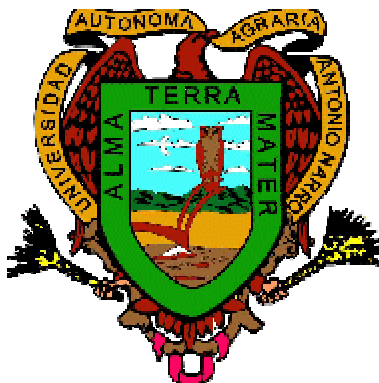


**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



**EFFECTO DE LA IRRADIACIÓN LASER Y SALINIDAD SOBRE EL CRECIMIENTO
Y CONTENIDO DE NUTRIENTES EN MAIZ (*Zea mays*)**

Por:

GLADIS GUADALUPE RAMÍREZ VIDAL

TESIS

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

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2006

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS

TESIS

Presentada por:

GLADIS GUADALUPE RAMÍREZ VIDAL

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como
requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

APROBADO POR:

Lic. Laura Olivia Fuentes Lara
Asesor Principal

Dr. Adalberto Benavides Mendoza
Sinodal

M. C. Francisca Ramírez Godina
Sinodal

M.C. Saret Alonso Corona
Sinodal

Dr. Ramón F. García Castillo
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2006

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISION DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS

TESIS

Presentada por:

GLADIS GUADALUPE RAMÍREZ VIDAL

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como
requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

APROBADO POR:

**Lic. Laura Olivia Fuentes Lara
Aguilar**

Director

Dra. Claudia Hernández

Codirector

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2006

AGRADECIMIENTOS

A Dios primeramente, por haberme permitido concluir uno de mis más grandes sueños.

A mi "ALMA MATER", por el simple hecho de existir.

A la Li., Laura Olivia Fuentes Lara, por el apoyo brindado para la realización de el presente trabajo.

Al Dr. Adalberto Benavides Mendoza, por todo el apoyo prestado para la realización del trabajo.

A la M.C. Saret Alonso Corona. Por haberme apoyado en todo el trabajo realizado. Gracias.

A la M. C. Francisca Ramírez Gomina, por su apoyo y revisión del trabajo elaborado.

A Leticia Portos, laboratorista de Citogenética, por su apoyo y enseñanza durante la realización del trabajo.

Al T. L. Q. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel por el apoyo brindado, gracias.

A las compañeras de cuarto (2), por momentos de convivencia, gracias.

A las compañeras Rosina, Alicia Alejandra, por los momentos vividos, gracias.

A los compañeros de generación Emmanuel D., Lisbeth G., Rosita, Sara, Brez, y demás.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Isabel Vidal Barreto

Y

Roberto A. Ramírez Saldaña

Gracias papás, por el inmenso apoyo que me brindaron a lo largo de mi formación, mi triunfo, es su triunfo. Gracias Mamá por toda tu confianza, tu amor, tus enseñanzas y tus consejos, eres mi mayor motivo en la vida, los amo, y que Dios los bendiga.

A MI HERMANA

Doris A., Ramírez Vidal

Gracias por todo el amor y el apoyo demostrado, te quiero mucho, que Dios colme de dicha tu hogar.

A MI CUÑADO

Luís Vargas Arias

Gracias por formar parte de mi familia, te quiero y admiro mucho.

A MIS SOBRINAS Y SOBRINO

Melisa, Paolita y Luisito

Sepan que son mi más grande amor, espero que siempre estemos juntos Que Dios los cuide eternamente.

CONRRADO CORNEJO SÁNCHEZ

Gracias, por haber cuidado de mí, por tus consejos y regaños, te deseo lo mejor en la vida, que siempre cumplas tus sueños. Que Dios te bendiga a ti y a tu familia.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Definición de estrés	5
Estrés salino	5
Estomas	