAA y kinetina no afectaron la tasa de germinación o alteraron el total de germinación de chile a 15°C o 25°C; sin embargo, la aplicación de AG₃ y AG₄₊₇ a 15 y 25°C, incrementaron la tasa de germinación comparadas con semillas no tratadas.

Cantliffe y Watkins (1984) encontraron que los tratamientos con AG₄ + AG₇ durante el osmoacondicionamiento en solución de polietilenglicol o agua, incrementaron la velocidad de germinación en pruebas de laboratorio a bajas temperaturas (15 y 25°C).

Sundstrom *et al.* (1987) mencionan que el AG₃ y los tratamientos de osmoacondicionamiento incrementaron el porcentaje de germinación en 98 por ciento y 84 por ciento, respectivamente; también se incremento la tasa de germinación (media) a 2.8 y 4.0 días, respectivamente comparadas con el testigo, usando 1000 ppm de AG₃ por 48 h y 2.75 por ciento de KNO₃ por 144 h, trabajando con *Capsicum* cultivar tabasco.

Segun Tesar (1988) las giberelinas parecen tener una función activadora dominante seguida de la hidratación de la semilla, además de su efecto sobre la permeabilidad de la membrana, síntesis de ATP y la interacción con las citocianinas y el ABA.

La síntesis de las giberilinas ocurre en el escutelo, pero el eje embrionario también produce giberilinas en el tercer día de germinación. El efecto de las giberilinas puede dividirse en dos: la germinación (actividad embrionaria) y la movilización de sustratos. El efecto regulador del AG₃ en la germinación se cree ocurre primeramente en los cambios de la permeabilidad de la membrana y en el nivel inicial de síntesis de ATP. El AG₃ incrementa los niveles de poli-(A) RNA, el cual se cree contiene el mRNA para la enzima alfa-amilasa sintetizada por las células de aleuronas; además, aumenta la liberación de beta-1, 3 glucanasa, la cual disuelve las paredes celulares

de aleuronas, permitiendo un incremento en el suplemento del endosperma al embrión.

Murthy *et al.* (1989) encontraron gran actividad de la enzima fosfolipasa-C, la cual transforma fosfatidilinositol fosfato (PtdIns P₂) a diacilglicerol e Inositol (1, 4, 5)P₃, el cual libera calcio del retículo endoplasmático, por eso se incrementan los niveles de calcio libre intracelular. A esos niveles de calcio se modifica la actividad enzimática directamente por el calcio o por un complejo de calcio. La adición de AG₃ estimula rápidamente la síntesis de PtdIns, seguido de un rápido rompimiento. El rompimiento puede ser debido al estímulo de fosfolipasa-A₂ (para producir lisofosfatidilinositol, LPTdIns) o fosfolipasa-C (para producir Inositol-1-P y diacilglicerol), o PtdIns-Kinasa (para producir PtdIns P). Esto sugiere que el PtdIns interviene en la acción del AG₃ en las capas de aleuronas en las semillas de cebada.

Osmoacondicionamiento de Semillas

Definición

Durante los últimos años se han venido creando métodos y técnicas para incrementar la capacidad de la semilla para establecerse en el campo, es decir, dar una mayor expresión de su vigor. El osmoacondicionamiento es un

procedimiento que ofrece muchas esperanzas de cumplir tal objetivo. El osmoacondicionar una semilla es someterla a una presión osmótica específica, así como a una temperatura adecuada adecuada, con la finalidad de estimular el inicio de la germinación de todas las semillas bajo tratamiento, hasta un punto en donde se hayan cumplido las dos fases iniciales de imbibición; es decir, la absorción del agua y el período de mayor actividad metabólica (fase "Lag"), antes de que aparezca visiblemente la radícula: de este modo, todas las semillas del lote estarán en un mismo estadio y cuando tengan las condiciones ideales de germinación, ellas emergerán más uniformemente y en un período más corto. Matthews (1981) define el osmoacondicionamiento como un tratamiento para vigorizar la semilla, aunque especifica que dicha técnica no restaurará semillas parcialmente deterioradas.

Presión de Imbibición y su Efecto en la Imbibición

Meyer *et al.* (1972) explican tal fenómeno de la manera siguiente: la presión de imbibición es igual a la presión osmótica, así la presión osmótica es un índice de: 1) la máxima presión potencial que se puede desarrollar en el "imbibiente" como consecuencia de la imbibición y 2) el déficit de presión de difusión del agua de un "imbibiente" en tanto y en cuanto la libre expresión de este no sea impedida de ninguna manera. En una solución, cuanto mayor

sea su cantidad de agua en relación con determinada cantidad de soluto, menor será la presión osmótica y viceversa. Cuando se produce un aumento de la presión osmótica de la solución en la que se sumerge un "imbibiente" en el punto de equilibrio, se registra una disminución de la cantidad de agua retenida por unidad de peso seco. La relación entre la presión osmótica y el agua embebida no es estrictamente proporcional, ya que a menor concentración, un aumento de unas pocas atmósferas en la presión osmótica provoca cierta disminución en la cantidad de agua embebida; mientras que a grandes concentraciones, se necesita un aumento de varios cientos de atmósferas en la presión osmótica para conseguir un cambio equivalente en el volumen de agua embebida.

Efecto del Potencial Osmótico en el Apoplasto de la Semilla

Wolswinkel (1988) encontró en las cinco especies de plantas dicotiledóneas estudiadas, que un bajo potencial osmótico en el apoplasto de la semilla es uno de los principales factores que controlan la tasa de transporte de asimilatos dentro del desarrollo de la semilla. Un potencial osmótico fuertemente negativo en el apoplasto puede ser involucrado en prevenir una germinación precoz y mantiene parada la síntesis de proteínas. Una alta concentración de solutos en el apoplasto de la semilla puede representar un factor principal que controla el desarrollo de la semilla. El efecto de un potencial osmótico relativamente alto en el

apoplasto de la semilla, permitirá una reducción de la tasa de asimilatos transportados durante el desarrollo de la semilla.

Efectos del Osmoacondicionamiento en las Semillas

Greenway *et al.* (1968) pudo comprobar que el PEG tiene propiedades tóxicas capaces de inhibir el crecimiento de *Chlorella pyrenoidosa*, así como la respiración, ya que tenía un efecto tanto en la glucosa como en el acetato y esto se incrementa a medida que se almacena la solución. Además, en un análisis del PEG purificado, se encontró menos que 0.3 partes de aluminio y 0.002 partes de cromo y cobre.

Michel y Kaufmann (1973) mencionan que existe un efecto sinérgico de sales debido a una alteración de la estructura del agua que rodea a la molécula de PEG, entre más agua más hidrógeno enlazan al polímero. Al incrementarse las moléculas del PEG, se recomienda que esté en presencia de sales y manitol para reducir su viscosidad. Michel y Kaufmann observaron las desventajas del PEG en grandes volúmenes, ya que su gran viscosidad hace casi imposible aerarlos y recomiendan el uso de sales y manitol para reducir tal característica.

Mexal *et al.* (1975) determinaron la disponibilidad del oxígeno durante el osmoacondicionamiento y encontraron que el oxígeno alcanza un 50 por ciento de disponibilidad en el agua, con un potencial hídrico de -3 y -2 bars, para el PEG 4000 y 6000, respectivamente. El oxígeno puede encontrarse en niveles peligrosos (solubilidad relativa del $O_2 = 20$ por ciento) a potenciales hídricos de -12 y -7 bars, para PEG 4000 y 6000, respectivamente. También mencionan otros autores que una baja tensión de O_2 en soluciones nutritivas pueden reducir el crecimiento de raíces de maíz sobre un rango de tensión de humedad del suelo. El oxígeno no es sólo importante para el crecimiento de raíces, sino también parece ser importante para la formación de raíces de micorrizas. Dentro del rango de concentración de PEG estudiada aquí, la solubilidad del O_2 es inverso al peso molecular y concentración de PEG.

Darby y Salter (1976) preocupados por la falta de comercialización o desarrollo de la técnica de osmoacondicionamiento, encontraron que suficiente cantidad de semilla para tratar con PEG era difícil, volviéndose un problema airear las soluciones viscosas durante el tratamiento; sin embargo, los mismos autores encontraron que mezclando nitrato de potasio y tripotasio ortofosfato dan similares resultados comparados con el PEG, y que es relativamente más simple airear una solución de sal. La técnica desarrollada es capaz de: a) lixiviar algún inhibidor presente en la

semilla, b) la semilla es osmoacondicionada en una solución salina y después c) mejores condiciones para que la semilla germine, todo en un mismo aparato.

Bodsworth y Bewley (1979) reportan que semilla osmoacondicionada puede presentar una rápida y sincronizada germinación en temperaturas frías del suelo; por lo que la técnica de osmoacondicionamiento en áreas en donde el frío inicia pronto, resulta obviamente de mucho potencial.

Coolbear y Grierson (1979) mencionan que una excesiva acumulación de ácidos nucleicos puede ser uno de los factores involucrados en la aceleración de la germinación de la semilla de tomate por los tratamientos osmóticos. Además, indican que es crucial para el entendimiento de las funciones de los ácidos nucleicos en pre-tratamiento, caracterizar la actividad de el mRNA y su producción durante este periodo.

Khan *et al.* (1980) mencionan que el efecto de la luz puede ser substituido con hormonas apropiadas. La adición de AG4+7 o combinación de kinetina más etefon más AG4+7 para el osmótico, provee la substitución del efecto de la luz. La presencia de las hormonas durante el tratamiento osmótico obscuro causa una rápida germinación. El uso de hormonas en presencia de luz previene una latencia secundaria causada por un prolongado tratamiento osmótico obscuro. Las ventajas

de combinar el osmoacondicionamiento con sustancias de crecimiento son muchas: semillas tratadas pueden emerger rápido, pueden ser capaces de soportar temperaturas subóptimas, pueden prevenirse de tener latencia secundaria y serán mejor equipadas para resistir termoinhibición, sequía, salinidad y otros estrés durante el establecimiento de la plántula. Una consistente mejora en el tiempo de emergencia y peso fresco fue obtenida seguido del osmoacondicionamiento en repollo y col de bruselas. También cuando las semillas fueron tratadas osmóticamente en presencia de AGs, un dramático mejoramiento en el tiempo de emergencia ocurrió a subóptimas temperaturas del suelo. La síntesis del DNA puede ocurrir o coincidir con la protusión de la radícula y el osmoacondicionamiento puede causar cambios relacionados con la elongación celular; además, mejora el tiempo de síntesis de RNA, al igual que en el total de RNA sintetizado. La incrementada cantidad de RNA sintetizado durante el osmoacondicionamiento, o la mejorada habilidad de las semillas tratadas para sintetizar RNA durante la germinación, puede ser una función de activación y/o síntesis de enzimas metabólicas del RNA como un resultado de la prolongada hidratación durante el osmoacondicionamiento. Khan *et al.* (1980) mencionan también, que los patógenos de enfermedades transmitidas por semilla, pueden ser erradicados durante el prolongado osmoacondicionamiento a 15°C, en presencia de ciertos protectores tales como el Thiram, Penicilina G.

Coolbear *et al.* (1980) encontraron que el incremento en los ácidos nucleicos durante el pre-tratamiento, fue aproximadamente un 88 por ciento de RNA después de seis días del tratamiento. Sin embargo, Coolbear menciona que otros investigadores han encontrado pequeños efectos dañinos como resultado del resecado de la semilla después de la imbibición. Aclaran que varios investigadores han mostrado que semillas pretratadas con sal parecen tener alta actividad metabólica. Los mismos autores demuestran una gran acumulación de RNA en semillas sin germinar y que hay una estrecha correlación entre esta síntesis neta y el subsecuente mejoramiento de la germinación. Todo o parte de este RNA sintetizado es pre-requisito de la actividad sintética de proteínas.

Matthews (1981) afirma que las pruebas de vigor son un buen indicador de la emergencia en el campo que las pruebas de laboratorio normales; además, menciona que los pretratamientos pueden ser una forma para mejorar el nivel de la semilla. El describe el término de osmocondicionamiento como "Invigorización", no consiste en restaurar semillas parcialmente deterioradas, aunque claramente mejora el resultado de crecimiento de la plantula, a pesar de que algunas veces podremos causar una deterioración en la semilla por el resecado.

Mazor *et al.* (1984a) describe que durante la

imbibición de la semilla en polietilenglicol (PEG), se incrementó la cantidad de ATP acumulado en 24 h. Similar cantidad se acumula en semillas imbibidas en agua en período de 4 a 5 h; pero sorprendentes hallazgos son que la más alta calidad de aminoácidos y acetato, así como la más baja cantidad de nucleótidos fueron incorporados durante el tratamiento del PEG, comparados con los tratamientos del agua.

Mazor *et al.* (1984b) mencionan que existen algunos autores que correlacionan el vigor de las semillas con el contenido de ATP, sin embargo, mencionan que la acumulación de ATP puede ser un resultado de un daño del sistema de utilización de ATP. Esto fue demostrado en los experimentos sobre proteínas-síntesis-inhibición, el cual resultó en incrementación de ATP pero con pobre germinación. Puede ser concluído que la acumulación de ATP en la primera etapa de la germinación puede reflejar la habilidad de su síntesis y/o utilización. Así, la medición de niveles de ATP para evaluar calidad de la semilla parece cuestionable.

Rivas *et al.* (1984) reportan que el osmocondicionamiento con PEG parece retardar el desarrollo de la plántula de chile jalapeño en invernadero, comparado con el nitrato de potasio.

Brocklehurst y Dearman (1984) compararon diferentes

osmóticos para los tratamientos de semilla usando soluciones con un mismo efecto en la regulación de la absorción de el agua por las semillas. El uso de -15, -30 y -20 bars para PEG, glicerol y KH_2PO_4 , respectivamente. El osmoticum de más bajo peso molecular y el más negativo es el potencial osmótico requerido para restringir la absorción de agua, de tal forma que las moléculas de más bajo peso molecular son capaces de penetrar en los tejidos de la semilla, sin embargo, mencionan que una excesiva penetración de iones puede tener un efecto negativo en la germinación, debido a un disturbio en el balance osmótico de las células; o a que la alta concentración de iones disturbian enzimas y membranas. Por todo lo anterior, ellos concluyen que el mejor osmótico es el PEG.

Bradford (1985) al utilizar KNO_3 (0.3 M) en el tratamiento durante seis días a 25°C , en semillas de cuatro variedades de melón, antes de sembrarse en condiciones de baja temperatura, encontró que la germinación en laboratorio fue completa después de cinco días; mientras que el testigo en el mismo lapso de tiempo presentó de 0-10 por ciento de germinación. Pruebas hechas en campo, donde la temperatura máxima fue menor de 20°C , tres de las cuatro variedades mostraron incremento en el porcentaje de emergencia final; concluyendo que el osmoacondicionamiento puede ser un efectivo método para mejorar el establecimiento en el campo, bajo condiciones de siembras tempranas.

Akers y Holley (1986) mencionan que el osmoacondicionamiento fue primeramente usado por Levitt y Hamm (1943). Akers y Holley (1986) usaron sales tales como NaCl y KNO_3 con potenciales de -0.5 MPa a -1.5MPa en semillas de chile, apio, brocoli, tomate y lechuga, indicando la preferencia del uso de sales sobre el PEG por el fácil manejo y más fácil aeración.

Jacomini *et al.* (1987) trabajaron con plantas de tomate puestas en soluciones de PEG 6000 al 10 y 25 por ciento observando que las raíces eran permeables al PEG, el cual fue traslocado a los tallos. Su acumulación fue directamente relacionado al tiempo de exposición y a la concentración del PEG del medio. La acumulación de azúcares solubles como una respuesta al tratamiento de estrés de agua es bien sabido, y el mecanismo por el cual esto ocurre es conferido por los estadios mostrado por el agotamiento de almidón y la incrementada actividad de la alfa amilasa durante el estrés hídrico. El incremento de azúcares ocurridos son consecuencia de una reducción en el crecimiento.

Haigh y Barlow (1987) compararon varios tratamientos osmóticos y determinaron que las soluciones salinas eran mejores para el osmoacondicionamiento de semillas de tomate y zanahoria, comparadas con el PEG. Además, encontraron que la presencia de nitratos durante la imbibición puede proveer

de adicional substrato para AA y la síntesis de proteínas, para mejorar la germinación durante el tratamiento.

Goobkin (1989) trató de obtener una mejor germinación en las semillas de hortalizas, al osmoacondicionarlas en soluciones aereadas de PEG-6000, KNO_3 y $\text{K}_3\text{PO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. La tasa germinativa y la emergencia en el campo se incrementó en un 17 por ciento y 22 por ciento, usando soluciones aereadas de 0.4-0.5 por ciento de KNO_3 y K_3PO_4 . Los rendimientos de los cultivos se incrementaron entre 21 y 28 por ciento. El mismo autor encontró que las soluciones aereadas de las sales de potasio eran ligeramente mejores que las del PEG.

Guerrier y Pinel (1989) encontraron que con el uso del osmoacondicionamiento se incrementa el vigor de la semilla de chícharo, usando KCl y CaCl_2 . El osmoacondicionamiento puede mejorar el vigor de las semillas en medios salinos. Los cambios en el transporte de iones y el conjunto de enzimas hidrolíticas, fueron observadas en los cotiledones extraídos del eje embrionario. Además, dichos osmóticos entran al metabolismo celular regulando la reacción de K/Na y Cl/Na en la movilización de los componentes de las reservas de la semilla.

Hardegree y Emmerich (1990) observaron que el PEG, a pesar de ser una molécula de alto peso molecular, en un gran

volumen de solución de PEG , éste atraviesa la membrana celular, por lo que el efecto de la concentración en el sustrato de germinación podría ser mínimo; de tal forma que la pequeña cantidad penetrada de PEG hace que los cálculos o estimación sobre el potencial osmótico sean erróneos y tendrán que recalcularse los valores reales del medio.

Funciones de Algunos Nutrientes Minerales

Magnesio

Kozlowski (1972) encontró que para conatar con un adecuado un suplemento de fósforo, potasio, magnesio y calcio para la síntesis de metabolitos y de constituyentes funcionales y estructurales (particularmente ATP, coenzimas, y ácidos nucleicos) para el temprano crecimiento de la plántula, las semillas usualmente asimilan ácido fítico en forma de sales de magnesio, potasio y calcio durante su maduración. Esas sales son hexafosfato de inositol (fitina).

Meyer *et al.* (1972) y Streeter y Barta (1988) reportan que el magnesio es un constituyente mineral de la molécula de clorofila, y que también son ricas en magnesio las semillas. El magnesio desempeña cierto papel en el metabolismo del fósforo e indirectamente en el mecanismo respiratorio. Los iones magnesio activan ciertas enzimas tales como trasfosforilasas, dehidrogenasas y carboxilasas.

Mengel y Kirkby (1982) dicen que los granos de cereales contienen Mg como sal de ácido inositol hexafosfórico (ácido fitico). La principal función del Mg es de cofactor en casi todas las actividades enzimáticas en el proceso de fosforilación. El Mg forma un puente entre la estructura fosfato de ATP o ADP y la molécula enzimática, además de que puede activar algunas hidrolasas como la enolasa, Mengel y Kirkby mencionan que existen varias formas de $MgSO_4$ que difieren en su solubilidad, pero la sal de epton, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, es la más soluble.

Azufre

Marschner (1986) dice que las principales funciones de los nutrientes minerales tales como nitrógeno, azufre y fósforo es que sirven como constituyentes de proteínas y ácidos nucleicos.

James (1967) reporta que el azufre se encuentra en las células en cantidades mucho más pequeñas que el nitrógeno y fósforo, formando parte de la cadena lateral de los aminoácidos, por lo que ésta normalmente presenta en las proteínas en forma de compuestos orgánicos derivados de los alcoholes por sustitución del grupo OH o por el sulfhidrilo SH; el cual es necesario que esté libre para que muchas enzimas de muy diversas clases, se activen para reaccionar con su substrato.

Meyer *et al.* (1972) mencionan que el azufre es un componente de los aminoácidos como citina, cisteína y metionina, que forman proteínas vegetales; y de la tiamina y biotina que son compuestos metabólicos importantes. Existe una acumulación de aminoácidos y otros componentes nitrogenados cuando existe una deficiencia de azufre, probablemente porque se rompe la síntesis de proteínas.

Bidwell (1979) encontró que el azufre es un importante constituyente de algunos compuestos de actividad biológica como la biotina, la tiamina y la co-enzima A. De este modo, la función de este elemento va ligada en parte a las actividades metabólicas de estos compuestos. Participa en los grupos sulfhidrilo que se encuentran en muchas enzimas y que en algunos casos son necesarios para la actividad de éstas; y en establecer puentes que en la molécula protéica ayuda a los enlaces peptídicos y a los puentes hidrógeno, a estabilizar la estructura de la proteína.

Mortvedt *et al.* (1983) y Mengel y Kirkby (1982) mencionan que una de las funciones primordiales del azufre S en proteínas o polipéptidos, es la formación del enlace S-S entre las cadenas polipéptidas. El azufre es un constituyente de la acetilcolina (CoA) y de las vitaminas biotina y tiamina; la biotina está asociada con la fijación de CO₂ y

reacciones de descarboxilización, la tiamina pirofosfato actúa como una coenzima en la descarboxilización del piruvato a acetaldehído y la oxidación de α - keto ácido.

Cloro

Marschner (1986) y Streeter y Barta (1988) mencionan que el potasio y el cloro son los únicos minerales que no constituyen estructuras orgánicas. Ellos funcionan principalmente en la osmoregulación (ej. vacuolas), el mantenimiento de equilibrio electroquímico en las células y su comportamiento así como la regulación de actividad enzimática. También juega una función importante en el metabolismo del nitrógeno.

Cromo

Harper *et al.* (1980) describen que está ampliamente distribuido en los tejidos, aunque en cantidades extremadamente pequeñas. El contenido total del cromo del cuerpo humano adulto se estima en menos de 6 mg; sin embargo, en los vegetales no se sabe con exactitud. El cromo es un mineral altamente tóxico, pero en los trabajos realizados en ratas se ha sugerido que el cromo actúa junto con la insulina promoviendo la utilización de la glucosa.

Procesos Metabólicos e Hidrolíticos

Según Davis (1977) la alfa amilasa realiza tres funciones en el eje embrionario. La primera puede estar asociada con el rompimiento de las reservas de almidón en el eje embrionario de la semilla sin germinar; la segunda, éste puede asistir a la beta amilasa en la hidrólisis de dextrinas solubles transportadas desde los cotiledones; y finalmente, pueden asociarse con la interacción de las síntesis y degradación en los ciclos metabólicos de almidones.

Heydecker y Coolbear (1977) dicen que en los tratamientos con AGs, se encontró un incremento en hidrolasas especialmente la ribonucleasa y otros como la alfa amilasa, la cual actúa rompiendo la latencia en la semilla.

Okamoto *et al.* (1980) hallaron en cereales tales como cebada, trigo, rye grass, avena y maíz, que la alfa amilasa parece estar presente invariablemente en la región de células epiteliales del escutelo, donde gradualmente se difunde en toda la región de los tejidos del endosperma. Más tarde puede observarse la formación de la alfa amilasa inducida por la giberelinas, las cuales son transportadas desde los tejidos embrionarios.

Akasawa y Miyata (1982) muestran esquemáticamente las dos teorías más recientes de la formación y rompimiento de las reservas de almidón en los tejidos del endosperma. (Figura 2.1).

Grosbis *et al.* (1988) dicen que existe una síntesis de fosfolípidos transferidores de proteínas durante la maduración y la germinación de la semilla de maíz. La acumulación de fosfolípidos transferidores de proteínas (PLTP) fueron estables durante las 36 h después del pre-remojo y germinación sin emergencia de la radícula. Entre las 36-48 h la producción de la radícula causada por la elongación celular fue acompañada por un inmediato incremento en los niveles de PLPT. La pérdida de la significativa evolución de la actividad del PLTP en los tejidos del endosperma durante la germinación, pudo ser relacionado al hecho de que los tejidos del endosperma están constituidos principalmente por células muertas, donde la actividad del PLTP no ocurre.

Copeland y McDonald (1985) mencionan que existen caminos bioquímicos para iniciar el proceso de germinación (Figura 2.2).

BANCO DE TESIS

U.A.A.A.N.

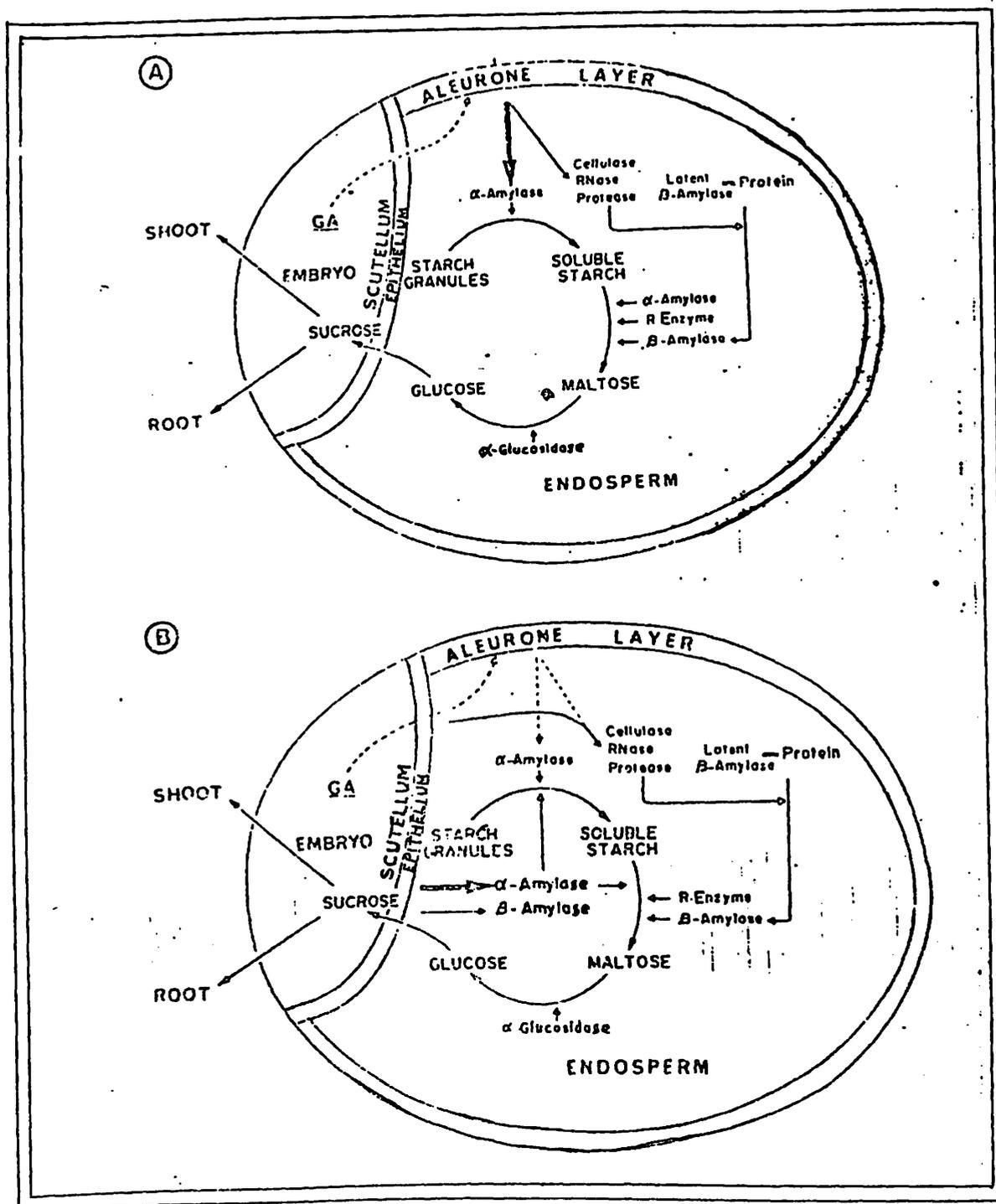


Figura 2.1. (A) Mecanismo clásico; inducible formación de alfa amilasa en la capa de aleurona iniciada por la movilización de las giberelinas desde el embrión. (B) Nuevo mecanismo; formación de alfa amilasa y otras hidrolasas en el epitelio escutelar y la secreción dentro del endosperma.

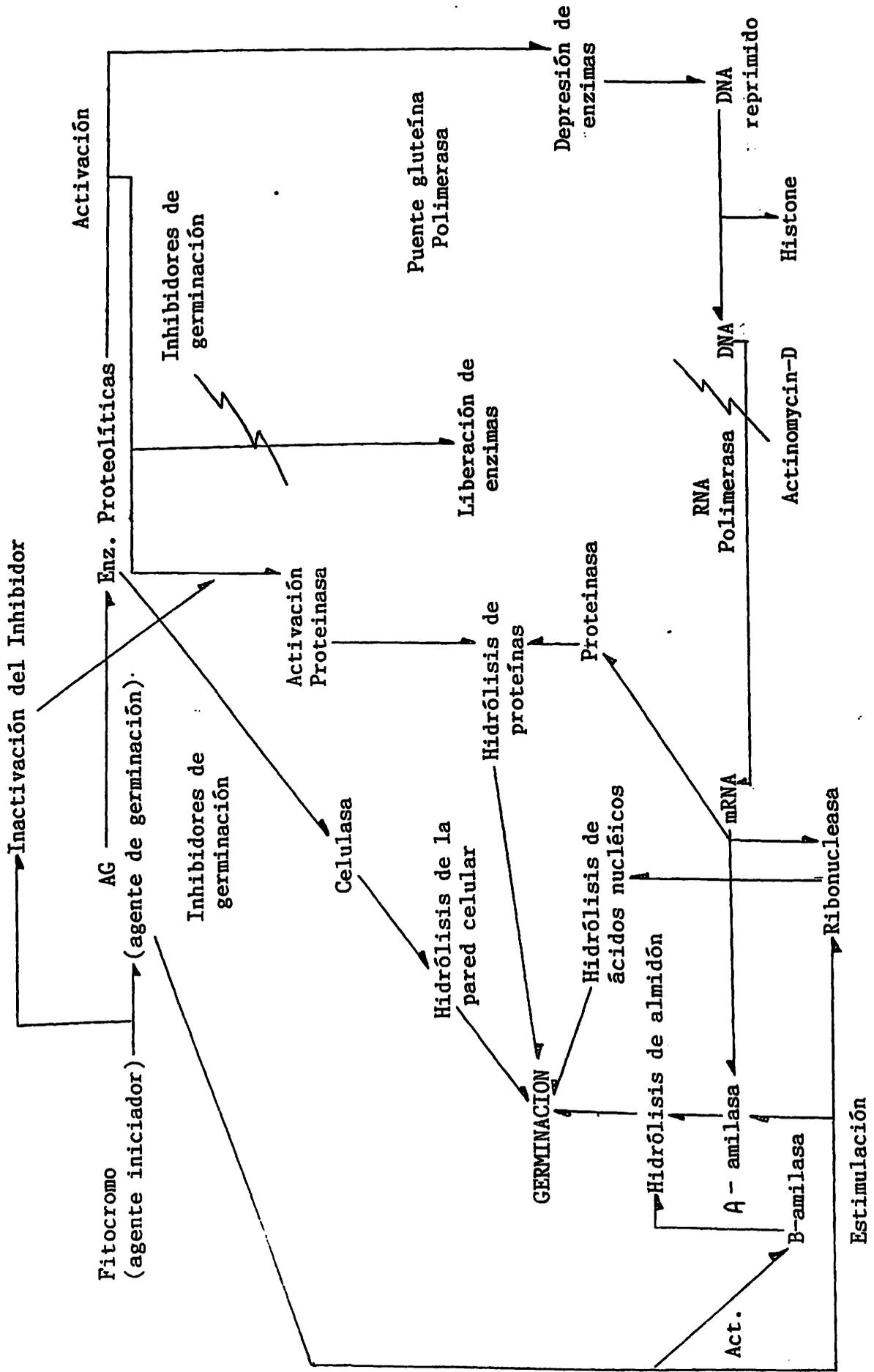


Figura 2.2. Posibles caminos bioquímicos dentro de la iniciación de germinación.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del Experimento

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Investigación de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".

Material Vegetativo y de Laboratorio

Se utilizó semilla de chile (*Capsicum annum* L.) cv. Tampiqueño-74, semilla PRONASE de origen V. del Viscaino 84, con un 99.5 por ciento de pureza, obtenida en una tienda comercial agrícola.

Las sales empleadas fueron: $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, CrO_3 ; las giberelinas aplicadas, AG₃. Se utilizaron una cámara de baño maría, cámara germinadora, báscula de precisión, así como bombas de oxígeno necesarias para llevar a cabo el trabajo.

Experimentos

El trabajo se dividió en tres experimentos, teniendo primeramente a los agentes osmóticos a diferentes potenciales y después se hicieron combinaciones entre ellos con o sin la presencia del ácido giberélico; para analizar el efecto de éstas sobre el índice de la tasa de germinación (ITG), por ciento de germinación (por ciento G), longitud de radícula (LR) y longitud de plúmula (LP).

Experimento 1

Los agentes osmóticos utilizados fueron el $MgCl_2$ (0.0, -0.9, -1.2, -1.5 y -1.8 MPa), $MgSO_4$ (0.0, -0.8 -1.0, -1.2 y -1.4 MPa), CrO_3 (0.0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8, -1.0, -1.2, -1.4 y -1.6 MPa) y el testigo con agua destilada solamente, siguiendo los pasos que a continuación se citan.

Se pesa la sal, la cantidad previamente determinada mediante la ecuación; $Y = MPa \div 0.002437 \div 1000 \div Z \quad (.1)(PM)$ donde: Y es la cantidad de la sal expresado en gramos que se necesitan que agregar para ejercer una presión osmótica específica. MPa es la presión osmótica a la cual se desea llevar la solución considerando los valores absolutos, expresada en MPa 0.002437 es una constante, Z es el número de iones que tiene la sal utilizada, 1000 una constante para convertir o transformar los moles, 0.1 es el volumen de agua

destilada para preparar la solución osmótica expresada en litros y PM es el peso molecular de la sal.

Una vez pesada la sal para cada presión osmótica, se pone en un vaso precipitado, cada uno por separado, se afora al volumen ya preestablecido se mezclan perfectamente la sal con el agua destilada ayudándonos de una mezcladora tipo lab-line Multi-magnestir # 1278 hasta que los gránulos de la sal desaparezcan.

En cada medio osmótico se sumergen 150 semillas medidas en una bolsa hecha con tela de pabellón y se tapa con papel aluminio en el vaso precipitado colocándolas en la cámara de baño María que previamente se le agrega agua destilada hasta que rebase el bulbo del termómetro, el agua tendrá una temperatura oscilada entre los 18 y 20°C.

Los medios osmoticum permanecen sin oxigenación durante 16 h y posteriormente se les suministra oxígeno mediante una bomba de aire marca Hagen Elite 800 por un período de 16 h (la manguera de las bombas penetra en el papel aluminio y llegan al fondo de cada frasco).

Una vez transcurridas las 32 h del tratamiento, se sacan las semillas y se lavan con agua destilada, se secan sobre un papel secante a las condiciones ambientales del laboratorio por un período de 8 a 10 h.

Previamente se prepara un medio de cultivo agar-agar al uno por ciento (10 g de agar por un litro de agua), el cual se hace en frascos de cristal de 240 ml de capacidad, agregándoles 10 cc del medio a cada frasco. Se tendrán cuatro repeticiones por tratamiento, es decir, cuatro frascos por tratamiento y se sembrarán 25 semillas por frasco.

Cada frasco se tapa con papel aluminio y se agrupan en 10 a 12 frascos por charola, para enseguida envolverlas en papel aluminio, esto con la finalidad de dar una condición de obscuridad la cual permanecerá así durante siete u ocho días.

Se mantienen dentro de la cámara germinadora con temperatura alternante 18-25°C. Todos los días a una misma hora, se abrirá cada paquete y se cuantificarán el número de semillas germinadas en cada frasco, considerándose germinadas aquellas semillas en donde su radícula haya alcanzado una longitud aproximada de 2 mm.

Terminado el período de prueba, se sacaron los frascos de la cámara germinadora y se midieron la longitud de la radícula y la longitud de la plúmula, de diez plántulas normales tomadas al azar de cada frasco.

Experimento 2

En base a los resultados del primer experimento se hicieron las siguientes combinaciones entre los agentes osmóticos y el AG₃: MgCl₂ (-1.8 MPa) + AG₃ (0, 5, 50 y 500 ppm); MgSO₄ (-0.8 MPa) + AG₃ (0, 5, 50 y 500 ppm) y CrO₃ (-0.2 MPa) + AG₃ (0, 5, y 10 ppm). El testigo fue cada uno de los tratamientos sin la incorporación de AG₃. El procedimiento para osmoacondicionar es el mismo en todos los experimentos.

Experimento 3

Se hicieron las combinaciones entre MgCl₂ (-1.5, -1.2, -0.9, -0.6 y -0.3 MPa) y CrO₃ (-0.3, -0.6, -0.9, -1.2 y -1.5 MPa) con AG₃ (0, 5 y 10 ppm); y MgSO₄ (-0.6, .04 y -0.2 MPa) y CrO₃ (-0.2, -0.4 y -0.6 MPa). El valor aditivo de la presión osmótica de la combinación es establecida por el valor de la mejor presión osmótica de la sal de Mg⁺⁺ en turno, anteriormente determinada. En este experimento se volvieron a establecer los tratamientos seleccionados del experimento dos. Una vez terminado el tercer experimento se seleccionaron los tratamientos mas importantes de la combinación junto con los tratamientos simples (Cuadro 3.1) se mide la longitud de la radícula y de la plúmula, además del por ciento y tasa de germinación.

Cuadro 3.1 Tratamientos seleccionados de los tres experimentos para ser evaluados osmóticamente

Osmoticum	Presión osmótica MPa	Concentración AGs ppm
Control	0	0
Control	0	5
Control	0	10
MgSO ₄	-0.8	0
MgSO ₄	-0.8	5
MgCl ₂	-1.8	0
MgCl ₂	-1.8	5
CrO ₃	-0.2	0
CrO ₃	-0.2	5
CrO ₃	-0.2	10
MgSO ₄ +CrO ₃	-0.6-0.2=-0.8	0
MgSO ₄ +CrO ₃	-0.6-0.2=-0.8	5
MgSO ₄ +CrO ₃	-0.6-0.2=-0.8	10
MgSO ₄ +CrO ₃	-0.2-0.6=-0.8	0
MgSO ₄ +CrO ₃	-0.2-0.6=-0.8	5
MgSO ₄ +CrO ₃	-0.2-0.6=-0.8	10
MgSO ₄ +CrO ₃	-1.5-0.3=-1.8	0
MgSO ₄ +CrO ₃	-1.5-0.3=-1.8	5
MgSO ₄ +CrO ₃	-1.5-0.3=-1.8	10
MgSO ₄ +CrO ₃	-0.3-1.5=-1.8	0
MgSO ₄ +CrO ₃	-0.3-1.5=-1.8	5
MgSO ₄ +CrO ₃	-0.3-1.5=-1.8	10

Todos los datos de los parámetros estudiados se transformaron mediante la fórmula $\sqrt{X+0.05}$ (Reyes, 1976) para poder analizarlos debido a que existen valores 0.

Modelo Estadístico Empleado

Los resultados de los tratamientos seleccionados se analizaron bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial, se realizaron dos experimentos; el primero fue el experimento factorial 8 x 2 en un diseño completamente al azar (ocho osmoticum con dos concentraciones de AG₃), y el segundo fue un experimento factorial 6 x 3 en un diseño completamente al azar (seis osmoticum con tres concentraciones de AG₃). Este diseño fue utilizado debido a que se tenía en las sales de MgCl₂ y MgSO₄ sólo dos concentraciones de AG₃ y en el resto tres concentraciones de AG₃ y cuyo modelo se describe a continuación (Steel y Torrie, 1986):

$$Y_{ijk} = M + A_i + B_j + AB_{ij} + E_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = variable respuesta

M = media poblacional

A_i = efecto del osmoticum

B_j = efecto de la concentración de AG₃

AB_{ij} = interacción del osmoticum por la concentración de AG₃

E_{ijk} = error experimental

$i = 1, 2, \dots, 8$ osmoticum para el primer experimento

$i = 1, 2, \dots, 6$ osmoticum para el segundo experimento

$j = 1$ y 2 concentración de AGs para el primer experimento

$j = 1, 2$ y 3 concentración de AGs para el segundo experimento

$k = 1, 2, 3$ y 4 repeticiones para ambos experimentos

RESULTADOS Y DISCUSION

Experimento 1

De acuerdo a los resultados obtenidos en el primer experimento se determinó que con el $MgCl_2$ (Cuadro 4.1) a medida que se incrementa la presión osmótica incrementa el por ciento de germinación y el índice de la tasa de germinación comparada con el testigo, alcanzando su mejor expresión de ambos factores en una presión osmótica de -1.8 MPa. El $MgSO_4$ (Cuadro 4.2) tiende a incrementar demasiado a la primera presión, sin embargo a medida que se incrementa la presión osmótica decrementaron tanto el por ciento como el índice de la tasa de germinación comparada con el testigo, no obstante en (-0.8 MPa) se encontraron mayores valores de la tasa de germinación como por ciento de germinación comparado con el $MgCl_2$. En ambas fuentes de magnesio existe respuesta ya que el magnesio en sus diferentes compuestos es muy activo (Pauling, 1955).

El cromo (Cuadro (4.3) denota un decremento casi total y a medida que se incrementa más se agudiza el efecto, ello nos indica que la fuente de cromo tiene efectos negativos comparada con el testigo y que podría no ser

Cuadro 4.1. Índice de tasa de germinación (ITG) y por ciento de germinación (% G) a diferentes niveles de presión osmótica del MgCl₂.

MPa	No. \bar{X} de sem. germ. por día							%G	ITG
	1	2	3	4	5	6	7		
0.00	0	0	2.0	8.8	13.2	16.3	20.0	80.0	4.292
-0.9	0	0	.5	4.0	11.0	17.0	22.3	89.20	4.1988
-1.2	0	0	0	3.3	12.0	18.3	22.5	90.00	4.2150
-1.5	0	0	.75	6.0	12.7	17.7	21.3	85.20	4.2501
-1.8	0	0	.5	5.3	17.5	20.8	22.5	90.00	4.5996

4 repeticiones con 25 semillas c/u.

Cuadro 4.2. Índice de la tasa de germinación (ITG) y por ciento de germinación (% G) a diferentes niveles de presión osmótica del MgSO₄.

MPa	No. \bar{X} de sem. germ. por día							%G	ITG
	1	2	3	4	5	6	7		
0.0	0	0	2.0	8.8	13.2	16.3	20.0	80.0	4.292
-0.8	0	0	2.3	10.0	15.0	18.5	22.7	90.80	4.875
-1.0	0	0	1.4	8.9	11.7	16.7	20.3	81.20	4.2493
-1.2	0	0	0.7	6.0	10.0	16.5	20.9	83.60	4.0702
-1.4	0	0	0.5	5.5	9.0	16.5	20.8	83.20	3.9810

4 repeticiones con 25 semillas cada una

utilizada. La mejor presión osmótica es (-0.2 MPa) sin embargo, tanto para las fuentes de magnesio como de cromo no se sabe si pudiera existir una respuesta positiva y total al incorporar el AG₃ en los mejores tratamientos del experimento uno.

El comportamiento de las tres sales se observa en las Figuras 4.1 y 4.2.

Experimento 2

Una vez realizado el primer experimento se monitoreó la respuesta del AG₃ en los tratamientos seleccionados a diferentes concentraciones. La fitohormona AG₃ tiene como finalidad ser el estímulo y precursor del proceso de la germinación por lo que se esperaba una respuesta alentadora, sin embargo, en los Cuadros 4.4 y 4.5 correspondientes al MgCl₂ y MgSO₄ respectivamente, se observa que sólo los dos primeros niveles 0 y 5 ppm de AG₃ fueron los mejores y que el resto de las concentraciones no parecen ser nada afables (Figuras 4.3 y 4.4) para el CrO₃ la respuesta fue contraria a las sales de magnesio ya que a medida que se incrementó el AG₃ el efecto del CrO₃ disminuyó (Cuadro 4.6 y Figuras 4.3 y 4.4) por lo que se decide utilizar las tres concentraciones de AG₃ así como realizar un tercer experimento.

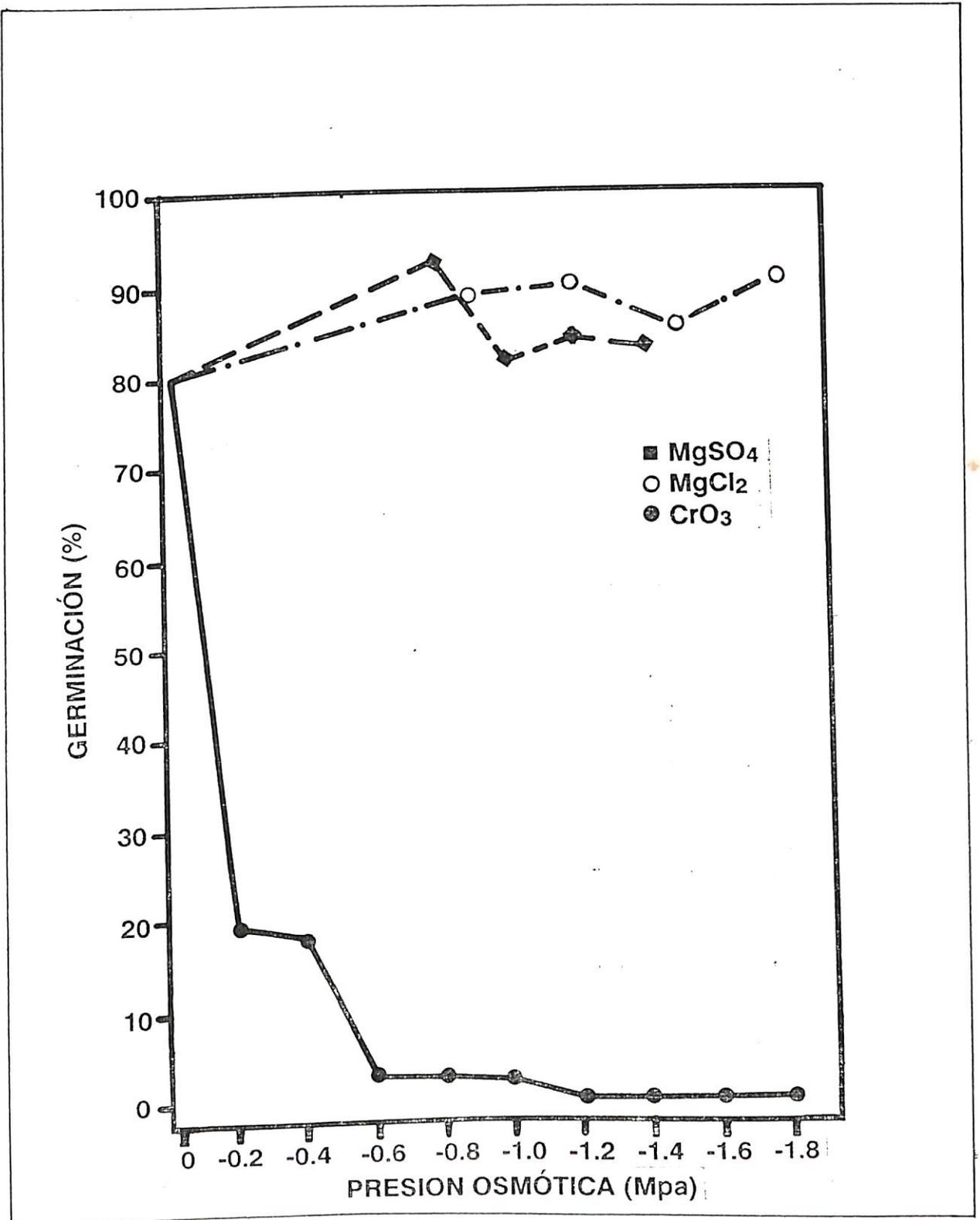


Figura 4.1. Efecto del osmoacondicionamiento con $MgCl_2$, $MgSO_4$ y CrO_3 , a diferentes presiones osmóticas, sobre el por ciento de germinación en semillas de chileno serrano, a los 7 días después de la siembra.

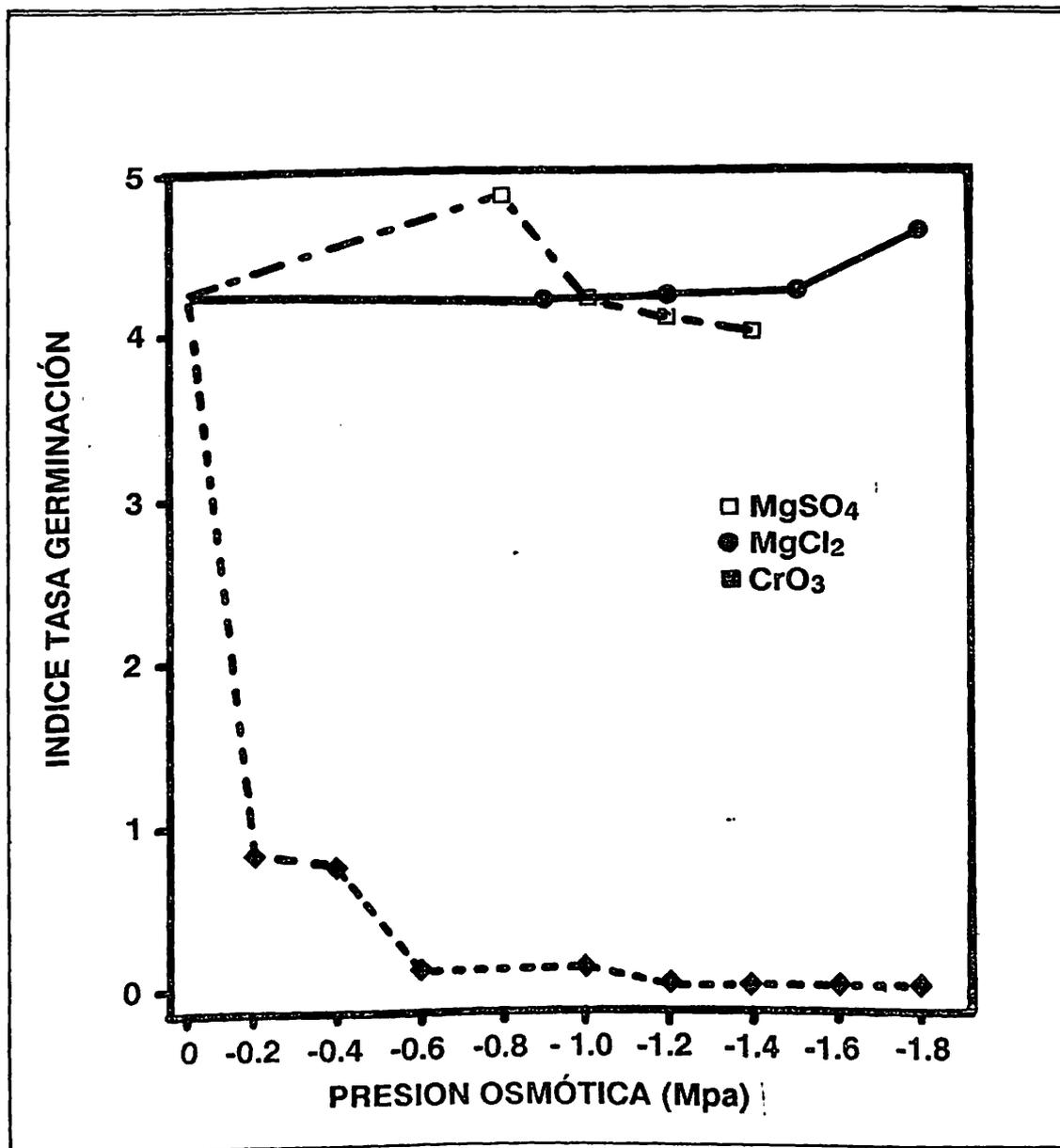


Figura 4.2. Efecto del osmoacondicionamiento con $MgCl_2$, $MgSO_4$ y CrO_3 , a diferentes presiones osmóticas, sobre el índice tasa degerminación en semilla de chile serrano, a los 7 días después de la siembra.

Cuadro 4.3. Índice de la tasa de germinación (ITG) y por ciento de germinación (% G) a diferentes niveles de presión osmótica del CrO₃.

MPa	No. \bar{X} de sem. germ. por día							%G	ITG
	1	2	3	4	5	6	7		
0.0	0	0	2.0	8.8	13.2	16.3	20.0	80.0	4.292
-0.2	0	0	0	0	2.0	3.3	4.8	19.0	.8310
-0.4	0	0	0	0	1.3	2.3	4.5	18.0	.7410
-0.6	0	0	0	0	0.3	0.5	0.6	2.4	.1043
-0.8	0	0	0	0	0.3	0.6	0.6	2.4	.1100
-1.0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	2.0	.1150
-1.2	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
-1.4	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
-1.6	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0

4 repeticiones con 25 semillas c/u

Cuadro 4.4. ITG y % G a diferentes concentraciones de AG₃ y MgCl₂ con -1.8 MPa

MPa	ppm AG ₃	No. \bar{X} de sem. germ. por día							%G	ITG
		1	2	3	4	5	6	7		
-1.8	0	0	0	.3	5.3	17.7	20.7	22.0	88.00	4.5157
	5	0	0	.6	5.3	13.0	19.3	23.7	94.80	4.5936
	50	0	0	0	2.3	10.7	16.0	21.0	84.00	3.8526
	500	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0

Los datos son la media de 4 repeticiones con 25 semillas cada una.

Cuadro 4.5. ITG y % G a diferentes concentraciones de AG₃ y MgSO₄ con -0.8MPa.

MPa	ppm AG ₃	No. \bar{X} de sem. germ. por día							%G	ITG
		1	2	3	4	5	6	7		
-0.8	0	0	6.0	12.3	17.0	19.7	21.7	23.0	92.00	7.3340
	5	0	2.3	10.7	18.0	22.0	22.3	22.7	90.80	6.6821
	50	0	0	2.6	10.7	17.0	17.8	21.0	84.00	4.7421
	500	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0

Los datos son la medida de 4 repeticiones con 25 semillas cada uno.

Cuadro 4.6. ITG y % G a diferentes concentraciones de AG₃ y CrO₃ con -0.2 MPa.

MPa	ppm AG ₃	No. \bar{X} de sem. germ. por día							%G	ITG
		1	2	3	4	5	6	7		
-0.2	0	0	0	0	0	2	3	4	16.00	.7333
	5	0	0	0	0	3	5	7	28.00	1.2667
	10	0	0	0	0	4	10	10	40.00	1.8000

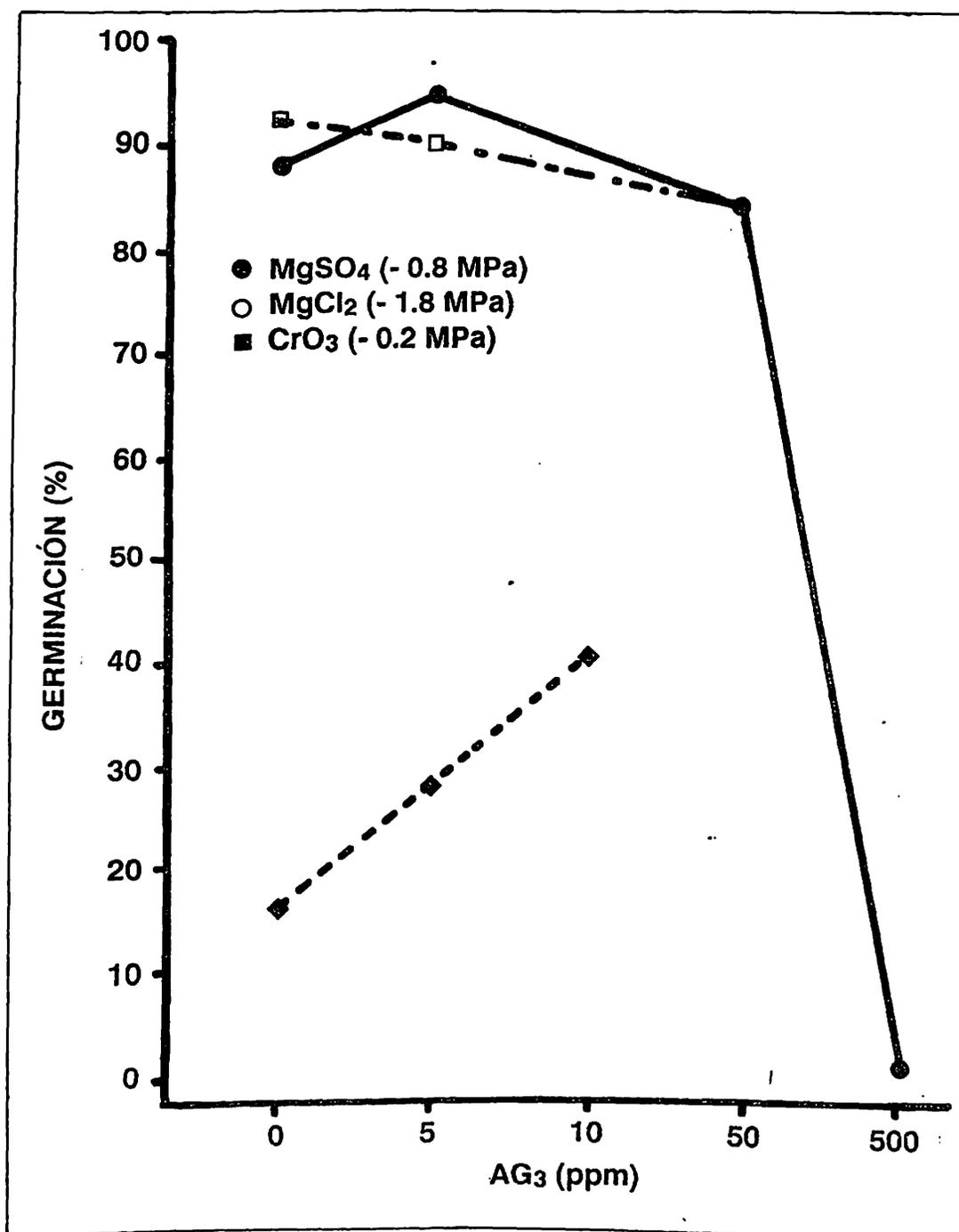


Figura 4.3. Efecto del osmoacondicionamiento con MgCl₂ (-1.8 MPa), MgSO₄ (-0.8 MPa) y CrO₃ (-0.2 MPa), en presencia de diferentes concentraciones de AG₃ sobre el por ciento de germinación en semilla de chile serrano, a los 7 días después de la siembra.

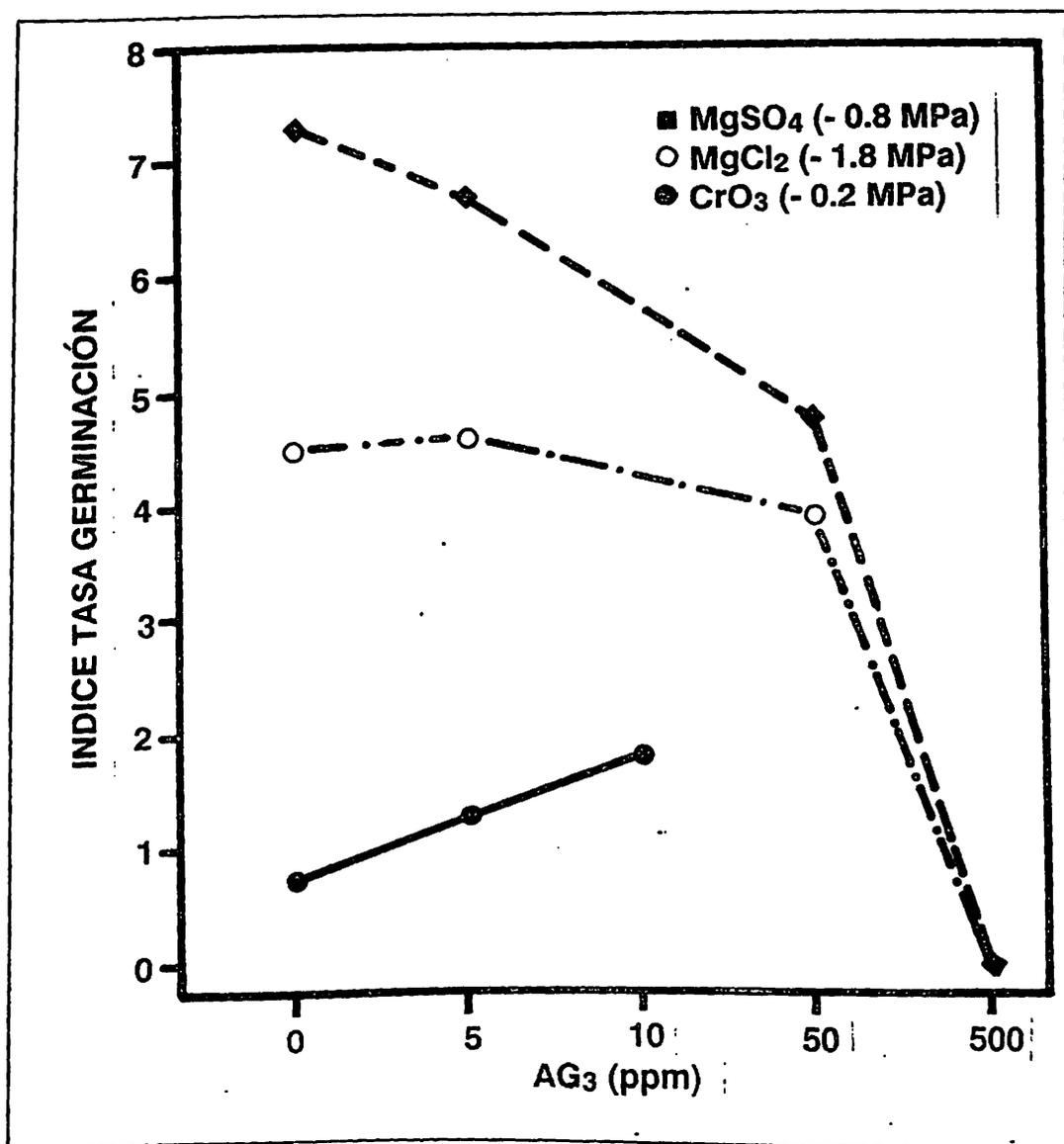


Figura 4.4. Efecto del osmoacondicionamiento con MgCl₂ (-1.8 MPa), MgSO₄ (-0.8 MPa) y CrO₃ (-0.2 MPa), en presencia de diferentes concentraciones de AG3 sobre el índice tasa de germinación en semilla de chile serrano, a los 7 días después de la siembra.

Experimento 3

De las combinaciones de $MgCl$ y CrO_3 con AGs (Cuadro 4.7) se observa que en donde existe mayor presión osmótica del Mg^{++} la respuesta es ligeramente ascendente aunque a 5 ppm tiende a descender, comparado con el testigo y luego a 10 ppm se incrementa de nuevo, no obstante tiende a aumentar el por ciento como la tasa de germinación; donde el cromo casi igualó y donde las presiones osmóticas de cromo y magnesio fueron las mismas el efecto fue totalmente frustrante; empero cuando la presión osmótica del Cr^{+6} superó a la de Mg^{++} la respuesta es similar a la del CrO_3 sólo con concentraciones de AGs (la respuesta es más obvia).

Para alcanzar los objetivos y comprobar las hipótesis planteadas al inicio de esta investigación fue necesario realizar un análisis de varianza para las características fisiológicas de calidad de semilla de chile serrano: porcentaje de germinación, longitud de la radícula, longitud de la plúmula e índice de la tasa de germinación; con el propósito de detectar el comportamiento de los tratamientos en estudio (osmoticum) con o sin enriquecimiento de ácido giberélico (AGs) seleccionados. En este capítulo se presentan y discuten los resultados obtenidos para cada una de las variables estimadas.

Cuadro 4.7. ITG y % G a diferentes concentraciones de AGs y diferentes presiones osmóticas de MgCl₂ con CrO₃.

Osmoticum	MPa	ppm AGs	No. X de sem. germ. por día							%G	ITG
			1	2	3	4	5	6	7		
MgCl ₂ +CrO ₃	-1.5+-0.3	0	0	0	1	3.3	6	9	12.0	48.00	2.3286
		5	0	0	.3	1.3	3	8.3	10.7	42.80	1.9162
		10	0	0	.3	3.3	8	12.7	17.7	70.80	3.2476
MgCl ₂ +CrO ₃	-1.2+-0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
		5	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
		10	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
MgCl ₂ +CrO ₃	-0.9+-0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
		5	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
		10	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
MgCl ₂ +CrO ₃	-0.6+-1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
		5	0	0	0	.3	1	2.7	3.3	13.20	.5840
		10	0	0	.6	3.3	5.7	8.7	11.3	45.20	2.2264
MgCl ₂ +CrO ₃	-0.3+-1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
		5	0	0	.3	1.7	2.7	4	5.3	21.20	1.2524
		10	0	0	.6	2	6.7	10	11.3	45.20	2.2257

Los valores reportados son la media de 4 repeticiones con 25 semillas cada uno.

Cuadro 4.8. ITG y % G a diferentes concentraciones de AGs y diferentes presiones osmóticas de MgSO₄ con CrO₂.

Osmoticum	MPa	ppm AGs	No. \bar{X} de sem. germ. por día							%G	ITG
			1	2	3	4	5	6	7		
MgSO ₄ +CrO ₂	-.6+--.2	0	0	0	0	1.3	2.3	3.0	3.0	12.0	.6417
		5	0	0	0	0	0	1.0	2.7	10.80	.4166
		10	0	0	0	0	0	0.6	2.0	8.00	.3
MgSO ₄ +CrO ₂	-.4+--.4	0	0	0	0.3	0.6	1.3	2.0	2.0	8.00	.3317
		5	0	0	0	0	1.0	1.3	1.7	6.80	.3071
		10	0	0	0	0	0.6	1.7	2.7	10.80	.4462
MgSO ₄ +CrO ₂	-.2+--.6	0	0	0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	2.40	.2000
		5	0	0	0	0	0.3	1.3	1.3	5.20	.2267
		10	0	0	0	1.3	4.3	6.0	4.3	25.20	1.2512

Los valores reportados son la media de 4 repeticiones con 25 semillas cada una.

Debido a que no en todos los tratamientos existen el mismo número de concentraciones de giberelinas se procedió a realizar dos experimentos factoriales en un diseño completamente al azar.

Primer Experimento

Prueba de Germinación

La medición del por ciento de germinación es una prueba fisiológica de la calidad de la semilla, la cual nos expresará cuantas semillas activaron su crecimiento en partes del embrión, principalmente la radícula, que provocan la ruptura de los tegumentos seminales y el brote de la nueva planta expresada en por ciento.

Analizando los cuadros medios de germinación (Cuadro 4.9) se detectaron diferencias altamente significativas para osmoticum, concentraciones de giberelinas y la interacción de osmoticum por concentración de giberelinas obteniendo un coeficiente de variación de 10.35 por ciento éste está dentro del límite para las condiciones bajo la cual se realizaron las pruebas. Estas diferencias indican que el osmoticum influencia la variable de germinación (Figura 4.5). También la diferencia altamente significativa registrada para concentración de AG₃ indicaron afectar la germinación (Figura 4.6). No obstante el que resulte la interacción de ambos factores altamente significativas se hace necesario realizar un análisis de descomposición de

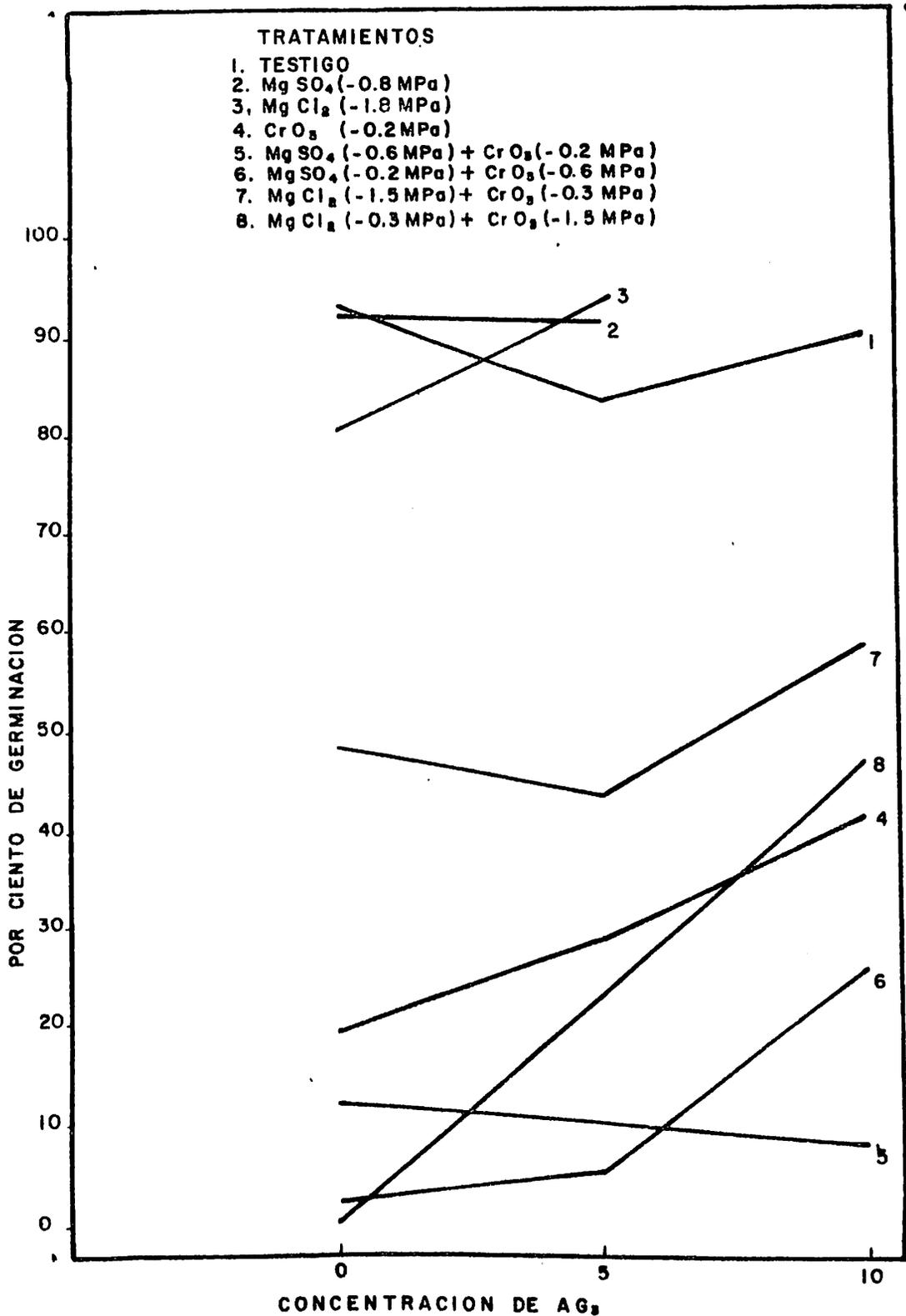


Figura 4.5. Efecto del osmoacondicionamiento con $MgSO_4$ (-0.8 MPa), $MgCl_2$ (-1.8 MPa) y CrO_3 (-0.2 MPa);⁴ solos o combinados y con o sin la presencia de Ag_3 sobre el por ciento de germinación en la semilla de Chile serrano, a los 7 días después de la siembra.

dicha interacción resultando con diferencias altamente significativas para los osmoticum dentro de ambas concentraciones indicando la necesidad de hacer una comparación de medias con la prueba de Duncan (Cuadro 4.10) observándose que: el $MgSO_4$, control y $MgCl_2$ son los mejores tratamientos, los cuales son estadísticamente iguales, así como también se efectuó una comparación de medias por medio de contrastes ortogonales para determinar cual osmoticum es el afectado en cada concentración.

En los contrastes para la primera concentración (0 ppm AGa) (Cuadro 4.11) proporciona los siguientes resultados: el control (agua destilada) difiere significativamente del resto de los tratamientos; las soluciones osmóticas simples difieren con alta significancia de aquellas donde se mezclan; los osmoticum simples que poseen Mg^{++} tienen diferencias altamente significativas comparadas con el CrO_3 estando en forma simple; entre las soluciones osmóticas simples de $MgSO_4$ y $MgCl_2$ no existe alguna diferencia significativa para su utilización; empero en las mezclas existen diferencias altamente significativas para aquellas en donde el CrO_3 se combina con $MgCl_2$ comparadas con la mezcla de CrO_3 con $MgSO_4$; no obstante, entre las mezclas de $MgSO_4$ con CrO_3 tienen diferencias altamente significativas para aquellas en donde el $MgSO_4$ ocupa la mayor concentración, además en la mezcla de $MgCl_2$ con CrO_3 se comportó similar que al contraste anterior.

Cuadro 4.9. CME significancia del análisis de varianza para las características estudiadas en la semilla de *Capsicum annuum* L. CV. Tampiqueño-74. Primer experimento factorial.

FV	% germ.	Longitud radícula	Longitud plúmula	ITG
Osmoticum	84.626 **	25.152 **	12.394 **	6.763 **
Concentración AGs	7.277 **	0.431 *	0.794 **	0.116 **
Osmoticum x concentración AGs	5.057 **	0.938 **	0.200 **	0.225 **
CV	10.35%	9.73%	12.05%	9.48%

Cuadro 4.10. Medias de las características evaluadas para el primer experimento.

Osmoticum	% germ.	Longitud radícula	Longitud plúmula	ITG
1	9.563 a	5.050 a	3.170 a	2.632 a
2	9.290 a	4.666 b	3.175 a	2.584 a
3	4.815 c	1.661 e	0.758 d	1.022 c
4	9.373 a	4.234 c	2.829 b	2.469 b
5	3.265 d	1.409 f	0.633 e	0.770 cd
6	1.890 de	0.745 g	0.504 f	0.494 cd
7	6.707 b	2.181 d	1.068 c	1.460 c
8	2.403 d	0.825 g	0.476 f	0.635 cd
Concentración AGs				
1	5.576 a	2.678 a	1.688 a	1.457 a
2	6.250 a	2.514 a	1.465 b	1.559 b

Cuadro 4.11. Cuadrados medios y su significancia del análisis de contrastes para las concentraciones de AG₃ del primer experimento o ppm de AG₃.

Contrastes	% G	L.R.	L.P.	ITG
4 Vs -(1,2,3,5,6,7,8)	75.5974 **	17.5448 **	8.5723 **	5.3367 **
-(1,2,3) Vs 5,6,7,8	145.5312 -(**)	51.9672 -(**)	19.9485 -(**)	10.2799 -(**)
-(1,2) Vs 3	96.3833 -(**)	41.5703 -(**)	25.1753 -(**)	10.3346 -(**)
-(1) Vs 2	.8515 NS	.4371 -(*)	.0028 NS	.0485 NS
-(5,6) Vs 7,8	4.2539 **	.0132 NS	0.0 NS	.1371 *
-(5) Vs 6	7.1065 -(**)	3.251 -(**)	.1326 NS	.3541 -(**)
-(7) Vs 8	87.9801 -(**)	7.5272 -(**)	1.9801 -(**)	3.3515 -(**)

Los contrastes para la segunda concentración (5 ppm de AG₃) (Cuadro 4.12) arrojan los siguientes resultados: el control tiene diferencias altamente significativas contra el resto de los tratamientos; las soluciones osmóticas simples tienen mejor efecto en comparación con las mezclas de las mismas; dentro de las soluciones osmóticas utilizadas en forma simple las que poseen el Mg⁺⁺ tienen más susceptibilidad que aquella que posee el Cr⁺⁶; entre las soluciones osmóticas que contienen Mg⁺⁺ en forma simple no existe ninguna diferencia significativa; en los osmoticum mezclados con el CrO₃ resulta más sensible que las mezclas con MgCl₂ comparado con las de MgSO₄; sin embargo en las

mezclas de $MgSO_4$ con CrO_3 no importa cual de ellos participa con más concentración ya que no hubo diferencias significativas; no siendo así para la mezcla de $MgCl_2$ con CrO_3 debido a que muestra diferencias altamente significativas para aquellas en donde el CrO_3 ocupa la menor concentración.

Cuadro 4.12. Cuadrados medios y significancia del análisis de contrastes para las concentraciones de AG_3 del segundo experimento. 5 ppm de AG_3 .

Contrastes	%G	L.R.	L.P.	ITG
4 Vs -(1,2,3,5,6,7,8)	37.1885 **	7.9125 **	5.889 **	3.2347 **
-(1,2,3) Vs 5,6,7,8	101.8601 -(**)	34.7786 -(**)	17.2811 -(**)	10.7941 -(**)
-(1,2) Vs 3	74.4338 -(**)	40.1956 -(**)	21.5528 -(**)	9.7422 -(**)
-(1) Vs 2	.0231 NS	.18 NS	.0045 NS	.007 NS
-(5,6) Vs 7,8	34.1933 **	3.3124 **	.6724 **	1.6673 **
-(5) Vs 6	1.4965 NS	0.0055 NS	0.0 NS	.0347 NS
-(7) Vs 8	7.8210 -(**)	1.1935 -(**)	0.0722 NS	.2513 -(**)

Una vez analizados los contrastes se determinan cual osmoticum es el que se afecta por todas las concentraciones de giberelinas, utilizando la técnica de polinomios ortogonales: aquí el osmoticum de CrO_3 es afectado por la concentración de giberelinas directamente proporcional, presentando una tendencia lineal posteriormente se realizó

la ecuación para hacer ajuste polinomial teniendo lo siguiente:

$$\hat{G} = 4.355 + 0.184 (X_i)$$

$$0 \leq X_i \leq 5, R^2 = 1$$

donde:

\hat{G} = Porcentaje de germinación estimada

X_i = Concentración de giberelinas (AG_3)

El otro osmoticum afectado fué el $MgCl_2$ (-0.3MPa) + CrO_3 (-1.5MPa) el cual es influenciado directamente proporcional y de una relación lineal subsiguientemente se realizó la ecuación para el ajuste polinomial:

$$\hat{G} = 0.22 + 0.873(X_i)$$

$$0 \leq X_i \leq 5, R^2 = 1$$

donde:

\hat{G} = porcentaje de germinación estimada

X_i = concentración de giberelinas (AG_3).

El por ciento de germinación con los osmoticum CrO_3 y $MgCl_2$ se afecta de forma similar como lo reportado por Watkins y Cantliffe (1983). Además concuerda con lo dicho por Coronel y Motes (1982) aunque ellos no trabajaron con las mismas sales osmóticas.

Longitud de Radícula

La longitud de la plúmula es una prueba de vigor la cual fue sugerida por Lerm (1949) y desarrollado el método

por Perry (1977).

Evaluando los cuadrados medios de longitud de radícula (Cuadro 4.9) se observaron diferencias altamente significativas para osmoticum, diferencias significativas para concentración de AGs y diferencias altamente significativas, fluctuando con un coeficiente de variación de 9.73 por ciento el cual es aceptable. Los resultados obtenidos indican que tanto el osmóticos como la concentración (Figura 4.7) influyen a la característica de longitud de radícula. Sin embargo no se puede ignorar que las diferencias altamente significativas obtenidas en la interacción resulta más interesante, lo cual se requirió hacer una descomposición de la interacción observándose diferencias altamente significativas para los osmóticos en ambas concentraciones (0 y 5 ppm de AGs). Teniendo el resultado anterior se requirió determinar cuál osmoticum y con qué concentración es el mejor, el cual se examinó una comparación de medias mostrando que el mejor tratamiento es $MgSO_4$ seguido por el $MgCl_2$ y las concentraciones de AGs resulten iguales estadísticamente (Cuadro 4.10) así como un análisis por contrastes para cada una de las concentraciones la cual arrojó los siguiente resultados: Para la primera concentración (Cuadro 4.11) el control es el sensible tratamiento comparado con el resto; las soluciones osmóticas simples son mejores que la mezcla de ellos; entre los osmóticos simples aquellos que tienen Mg^{++} son mejores; y

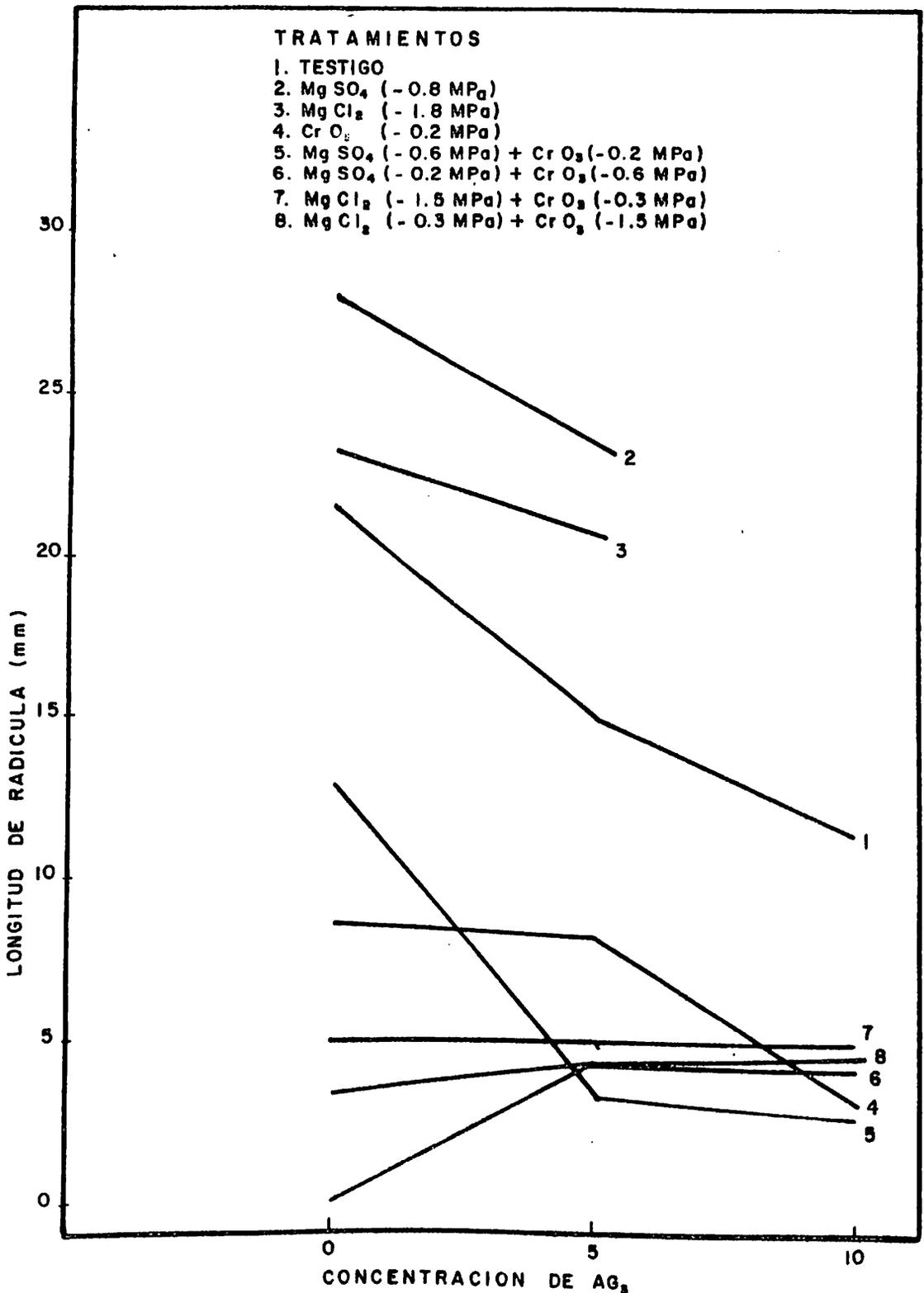


Figura 4.7. Efecto del osmoacondicionamiento con $MgSO_4$ (-0.8 MPa), $MgCl_2$ (-1.8 Mpa) y CrO_3 (-0.2 MPa);⁴ solos o combinados y con o sin la presencia de AG_3 , sobre la longitud de radícula en la semilla de chili serrano, a los 7 días después de la siembra.

entre ellos resulta significativamente mejor el $MgSO_4$; por otro lado entre las mezclas de $MgSO_4$ con CrO_3 comparadas con $MgCl_2$ con CrO_3 no existe ninguna diferencia significativa; pero en la mezcla de $MgSO_4$ con CrO_3 es mejor la que posee más concentración de $MgSO_4$; y en la mezcla de $MgCl_2$ con CrO_3 la que ocupa más concentración de $MgCl_2$ resulta mejor.

Los contrastes para 5.0 ppm de AGs (Cuadro 4.12) proporciona el inmediato resultado: el control se comportó mejor que el resto de los tratamientos; las soluciones osmóticas simples son más ideales que la mezcla de ellos; empero entre las soluciones osmóticas simples son más idóneas aquellas que poseen Mg^{++} , sin embargo entre las sales simples a base de Mg^{++} es indiferente su utilización; no siendo así para las mezclas, ya que resulta mejor en aquellas en donde interviene el $MgSO_4$; y entre las mezclas con $MgSO_4$ no existen diferencias significativas; finalmente entre las mezclas con $MgCl_2$ no se comporta igual que el $MgSO_4$ debido a que aquella donde $MgCl_2$ tiene mayor participación tiene diferencias altamente significativas.

Inmediatamente después del análisis de contrastes para los osmoticum dentro de cada concentración se determinó cual osmótico es afectado dentro de todas las concentraciones por medio de la técnica de polinomios ortogonales: el $MgSO_4$, el control, el $MgSO_4$ (-.6MPa) + CrO_3 (-0.2 MPa) $MgCl_2$ (-.3MPa) + CrO_3 (-1.5MPa) son los mejores.

El primero, es afectada la longitud de radícula inversamente proporcional a la concentración de AGs, manifestando una tendencia lineal, posteriormente se estimó la ecuación para ajuste polinomial:

$$\hat{LR} = 5.28 - 0.092 (X_i)$$

$$0 \leq X_i \leq 5, R^2$$

donde:

\hat{LR} = Longitud de radícula estimada

X_i = Nivel de AGs

La longitud de radícula en el control manifiesta un comportamiento inversamente proporcional a la concentración de AGs con una relación lineal (Figura 4.6) y teniendo una ecuación para el ajuste polinomial:

$$\hat{LR} = 4.6376 - 0.1615 (X_i)$$

$$0 \leq X_i \leq 5, R^2 = 1$$

donde:

\hat{LR} = longitud de radícula estimada

X_i = concentración de AGs

Para $MgSO_4$ (-.6MPa) + CrO_3 (-.2MPa) la concentración de AGs afecta inversamente proporcionalmente, es decir, a mayor concentración menor longitud y con una relación lineal, posteriormente se realizó la ecuación de ajuste polinomial:

$$\hat{LR} = 1.8851 - 0.1905 (X_i)$$

$$0 \leq X_i \leq 5, R^2 = 1$$

donde:

\hat{L}_R = longitud de radícula

X_i = concentración de AGs

Finalmente el último osmoticum se comporta directamente proporcional a la concentración de AGs suministrada para incrementar la longitud de radícula teniendo un efecto lineal y expresando una ecuación para su ajuste polinomial:

$$\hat{L}_R = 0.22 + 0.242(X_i)$$

$$0 \leq X_i \leq 5, R^2 = 1$$

donde:

\hat{L}_R = longitud de radícula

X_i = nivel de AGs

Longitud de Plúmula

La longitud de la radícula también al igual que la longitud de la plúmula suelen ser buenos indicadores del vigor de la semilla, la longitud de la radícula fue utilizada por Smith (1973) con buenos resultados.

Examinando los cuadrados medios de la longitud de plúmula (Cuadro 4.9) se indican diferencias altamente significativas para osmoticum, concentración de AGs y la interacción de ambos factores manejándose el experimento bajo un coeficiente de variación de 12.05 todavía dentro de

los límites aceptables. Los resultados obtenidos muestran que el osmoticum así como la concentración de Ag_3 (Figura 4.8) tienen un efecto en la longitud de plúmula. No obstante existe también una significancia considerable en su interacción de ambos factores. Debido a lo anterior obligó a realizar un análisis de descomposición de dicha interacción expresando en él una alta significancia en los osmoticum dentro de cada concentración, posteriormente se hizo una comparación de medias. Los mejores tratamientos son el $MgSO_4$ y $MgCl_2$ los cuales son estadísticamente iguales seguido por el control, siendo mejor la concentración de 0.0 ppm de Ag_3 (Cuadro 4.10) y en seguida un análisis de contrastes teniendo lo siguiente: para 0.0 ppm de Ag_3 (Cuadro 4.11), el control es el más afectado que el resto de los tratamientos; los osmoticum simples son mejores que las mezclas; las soluciones salinas de Mg^{++} simples son mejores que el CrO_3 sin combinar; entre las sales de Mg^{++} el uso de cualquiera no muestra una diferencia significativa; así como entre las mezclas de $MgSO_4$ y $MgCl_2$; y entre las mezclas de $MgSO_4$ con CrO_3 ; sin embargo para las mezclas de $MgCl_2$ con CrO_3 las que poseen más cantidad de $MgCl_2$ son las mejores.

Para los contrastes de 5.0 ppm de Ag_3 (Cuadro 4.12) indicaron que el control sigue siendo el más afectado en comparación al resto; los osmoticum sin mezclar son mejores que los mezclados; las soluciones salinas simples a base de Mg^{++} son mejores que el CrO_3 sin mezclar; empero entre las

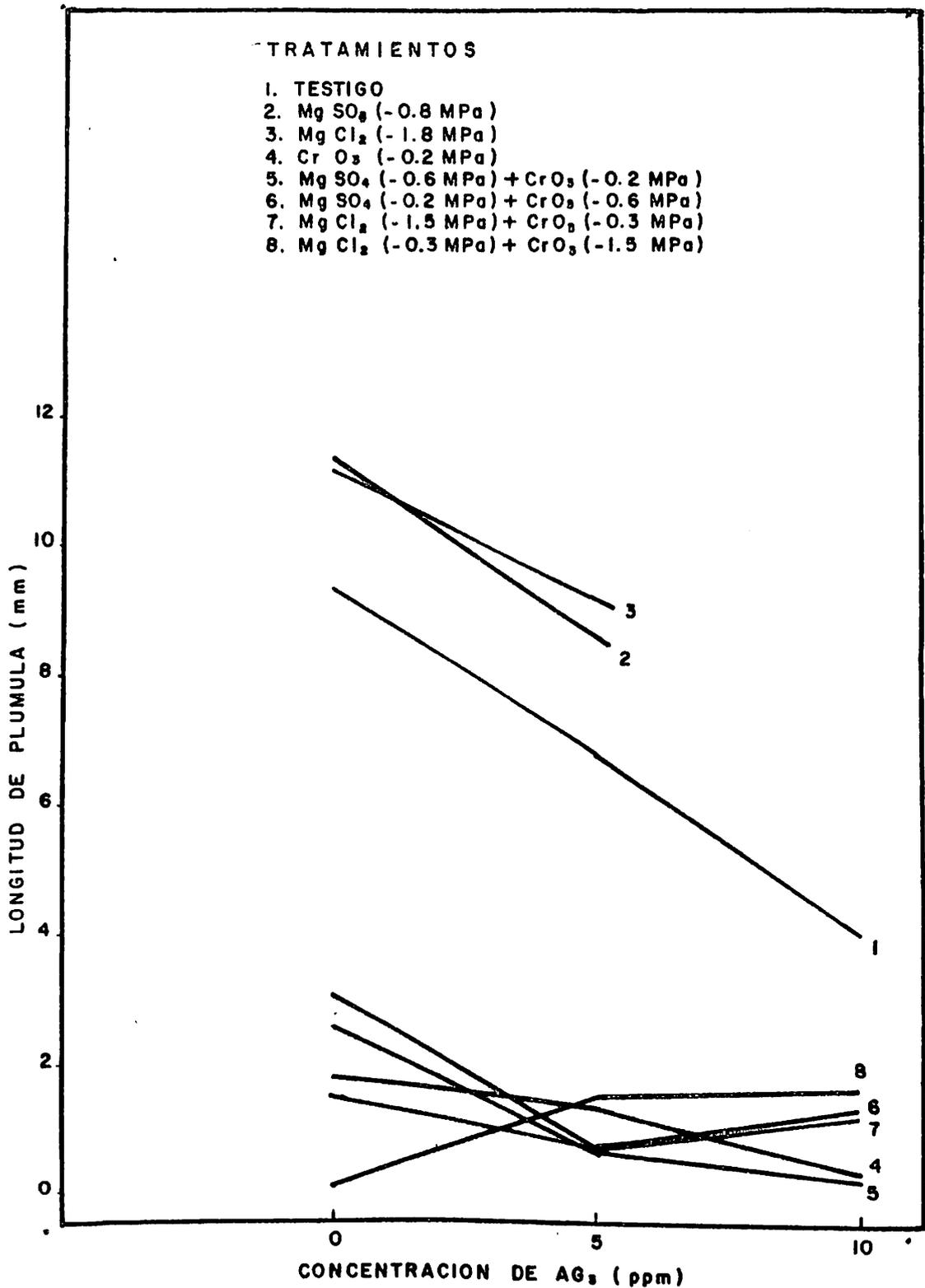


Figura 4.8. Efecto del osmoacondicionamiento con MgSO₄ (-0.8 MPa), MgCl₂ (-1.8 MPa) y CrO₃ (-0.2 MPa);⁴ solo o combinado y con o sin la presencia de Ag₃, sobre la longitud de plúmula en la semilla de Chile serrano, a los 7 días después de la siembra.

soluciones osmóticas simples de Mg^{++} no existen diferencias significativas; además sucede lo mismo entre las mezclas de $MgSO_4$ y con CrO_3 y también entre las mezclas de $MgCl_2$ con CrO_3 ; no siendo así entre las mezclas de $MgSO_4$ comparadas con las mezclas de $MgCl_2$ debido a que existen diferencias altamente significativas para las mezclas de $MgCl_2$.

Una vez examinados los contrastes se realizó polinomios ortogonales, de los cuales se obtuvo lo siguiente: teniendo en el análisis de descomposición de la interacción diferencias altamente significativas para los tratamientos $MgSO_4$, $MgCl_2$, control, $MgSO_4$ (-.6MPa) + CrO_3 (-.2MPa), $MgCl_2$ (-.3MPa) + CrO_3 (-1.5MPa) y diferencia significativa para $MgCl_2$ (-1.5MPa) + CrO_3 (-.3MPa), en los polinomios ortogonales solo $MgSO_4$, control, $MgSO_4$ (-.6MPa) + CrO_3 (-.2MPa) y $MgCl_2$ (-.3MPa) + CrO_3 (-1.5 MPa) tuvieron significancia.

Para el primero existe una influencia inversamente a la concentración de AGs con un efecto lineal manifestando una ecuación para su ajuste polinomial:

$$\hat{LP} = 3.38 - 0.084(X_i)$$

$$0 \leq X_i \leq 5, R^2 = 1$$

donde:

\hat{LP} = longitud de plúmula estimada

X_i = concentración de AGs

Para el segundo presenta una tendencia inversamente proporcional a su nivel de AGs con una relación lineal y con una ecuación de ajuste polinomial:

$$\hat{L}_P = 3.0576 - 0.0915(X_i)$$

$$0 \leq X_i \leq 5, R^2 = 1$$

donde:

\hat{L}_P = longitud de plúmula estimada

X_i = concentración de AGs

Para el tercero presenta una propensión inversamente proporcional a la concentración de AGs con una tendencia lineal y con una ecuación de ajuste polinomial:

$$\hat{L}_P = 0.8475 - 0.086(X_i)$$

$$0 \leq X_i \leq 5, R^2 = 1$$

donde:

\hat{L}_P = longitud de plúmula estimada

X_i = nivel de AGs

Por último el cuarto tratamiento describe una inclinación directamente proporcional a su concentración de AGs para incrementar su longitud, expresando un efecto lineal y una ecuación de ajuste polinomial:

$$\hat{L}_P = 0.2201 + 0.1025(X_i)$$

$$0 \leq X_i \leq 5, R^2 = 1$$

donde:

\hat{L}_P = longitud de plúmula estimada

X_i = nivel de AGs

Índice de Tasa de Germinación

La tasa de germinación como lo menciona Pill (1981) y Bewley y Black (1986) es el tiempo tomado por el proceso de germinación; iniciando desde el día de la siembra. La tasa de germinación puede detectar una semilla senescente. Harrington (1973) menciona que una semilla senescente tiene una lenta germinación y crecimiento anormal de la plántula.

Para nuestra evaluación esta característica es una de las principales ya que ella dará una idea de como el lote de semillas expresa su uniformidad de germinación.

En el Cuadro 4.9 podemos observar la alta significancia para los dos factores indicando la influencia directa en la característica así como para su interacción con un coeficiente de variación bastante aceptable. Debido a que la interacción es altamente significativa obliga a realizar una descomposición de la interacción resultando con alta significancia los osmoticum dentro de cada concentración de AGs. Para conseguir más información se hizo una comparación de medias (Cuadro 4.10) indicando que el $MgSO_4$, $MgCl_2$ y el control son los mejores tratamientos y que estadísticamente son iguales, al igual que los dos niveles de AGs. También se hizo un análisis de contrastes ortogonales para cada concentración (Cuadro 4.11 y Figura 4.6) obteniendo en la primera concentración: el control es

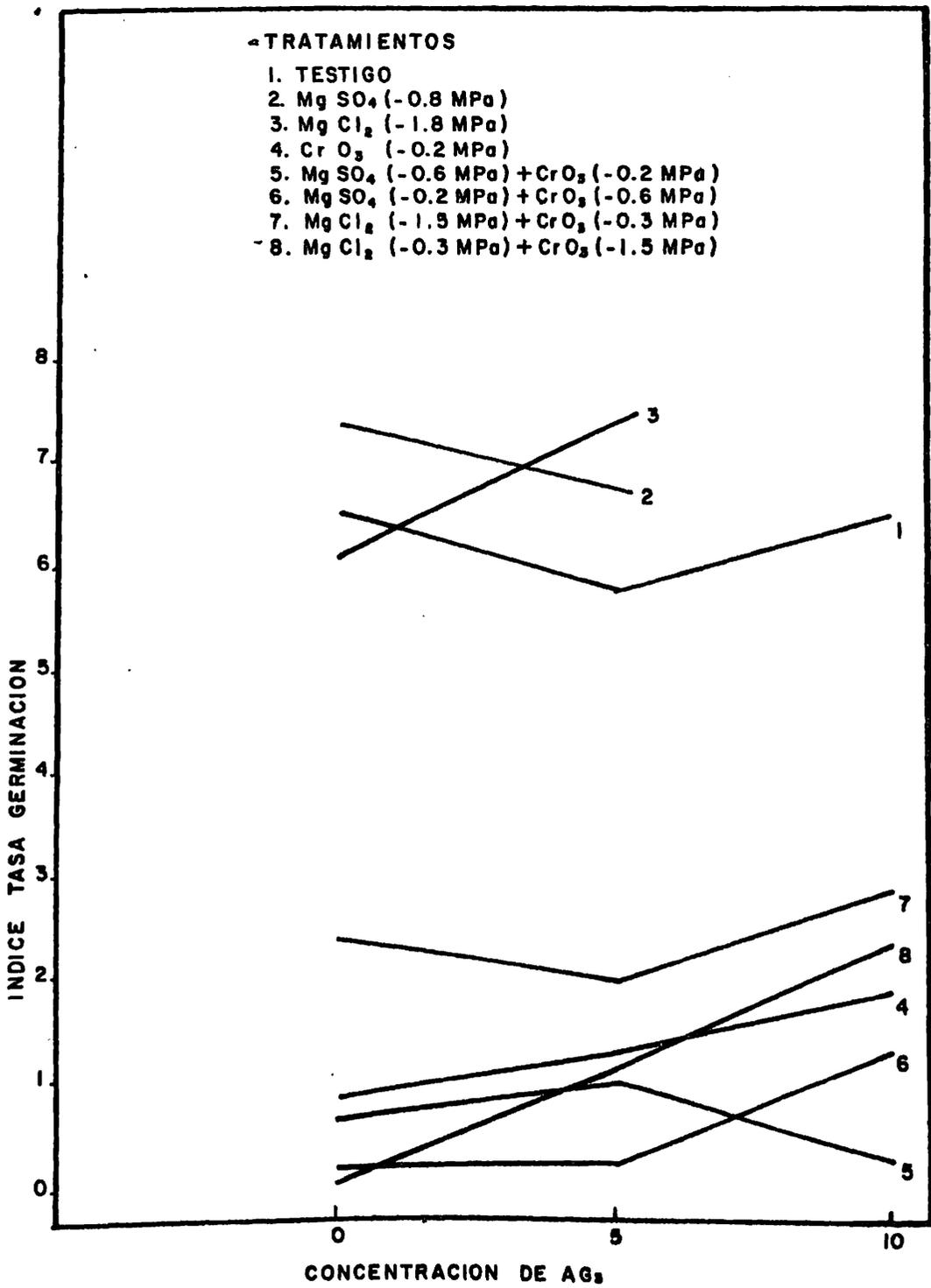


Figura 4.6. Efecto del osmoacondicionamiento con MgSO₄ (-0.8 MPa), MgCl₂ (-1.8 MPa) y CrO₃ (-0.2 MPa);⁴ solo o combinado y con o sin la presencia de Ag₃, sobre el índice tasa de germinación en la semilla de Chile serrano, a los 7 días después de la siembra.

el más afectado en comparación con el resto de tratamientos; las soluciones osmóticas simples son mejores que las mezclas; entre las simples las que poseen Mg^{++} son mejores; entre las sales simples de Mg^{++} no existe diferencia alguna; entre las mezclas existe diferencias significativas para aquellas que tienen $MgCl_2$; empero entre las mezclas de $MgSO_4$ con CrO_3 son mejores aquellas en donde el Mg^{++} se encuentra en mayor cantidad; así como entre las mezclas de $MgCl_2$ con CrO_3 .

Para la segunda concentración (5.0 ppm de AG_3) (Cuadro 4.12 y Figura 4.6) el control vuelve a manifestarse más susceptible que el resto; así como las soluciones salinas sin mezclar; y las sales de Mg^{++} con respecto al CrO_3 ; entre las sales Mg^{++} no hay diferencia significativa en su beneficio; entre las mezclas las que retienen $MgCl_2$ son altamente diferente en comparación con las que tienen $MgSO_4$; en las mezclas de $MgSO_4$ con CrO_3 es indiferente su utilización; empero no así en las mezcla de $MgCl_2$ con CrO_3 ya que hay diferencias altamente significativas para la de mayor densidad de $MgCl_2$.

La técnica de polinomios ortogonales es útil, una vez terminado los contrastes, para determinar cual osmoticum es el más susceptible a las concentraciones de AG_3 . Partiendo del análisis de partición de la interacción donde existe significancia para los tratamientos $MgCl_2$, $MgSO_4$

(-.6MPa) + CrO₃ (-.2MPa) y alta significancia para el tratamiento MgCl₂ (-.3MPa) + CrO₃ (-1.5MPa) solo el último resultó significativo en los polinomios ortogonales, indicando una influencia directamente proporcional a la concentración de AG₃ con una tendencia lineal y posteriormente se determinó la ecuación para ajuste polinomial:

$$\hat{I\bar{T}G} = 0.2235 + 0.1646(X_i)$$

$$0 \leq X_i \leq 5, R^2 = 1$$

donde:

$\hat{I\bar{T}G}$ = índice tasa germinación estimado

X_i = nivel de AG₃

Segundo Experimento

Prueba de Germinación

Examinando los cuadrados medios de germinación (Cuadro 4.13) se observaron diferencias altamente significativas para el osmoticum, concentración de AG₃ así como la interacción de ambos factores llevándose la prueba con una coeficiente de variación de 11.72 por ciento el cual es aceptable. La diferencia altamente significativa del osmótico como de la concentración indican que existe una influencia directa de ambos factores (Figura 4.5) en el comportamiento de la germinación del lote de semillas, empero la interacción del osmoticum por la concentración de AG₃ señala realizar una descomposición de la misma, hacer

una comparación de medias con la prueba de Duncan en la cual resultó ser el control el mejor y la tercera concentración (10 ppm de AGs) la mejor (Cuadro 4.14), sin embargo se decidió hacer una comparación de todos los tratamientos mediante un análisis de contraste para determinar cual osmoticum es el mejor en cada concentración para lo cual se dividió en tres conjuntos de contrastes uno para cada concentración.

Cuadro 4.13. Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las características establecidas en la semilla de *Capsicum annuum* L. CV. Tampiqueño-74.

FV	% G	Longitud radícula	Longitud plúmula	ITG
Osmoticum	77.639 **	72.33 **	35.89 **	5.023 **
Concentración AGs	24.187 **	0.18 NS	0.40 **	0.671 NS
Osmoticum x concentración AGs	7.909 **	15.58 **	5.25 **	0.415 **
CV	11.72%	10.51%	12.99%	10.37%

Para los contrastes de la primera concentración (0 ppm de AGs) (Cuadro 4.15) indica que: El control es más susceptible que el resto; el CrO₃ es más afectado que todos los osmoticum mezclados; empero entre las mezclas la combinación de MgCl₂ con CrO₃ es más sensible comparada con aquellas de MgSO₄ con CrO₃; no obstante entre las mezclas de MgSO₄ con CrO₃ aquella que tiene mayor concentración de

MgSO₄ resulta mejor, asimismo entre la mezcla de MgCl₂ con CrO₃ es más susceptible la que tiene mayor concentración de MgCl₂.

Cuadro 4.14. Comparación de medias de las características evaluadas para el segundo experimento factorial.

Osmoticum	% germ.	Longitud radícula	Longitud plúmula	ITG
1	5.341 c	1.603 c	0.672 c	1.137 c
2	9.410 a	3.941 a	2.557 a	2.392 a
3	3.107 d	1.188 d	0.509 c	0.704 e
4	2.927 de	1.039 e	0.640 cd	0.707 e
5	7.009 b	2.194 b	1.069 b	1.536 b
6	3.852 d	1.232	0.707 c	0.930 d
Concentración AG ₃				
1	4.346 b	1.889 a	1.130 a	1.096 c
2	5.138 b	1.796 ab	0.959 b	1.186 b
3	6.340 a	1.913 a	0.989 b	1.420 a
CV	11.72%	10.51%	12.99%	10.37%

Duncan 0.05

Para la segunda concentración (5 ppm de AG₃) (Cuadro 4.15) no existen cambios ya que los mismos osmóticos que resultaron ser mejor en la concentración anterior son las mejores en esta concentración de AG₃.

Las cosas cambian un poco en la tercera concentración (10 ppm de AGs) (Cuadro 4.15), ya que si existen en éste diferencias altamente significativas entre las mezclas de $MgSO_4$ con CrO_3 resultando ser más susceptibles en aquella donde el CrO_3 tiene una mayor concentración y para el resto de los contrastes resulta ser iguales a las dos concentraciones de AGs anteriores.

Terminando los contrastes siguió utilizar la técnica de polinomios ortogonales observándose que: el control es susceptible a los niveles de AGs, teniendo un comportamiento directamente proporcional a la concentración de AGs, presentando una relación lineal después se determina la ecuación para hacer ajuste polinomial lo cual es:

$$\hat{G} = 4.3172 + 0.2047(X_i)$$

$$0 \leq X_i \leq 10, R^2 = 0.9969$$

donde:

\hat{G} = es el porcentaje de germinación estimado

X_i = nivel de AGs

Otra solución osmótica afectada es el $MgSO_4$ (-0.2 MPa) + CrO_3 (-0.6 MPa) manifestando una relación directamente proporcional al nivel de AGs que participa, sin embargo tiene un comportamiento de tendencia cuadrática y se presenta una ecuación para ajuste polinomial:

Cuadro 4.15. Cuadrados medios y su significancia del análisis de contrastes para las concentraciones de AG₃ del segundo experimento factorial. 0, 5 y 10 ppm de AG₃, 0 ppm de AG₃

Contrastes	% G	L.R.	L.P.	ITG
2 Vs -(1,3,4,5,6)	134.6625 **	36.256 **	17.8332 **	10.1472 **
-(1) Vs 3,4,5,6	5.6552 -(**)	1.1664 -(**)	.0583 -(*)	.0788 -(*)
-(3,4) Vs 5,6	4.2539 **	.0132 NS	0.0 NS	.1494 **
-(3) Vs 4	7.1065 -(**)	3.2513 -(**)	0.1326 -(**)	.3272 -(**)
-(5) Vs 6	87.9801 -(**)	7.5272 -(**)	1.9701 -(**)	3.3515 -(**)
<hr/>				
5 ppm de AG ₃				
2 Vs -(1,3,4,5,6)	75.9384 **	19.8535 **	13.0614 **	7.0737 **
-(1) Vs 3,4,5,6	4.3292 -(**)	.0611 NS	.0051 NS	.1432 -(**)
-(3,4) Vs 5,6	34.1933 **	3.3033 **	.6724 **	1.6673 **
-(3) Vs 4	1.4965 -(*)	.005 NS	0.0 NS	.0347 NS
-(5) Vs 6	7.821 -(**)	1.1935 -(**)	.0722 -(*)	.2513 -(**)
<hr/>				
10 ppm de AG ₃				
2 Vs -(1,3,4,5,6)	47.4895 **	9.9763 **	5.0553 **	3.1134 **
-(1) Vs 3,4,5,6	2.3598 -(**)	.098 NS	.4019 **	.0577 -(*)
-(3,4) Vs 5,6	43.2306 **	3.5721 **	1.1396 **	2.2119 **
-(3) Vs 4	9.7682 **	1.5488 **	.845 **	.599 **
-(5) Vs 6	1.4792 -(*)	.0613 NS	.019 NS	.0578 -(*)

$$\hat{G} = 1.562 - 0.0818 (X_i) + 0.0426 (X_i)^2$$

$$0 \leq X_i \leq 10, R^2 = 0.8867$$

donde:

\hat{G} = porcentaje de germinación estimado

X_i = nivel de AG₃

Finalmente la última solución osmótica afectada fue el MgCl₂ (-0.3 MOa) + CrO₃ (-1.5 MPA) y da forma directamente proporcional, además de una relación cuadrática. La ecuación para el ajuste polinomial es:

$$\hat{G} = 0.22 + 1.0928 (X_i) - 0.044 (X_i)^2$$

$$0 \leq X_i \leq 10, R^2 = 0.9636$$

donde:

\hat{G} = porcentaje de germinación estimado

X_i = nivel de AG₃

Longitud de Radícula

Analizando los cuadrados medios de longitud de radícula (Cuadro 4.13) se observaron diferencias altamente significativas para osmoticum y la interacción de ambos factores, la alta significancia de los osmóticos muestra una influencia de la expresión de la longitud, pero no así para la concentración de AG₃ (Figura 4.7). Sin embargo la interacción, con alta significancia, indica la realización de una descomposición de la interacción en la cual resultó altamente significativo todos los osmóticos dentro de cada una de las concentraciones (0, 5 y 10 ppm) de AG₃, debido a esto se realizó una comparación de medias expresando que el

mejor tratamiento es el control segundo del $MgCl_2$ (-1.5 MPa) + CrO_3 (-0.3 MPa), así como las mejores concentraciones son 0.0 y 10.0 ppm de AGs y ellas son estadísticamente iguales (Cuadro 4.6) así como un análisis por contrastes ortogonales para cada concentración.

Para la primera concentración (Cuadro 4.15) muestra una diferencia altamente significativa para el control comparada con el resto de tratamientos; el CrO_3 en forma simple es mejor que las mezclas; entre las mezclas no existen diferencias significativas; empero en las mezclas de $MgSO_4$ con CrO_3 las que tienen más cantidad de $MgSO_4$ son mejores; así como en las mezclas de $MgCl_2$ con CrO_3 es mejor la que tiene más $MgCl_2$.

Para la segunda concentración (Cuadro 4.15) el control es más susceptible que el resto; la solución salina simple no muestra ninguna diferencia significativa comparada con las mezclas; entre las mezclas las que tienen $MgCl_2$ son mejores de aquellas que tienen $MgSO_4$; entre las mezclas de $MgSO_4$ con CrO_3 no hay diferencia significativa: no así para la mezcla de $MgCl_2$ con CrO_3 ya que existen diferencias altamente significativas para las que poseen mayor cantidad de $MgCl_2$.

En la última concentración el testigo, el CrO_3 y entre las mezclas de $MgSO_4$ con CrO_3 y $MgCl_2$ con CrO_3 el $MgCl_2$ con CrO_3 se comportan igual que en la anterior

concentración (Cuadro 4.15); sin embargo en las mezclas de $MgSO_4$ con CrO_3 , la que posee más CrO_3 es más susceptible; y en las mezclas de $MgCl_2$ con CrO_3 no se detectó en este nivel de AG_3 ninguna diferencia significativa.

Terminando los contrastes se realizaron los polinomios ortogonales para ver cual osmótica es el más afectado por los niveles de AG_3 . Para el CrO_3 manifestó una influencia inversamente proporcional a la concentración de AG_3 y con una relación lineal y con una ecuación de ajuste polinomial:

$$\hat{L}_R = 1.7708 - 0.0337 (X_i)$$

$$0 \leq X_i \leq 10, R^2 = 0.7833$$

donde:

\hat{L}_R = longitud de radícula estimada

X_i = nivel de AG_3

El control se comporta inversamente proporcional a la concentración de AG_3 con respecto a la longitud de la radícula tiene un efecto lineal expresando una ecuación para ajuste polinomial:

$$\hat{L}_R = 4.5825 - 0.1283 (X_i)$$

$$0 \leq X_i \leq 10, R^2 = 0.9780$$

donde:

\hat{L}_R = longitud de radícula estimada

X_i = nivel de AG_3

Longitud de Plúmula

Examinando los cuadrados medios de longitud de plúmula (Cuadro 4.13) se indican diferencias altamente significativas para osmoticum y concentración de AGs dejando de manifiesto la influencia directa de ambos en dicha característica (Figura 4.8). No obstante la interacción entre ambos propone la utilización de una descomposición de interacción la que dio una alta significancia de los osmóticos en los tres niveles de AGs, la pauta a seguir fue una comparación de medias, indicando que el mejor tratamiento es el control y en segundo el $MgCl_2$ (-1.5 MPa) + CrO_3 (-0.3 MPa), además la mejor concentración es 0.0 ppm de AGs (Cuadro 4.14) y luego un análisis de contrastes ortogonales para cada concentración.

En la concentración 0.0 ppm de AGs (Cuadro 4.15) el control resulta ser altamente susceptible en comparación de los demás tratamientos; el osmoticum simple es mejor que los mezclados; no teniendo diferencias significativas entre las mezclas; en las mezclas donde participa el $MgSO_4$ resulta con alta significancia cuando él dispone la mayor parte de la concentración; así como en las mezcla de $MgCl_2$ con CrO_3 resulta mejor donde hay mayor cantidad de $MgCl_2$.

En la concentración 5.0 ppm de AGs el control se comporta de igual manera que la anterior: entre el simple y

los osmóticos mezclados no hay diferencias significativas; entre las mezclas, aquellas de $MgSO_4$ con CrO_3 son mejores; pero entre las mezclas del $MgSO_4$ no importa que que cantidad participa ya que no hay diferencias significativas; y en las mezclas de $MgCl_2$ donde él participa en mayor cantidad resultan mejores.

En la tercera y última concentración de AGs se observa de nuevo que el control es la más susceptible en comparación con los demás; así el CrO_3 en comparación con los demás; las mezclas de $MgCl_2$ en comparación con los de $MgSO_4$ y el que tiene más Mg^{++} entre las mezclas con $MgSO_4$; empero no existe en este nivel, estadísticamente, diferencias significativas entre las mezclas con $MgCl_2$.

Después de los contrastes analizamos los datos por medio de la técnica de polinomios ortogonales teniendo: El CrO_3 observa una función inversamente proporcional a la concentración de AGs con un efecto lineal y con la ecuación de ajuste polinomial

$$\hat{LP} = 0.8485 - 0.0353 (X_i)$$

$$0 \leq X_i \leq 5, R^2 = 0.9981$$

donde:

\hat{LP} = longitud de plumula estimada

X_i = nivel de AGs

los osmóticos mezclados no hay diferencias significativas; entre las mezclas, aquellas de $MgSO_4$ con CrO_3 son mejores; pero entre las mezclas del $MgSO_4$ no importa que que cantidad participa ya que no hay diferencias significativas; y en las mezclas de $MgCl_2$ donde él participa en mayor cantidad resultan mejores.

En la tercera y última concentración de AGs se observa de nuevo que el control es la más susceptible en comparación con los demás; así el CrO_3 en comparación con los demás; las mezclas de $MgCl_2$ en comparación con los de $MgSO_4$ y el que tiene más Mg^{++} entre las mezclas con $MgSO_4$; empero no existe en este nivel, estadísticamente, diferencias significativas entre las mezclas con $MgCl_2$.

Después de los contrastes analizamos los datos por medio de la técnica de polinomios ortogonales teniendo: El CrO_3 observa una función inversamente porporcional a la concentración de AGs con un efecto lineal y con la ecuación de ajuste polinomial

$$\hat{L}_P = 0.8485 - 0.0353 (X_i)$$

$$0 \leq X_i \leq 5, R^2 = 0.9981$$

donde:

\hat{L}_P = longitud de plumula estimada

X_i = nivel de AGs

El tratamiento control manifiesta una relación inversamente proporcional a la concentración de AGs con una tendencia lineal, posteriormente se estima una ecuación para su ajuste polinomial:

$$\hat{L}_P = 3.0783 - 0.1042 (X_i)$$

$$0 \leq X_i \leq 10, R^2 = 0.9950$$

donde:

\hat{L}_P = longitud de plúmula estimada

X_i = nivel de AGs

Para la solución osmótica de $MgSO_4$ (-.6 MPa) + CrO_3 (-.2 MPa) se observa una propensión inversamente proporcional a su nivel de AGs y con una relación lineal subsiguientemente se determinó la ecuación para ajuste polinomial:

$$\hat{L}_P = 0.802 - 0.0586 (X_i)$$

$$0 \leq X_i \leq 10, R^2 = 0.9311$$

\hat{L}_P = longitud de plumula estimada

X_i = nivel de AGs

El osmoticum $MgSO_4$ (-.2 MPa) + CrO_3 (-.6 MPa) presenta un incremento en su último nivel de AGs con un efecto cuadrático y la ecuación de ajuste polinomial:

$$\hat{L}_P = 0.59 - 0.1015 (X_i) + 0.0134 (X_i)^2$$

$$0 \leq X_i \leq 10, R^2 = 0.4115$$

donde:

\hat{L}_P = longitud de plumula estimada

X_i = nivel de AGs

La solución osmótica $MgCl_2$ (-1.5 MPa)+ CrO_3 (-.3 MPa) tiende a decrementar su longitud a medida que se incrementa la concentración de AGs, manifestando un efecto cuadrático en seguida se determinó la ecuación para ajustar polinomios.

$$\hat{L}_P = 1.213 - 0.1023 (X_i) + .0088 (X_i)^2$$

$$0 \leq X_i \leq 10, R^2 = 0.2347$$

donde:

\hat{L}_P = longitud de plúmula estimada

X_i = nivel de AGs

El último osmoticum $MgCl_2$ (-.3 MPa)+ CrO_3 (-1.5 MPa) indica tener un incremento a medida que se incrementa el nivel de AGs, con una relación lineal subsiguientemente se estimó la ecuación de ajuste polinomial:

$$\hat{L}_P = 0.2327 + 0.095 (X_i)$$

$$0 \leq X_i \leq 10, R^2 = 0.9989$$

donde:

\hat{L}_P = longitud de plúmula estimada

X_i = nivel de AGs

Indice Tasa Germinación

Evaluando los cuadrados medios del ITG (Cuadro 4.13) se observó una alta significancia para los osmoticum, concentración de AGs y para su interacción, indicando tanto

el osmoticum como los niveles de AG_3 que influyen esta característica (Figura 4.6) pero que existe una función de interacción en ambos factores para expresar un nuevo efecto. Dicha interacción es de mayor importancia y para observar de que manera se interaccionan se procede a realizar una descomposición de la interacción la cual muestra alta significancia para los osmóticos dentro de las tres concentraciones de AG_3 para escudriñar más estos datos se hizo una comparación de medios (Cuadro 4.14) del que se observó que el control es el mejor tratamiento seguido por $MgCl_2$ (-1.5 MPa) + CrO_3 (-.3 MPa) y la mejor concentración fue 10 ppm de AG_3 , posteriormente se realizó un análisis por contrastes ortogonales para detectar cual concentración es la que afecta a los osmoticum.

En la primera concentración (Cuadro 4.15) el control es el más afectado a comparación con el resto de los tratamientos; el osmoticum simple es significativamente mejor a las mezclas; entre las mezclas los que tienen $MgCl_2$ son más susceptibles que los que poseen $MgSO_4$; empero entre las mezclas de $MgSO_4$ aquella en donde existe mayor cantidad de Mg^{++} es el mejor; asimismo en las mezclas de $MgCl_2$.

Para la segunda concentración (Cuadro 4.15) el control se comporta igual que la anterior; el osmótico simple es ahora altamente significativo comparado con las mezclas; entre las mezclas se comporta igual que en la

anterior concentración; pero entre las mezclas de $MgSO_4$ en esta concentración no mostraron diferencias estadísticas considerables; y entre las mezclas de $MgCl_2$ vuelve a comportarse igual que la anterior concentración.

Para la tercera concentración (Cuadro 4.15) el control es el más susceptible del resto; la solución osmótica simple se comporta con significancia comparada con las mezclas; entre las mezclas las que retienen $MgCl_2$ son más afectadas que aquellas que tienen $MgSO_4$; en las mezclas de $MgSO_4$ con CrO_3 las mejores son las que tienen menor cantidad de Mg^{++} ; sin embargo, en la mezcla de $MgCl_2$ con CrO_3 sucede viceversa.

Finalizando los contrastes se realizó el procedimiento de polinomios ortogonales para hora detectar cual osmoticum es el más susceptible a las concentraciones de giberelinas. El CrO_3 se comporta para esta característica en forma directamente proporcional a la concentración de AG_3 con un efecto lineal después se estimó la ecuación para ajuste polinomial.

$$\hat{ITG} = 0.919 + 0.0436 (X_i)$$

$$0 \leq X_i \leq 10, R^2 = 0.9909$$

donde:

\hat{ITG} = índice tasa germinación estimada

X_i = nivel de AG_3

El control tiene una relación inversamente proporcional o su nivel de AGs con una tendencia lineal y con una ecuación de ajuste polinomial.

$$\hat{ITG} = 0.475 - 0.0507 (X_i) + 0.0117 (X_i)^2$$

$$0 \leq X_i \leq 10, R^2 = 0.7931$$

donde:

\hat{ITG} = índice de germinación estimada

X_i = nivel de AGs

El $MgCl_2$ (-1.5 MPa) + CrO_3 (-.3 Mpa) presenta inicialmente una disminución y posteriormente se vuelve a incrementar muestra un efecto cuadrático, en seguida se obtiene su ecuación de ajuste.

$$\hat{ITG} = 1.518 - 0.0639 (X_i) + 0.0081 (X_i)^2$$

$$0 \leq X_i \leq 10, R^2 = 0.3484$$

donde:

\hat{ITG} = índice tasa germinación estimada

X_i = nivel de AGs

El $MgCl_2$ (-.3 MPa) + CrO_3 (-1.5 MPa) sucede lo mismo que en todos los casos en donde el CrO_3 ocupa la mayor densidad, presentando una tendencia cuadrática y con una ecuación de ajuste polinomial.

$$\hat{ITG} = 0.224 + 0.1997 (X_i) - 0.007 (X_i)^2$$

$$0 \leq X_i \leq 10, R^2 = 0.9761$$

donde:

\hat{ITG} = índice tasa germinación estimada

X_i = nivel de AGs

Los resultados del por ciento de germinación en ambos experimentos nos mostraron que las soluciones salinas de $MgSO_4$ y $MgCl_2$ principalmente, tienen efectos positivos en el osmoacondicionamiento comparado con el control, similares resultados reportó Bradford (1985) trabajando él con KNO_3 ; Sin embargo hay que denotar que los resultados de ambas fuentes de magnesio, son estadísticamente iguales, pero que el $MgSO_4$ requiere menos cantidad de sal, lo cual muestra otra cualidad que no tiene el $MgCl_2$. Por otro lado el CrO_3 mostró ser altamente tóxico a medida que se incrementa la presión osmótica (Cuadro 4.3 y 4.7) en todos los tratamientos donde intervino el CrO_3 . Este tiene efectos negativos, probablemente debido a que el cromo por su más bajo peso molecular penetra con mayor facilidad y puede acumularse en cantidades deleterias en los tejidos de la semilla. Brocklehurst y Dearman (1984) mencionan que las moléculas de bajo peso molecular son capaces de penetrar en los tejidos de la semilla, Además Pauling (1955) menciona algunas propiedades químicas del CrO_3 y explica que dicho compuesto al disolverse en el agua forma una disolución roja de ácido dicrómico ($H_2Cr_2O_7$), la propiedad del ácido del medio y la acumulación del mismo en los tejidos explica también su efecto deleterio. No obstante con el enriquecimiento del AGs las sales de $MgSO_4$ y $MgCl_2$ no mostraron ninguna diferencia en su efecto germinación, a

pesar de que los datos observados mostraron una ligera tendencia negativa, pero no significativa estadísticamente (Cuadros 4.4 y 4.5) a medida que se incrementa la concentración de AG₃ esto concuerda con lo reportado con Coronel y Motes (1982) así como Watkins y Cantliffe (1983) ya que ellos mencionan que con la adición de AG₃ en los tratamientos se incrementa la germinación. Tal vez a que el tiempo de exposición de la semilla al AG₃ fue muy prolongado y causó algún tipo de inhibición no produciendo el efecto esperado. Watkins y Cantliffe (1983) y Sundstrom *et al.* (1987) mencionan la adición del AG₃ al tratamiento de osmoacondicionamiento por periodos de 24 h es suficiente ya que Coronel y Motes (1982) encontró que no fue necesario mantener a la semilla de cinco variedades de chile, en soluciones de AG₃ hasta la emergencia de la radícula, ya que con la sola aplicación de AG₃ la semilla responderá en tan solo 24 h.

Sin embargo el CrO₃ así como las mezclas de MgSO₄ y MgCl₂ con CrO₃ en donde el CrO₃ proporciona la mayor presión osmótica, si fueron similares los resultados a lo reportado por Watkins y Cantliffier (1983) ya que a medida que se incrementa la concentración de AG₃ existe una respuesta positiva. Los osmóticos más sensibles a la concentración de AG₃ fueron el CrO₃, para las dos primeras concentraciones (0 y 5 ppm) de AG₃ y el control para las tres concentraciones (0, 5 y 10 ppm de AG₃).

El índice de la tasa de germinación (ITG) al igual que el por ciento de germinación son pruebas fisiológicas de la calidad de la semilla, las cuales, muestran la capacidad de germinación de la semilla; en el análisis de ITG señala que los mejores tratamientos fueron el $MgSO_4$, $MgCl_2$ y el control lo cuales afectaron de manera igual estadísticamente, además los osmóticos más sensibles para concentración uno (o ppm de AGs) fue el control, así como para la concentración 5 y 10 ppm de AGs, fue el de repetición CrO_3 , algo similar reportan Braun y Khan (1979) y Sundstrom *et al.* (1987) ya que ellos encontraron una similar tendencia en el KNO_3 cuando adicionaba AGs.

A pesar de las dos pruebas fisiológicas anteriores (por ciento de germinación y ITG) consideramos dos pruebas fisiológicas más, longitud de la radícula (LR), Smith (1977) y longitud de la plúmula (LP), Perry (1977), los cuales nos estiman el vigor, ya que Rice (1944) y Mathews (1981) mencionan que las pruebas de vigor tienen una alta correlación en la emergencia en campo.

Las pruebas de longitud de radícula mostró en ambos experimentos que los mejores osmoticum para esta característica fueron el $MgSO_4$ y $MgCl_2$ comparadas con el resto de los tratamientos, incluyendo el control, sin embargo, los osmoticum más susceptibles a las concentraciones de AGs (0 y 5 ppm) fueron el $MgSO_4$, el

control, los cuales a medida que se incrementaba la concentración de AGs decrementaba la longitud de la radícula, esto es, reduce la expresión de vigor de la semilla de *Capsicum*, aunque Khan et al. (1980) menciona que mediante la aplicación de AGs en los tratamientos de osmoacondicionamiento se obtiene una mayor elongación celular de la radícula. No obstante existe otro osmoticum el $MgCl_2$ (-0.3 MPa) + CrO_3 (-1.5 MPa) que presenta una tendencia similar a la que propone Khan et al. (1980).

Los osmoticum más sensibles a las tres concentraciones (0, 5 y 10 ppm de AGs) es el CrO_3 y el control manifestando de nuevo una relación inversa a la concentración de AGs.

El análisis de la longitud de la plúmula en las dos pruebas indica que los mejores tratamientos para dicha característica fueron $MgSO_4$ y $MgCl_2$, ellos son estadísticamente iguales, no obstante el control es el tratamiento más afectado en cada una de las concentraciones (0, 5 y 10 ppm de AGs). Por otro lado el osmótico más susceptible en los dos primeros niveles de AGs (0 y 5 ppm) fueron $MgSO_4$ y control, los cuales manifiestan una relación inversa a sus niveles de AGs, esto nos da un panorama más claro que, definitivamente, a medida que se incrementaba la concentración de AGs en los tratamientos de $MgSO_4$ y control la expresión de vigor de la semilla de *Capsicum* decrece

U.A.A.A.N.

debido a que reduce tanto la LR como la LP, empero el MgSO_4 (-0.2 MPa) + CrO_3 (-0.6 MPa) y MgCl_2 (-0.3 MPa) + CrO_3 (-1.5 MPa) tienden a incrementar su LP a medida que se incrementa el nivel de AGs.

Los resultados de la incorporación del AGs en los tratamientos de CrO_3 y sus combinaciones, nos hace proponer el uso de concentraciones más altas, sin embargo los efectos causados en las sales de magnesio sugieren usar concentraciones más bajas a periodos de inmersión más cortos.

CONCLUSIONES

- Los efectos del $MgSO_4$ y $MgCl_2$ son estadísticamente iguales, además son los que proporcionan mayor por ciento de germinación así como un mayor índice de la tasa de germinación.
- La solución osmótica de CrO_3 es altamente tóxica y toda aquella combinación que se hizo con ella está por abajo comparado con el testigo.
- El efecto del AG_3 en las soluciones osmóticas de $MgSO_4$, $MgCl_2$ y CrO_3 así como para el testigo sobre el por ciento y tasa de germinación, longitud de la radícula y de la plúmula, tuvieron efectos negativos.
- El efecto del AG_3 en las combinaciones mostró resultados negativos con excepción para el $MgCl_2$ (-0.3 MPa) y CrO_3 (-1.5 MPa), no obstante es inferior a los resultados del testigo.

RESUMEN

El osmoacondicionamiento de las semillas con algunas sales minerales es una práctica utilizada para asegurar una rápida y uniforme germinación y por ende una emergencia más uniforme. En el presente trabajo se evaluó el efecto del osmoacondicionamiento con $MgSO_4$, (0.0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8, -1.0, -1.2 y -1.4 MPa); $MgCl_2$ (0.0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8, -1.0, -1.2 y -1.4 MPa) y CrO_3 (0.0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8, -1.0, -1.2 y -1.4 MPa) y ácido giberélico (0, 5, 10, 50 and 500 ppm) las sales minerales: $MgSO_4$, $MgCl_2$ y sobre la germinación de las semillas de chile serrano (*Capsicum annuum* L.) del cv. Tampiqueño 74.

El período de osmoacondicionamiento duró 32 horas de las cuales las 16 horas iniciales fueron sin oxígeno, mientras las 16 horas finales con oxigenación, posteriormente las semillas se lavaron, se secaron y por último se sembraron en frascos de cristal en un medio de cultivo Agar-agar.

Además se hicieron combinaciones $MgSO_4$ (-0.8 MPa), $MgCl_2$ (-1.8 MPa) y CrO_3 (-0.2 MPa); teniéndose por ejemplo

combinación de ellos MgSO_4 (-0.6 MPa) + CrO_3 (-0.2 MPa), MgSO_4 (-0.2MPa) + CrO_3 (-0.6 MPa), MgCl_2 (-1.5 MPa) + CrO_3 (-0.3 MPa), MgCl_2 (-0.3 MPa) + CrO_3 (-1.5 MPa); contándose además con la presencia de AGs a 0, 5, 10, 50 y 500 ppm.

Los resultados obtenidos nos indican que las mejores soluciones salinas para osmoacondicionar semilla de chile serrano fueron MgSO_4 (-0.8 MPa) y MgCl_2 (-1.8 MPa), dando éstas un mayor porcentaje y tasa de germinación. incrementándose además la longitud de radícula y longitud de la plúmula. Por otra parte se encontró que tanto el AGs como el CrO_3 tuvieron una acción inhibidora comparados con el testigo.

LITERATURA CITADA

- Akasawa, T. and Miyata, H. 1982. Essays in biochemistry. 18:40-78.
- Akers, S.W. and Holley K.E. 1986. SPS: A system for priming seeds using Aerated polyethylene glycol or salt solutions. Hort Science. 21(3):529-531.
- Andrews, H.C. 1984. Relación entre la calidad de la semilla y la actuación. VIII Curso de Postgrado en Tecnología de Semillas. CIAT. Cali, Colombia p. 7.
- Association of official seed Analysts (AOSA). 1983. Seed Vigor Testing Handbook. No. 32 p. 20-24.
- Bewley, J. D. and Black, M. 1986. Seeds physiology of development and germination plenum press. New York and London. p. 1, 3-5.
- Bidwell, R. 1979. Fisiología Vegetal. AGT. S.A. México p. 277-286.
- Bodsworth, S.y Bewley. J.D. 1979. Osmotic priming of seeds of crop species with polyethylene glycol as means of enhancing early and synchronous germination at cool temperatures. Can. J. Bot. 59:672-676.
- Bradford, J.K. 1985. Seed priming improves germination and emergence of cantaloupe at low temperature. Seed Abstracts. 7(5):220.
- Braun, J.W. and Khan A.A. 1976. Alliviation of salinity and high temperature stress by plant growth regulators permeated into lettuce seeds via Acetone. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101(6):716-721.

- Brocklehurst, P.A. and Dearman J. 1984. A comparison of different chemical for osmotic treatments of vegetable seed. *Ann. appl. Biol.* 105, 391-398.
- Cantliffe, D.J. and Watkins J.T. 1984. More rapid germination of pepper seeds after seed treatment. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 96, 99-101.
- Centro de Investigación de Agricultura Tropical (CIAT). 1981. Elementos esenciales para el éxito de un programa de semillas. Serie 0455e-04.01 Junio, 1981.
- Coolbear, P. and Grierson D. 1979. Studies on the Changes in meajor Nucleic acid componentes of tomato seeds (*Lycopersion esculentum* Mill) resulting from osmotic Presowing treatments. *J. of experimental botany* 30(119):1153-1162.
- Coolbear, P. Grierson D. and Heydecker W. 1980. Osmotic Pre-sowing treatments and nucleic acid accumulation in tomato seeds (*Lycopersion lycopersicum*). *Seed Sci. and Technol.* 8, 289-303.
- Copeland, L. O. and McDonald, M. B.. 1985. Principles of seed Science and Technology Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minnesota. p. 63,75.
- Coronel, S.J. and Motes J.E. 1982. Effect of gibberellic acid and seed Rates on pepper seed germination in aerated water columns. *J. amer. Soc. Hort. Sci.* 107(2):290-295.
- Ching, T.M. 1973. Biochemical aspects of seed vigor. *Seed Sci and Technol.* 1:73-88.
- Darby, R.J. and Salter P.J. 1976. A technique for osmotically pre-treating and germinating quantities of small seeds. *Ann. appl. Biol.* 83, 313-315.
- Davis, B.D. 1977. Ocurrence of α -amiles in the axis of germinating Peas. *Plant Physiol.* 60,513-517.

- Delouche, J.C. 1971. Determinants of seed quality. Sc. Proc. 53-68. Seed Technol. Lab. Mississippi State University.
- Fischer, W. Bergfeld R., Schäfer R. and Schopfer P. 1988. Accumulation of storage material, precocious germination and development of desiccation tolerance during seed.
- Frank, A. B. and Larson, K. L. 1970. Influence of oxygen, Sodium hypochlorite and Dehulling on germination of green needlegrass seed (*Stipa viridula* Trin.). Crop. Sci. 10:679-682.
- Germ, H. 1949. Die Feststellung der physiologisch bedingten Triebkraft Von Samen. Proceeding of the International Seed Testing Association 15:1-23.
- Goobkin V.N. 1989. Methods of Vegetable seed germination improvement. Acta Horticulturae 253:213-215.
- Greenway, H., Hiller R.G., and Flowers T. 1968. Respiratory inhibition in *Chlorella* produced by "Purified" polyethylene Glycol 1540. Science 159:984-985.
- Grosbis, M., Guerbette F., and Kader J-C. 1988. Changes in level and activity of phospholipid transfer protein during maturation and germination of Maize Seed. Plant Physiol. 90:1560-1564.
- Guerrier, G. et Pinel P. 1989. Influence de pretraitements par KCl et CaCl₂ durant l'imbibition sur la vigueur germinative et le métabolisme des semences de pois. Acta Horticola 253:217-224.
- Haigh, A.M. and Barlow E.W.R. 1987. Germination and priming of Tomato, Carrot, Onion and Sorghum seeds in range of Osmotica. J. amer. Soc. Hort. Sci. 112(2):202-208.
- Hardegree, S.P. and Emmerich W.E. 1990. Effect of polyethylene glycol exclusion on the water potential of solution-saturated filter paper. Plant Physiol. 92, 462-466.

- Harrington, J.F. 1973 Biochemical basis of seed longevity. Seed. Sci. and Technol. 1:453-461.
- Harper, H.A., Rodwell V.W, y Mayes P.A. 1980. Manual de química fisiológica. El manual moderno S.A. México p.655.
- Heydecker W. and Coolbear, P. 1977. Seed Treatments for improved performance-surevey and attempted prognosis. Seed Sci. and Technol. 5, 353-425.
- Heydecker W., Higgins J., Turner Y.J. 1975. Invigoration of seed? Seed Sci. and Technol. 3:881-888.
- Hirasawa E. 1988. Diamine oxidase in cotyledons of *Pisum sativum* develops as a result of supply of oxygen through the embrionic axis during germination. Plant Physiol. 88, 441-443.
- Huerta B., A. y Bustamante G.M.A. 1990. Efecto del Osmoacondicionamiento con NaCl y KH_2PO_4 sobre la germinación de semilla del tomate bajo condiciones de salinidad *in vitro*. Tesis UAAAN. México.
- International Seed Testing Association. 1976. International rules for seed testing. Seed Sci. and technol. 4. 1-177.
- Jacomini, E., Bertani A., and Mapellis. 1987. Accumulation of polyethylene glycol 6000 and its effects on water content and carbohydrate level in water-stressed tomato plants. Can. J. Bot. 66:970-973.
- James, W.O. 1967. Introducción a la fisiología vegetal. Omega S.A. España p. 233-240
- Khan, A. A., Peck N.H., and Saminy C. 1980. Seed Osmoconditioning: Physiological and biochemical changes. Israel Journal of botany 29:133-144.
- Kozlowski, T.T. 1972. Seed Biology Academy press. V.I. p. 232. U.S.A.

- Linus, P. 1955. Química General. Editoriales Aguilar, S.A. Madrid, España. p 500-505 y 126-127.
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plant. Institute of plant nutrition. University of Hohenheim. Federal Republic of Germany. p. 218-340.
- Matthews, S. 1981. Evaluation of technique for germination and vigor studies. Seed. Sci. and Technol. 9,543-551.
- Mayer, A.M. and Poljakoff-Mayber. 1978. The germination of seed. Permagon Press p. 109-123 and 71-73.
- Mazor, L., Negbi M. and Perl M. 1984b. The lack of correlation between ATP acumulation in seed at the early stage of germination and seed quality. J. of experimental botany 35(157):1128-1135.
- Mazor, L., Perl M. and Negbi M. 1984a. Changes in some ATP-Dependent Activities in seed during treatment with polyethyleneglycol and during the redrying process. J. of experimental botany 35(157):1119-1127.
- Mengel, K. and Kirkby E.A. 1982. Principles of plant nutrition. International Potash Institute Bern, Switzerland. p. 210-240.
- Mexal J., Fisher J.T., Osteryoung J. and Reid C.P.P., 1975. Oxigen availability in polyethylene glycol solutions and its implications in plant-water relations. Plant Physiol. 55, 20-24.
- Meyer, B.S., Anderson D.B., y Böhning R.H. (1972). Introducción a la fisiología vegetal. Universidad de Buenos Aires. p. 59-63, 61-70.
- Michel, B.E. and Kaufmann M.R. 1973. The osmotic potential of polyethlene glycol 6000. Plant Physiol. 51, 914-916.
- Mortverdt, J.J., Giordano P.M., and Lindsay W.L. 1983. Micronutrientes en la Agricultura. AGT Editor S.A.

p. 129, 704.

- Murthy P., P.N., Renders J.M. and Keranen L.M. 1989. Phosphoinositides in barley Aleurone layers and gibberellic acid-induced changes in metabolism. *Plant Physiol.* 91:1266-1269.
- Okamoto, K., Kitano H., and Akazawa T. 1980. *Plant and Cell Physiol.* 21(1):201-204.
- Oronoz, M.R., Nieto D., y Larios I. 1967. Tratado elemental de botanica. Libreria de Porrúa, Hnos. y Cia. S.A. México. p. 261-263.
- Perry, D.A. 1977. A vigor test for seeds of barley (*Hordeum vulgare*) based on measurement of plumule growth. *Seed Sci. and technol.* 5:709-719.
- Pill, W.G. 1981. Fluid sowing of tomato seed-influence of phosphorus additions to five gel. 6(1): 38-49.
- Polina, M.F.J. 1989. Efecto del acondicionamiento osmótico y las giberelinas sobre semilla de chile serrano (*Capsicum annuum* L.) CV. Tampiqueño 74. Tesis. UANL. México.
- Rivas, M., Sundstrom F.J., and Edwards R.L. 1984. Germination and crop development of hot pepper after seed priming. *Hort. Science.* 19(2): 279-281.
- Rojas G., M. 1959. Principios de fisiología. UNAM. México. p. 103-171.
- Smith, O.E., Welch N.C., and Little T.M. 1973. Studies on lettuce seed quality: I Effect of seed size and weight on vigor. *J. amer. Soc. Hort. Sci.* 98:529-533.
- Soqui G., A.A y Bustamante G. M. A. 1990. Efectos del osmoacondicionamiento con soluciones salinas sobre la germinación y emergencia de semilla de maíz. Tesis UAAAN. México.

- Sosebee, R.E. 1977. Rengeland plant Physiology society for range management. p. 166-171, 100-103.
- Steel R., G.D., y Torrie J.H. 1986 Bioestadística principios y procedimientos. Ed. McGraw-Hill. 2a. ed. México. p. 334-340.
- Streeter, J.G., and Barta A.L. 1988. Physiological basis of crop growth and development. American society of Agronomy Crop Science Society of America. p. 190-199.
- Sundstrom, F.J. and Edwards R.L. 1989. Pepper seed respiration, germination, and seedling development following seed priming. Hortscience 24(2):343-345.
- Sundstrom, F.J., Reader R.B., and Edwards R.L. 1987. Effect of seed treatment and planting method on tabasco pepper. J. amer. Soc. Hort. Sci. 112(4):641-644.
- Tesar, M.B. 1988. Physiological basis of Crop growth and development. American Society of America. Madison, Wisconsin. p. 73-75, 70-75.
- Toole, V.K. 1973. Effect of light, temperature and their interactions on the germination of seed. Seed Sci and Technol. 1:339-396.
- Toole, E.H., Hendricks S.B., Borthwick H.A. and Toole V.K. 1956. Physiology of seed germination. Annu. Rev. Plant Physiol. 7:299-324.
- Watkins, J.T. and Cantliffe D.J. 1983. Hormonal control of pepper seed germination. Hort. Science 18(3):342-343.
- Wellington, P.S. 1962. An analysis of discrepancies between germination capacity and field establishment of peas. Agric. Bot. 9, 160-169.
- Wolswinkel, P. 1988. Nutrient Transport into developing seeds. Animal and Plant Science. 1:298-302.

Woodstock, L.W. and Grabe D.F., 1967. Relationship between seed respiration during imbibition and subsequent seedling growth in *Zea mays* L. Plant Physiol. 42,1071-1076.

Ybema, S.G., Small J.G.C., Robbertse P.J. and, Grobbelaar N. 1984. Oxygen and gibberellic acid effects on germination, amylase activity and reducing substance levels of *Strelitzia juncea* seeds. Seed Sci. and technol. 12, 597-612.

BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.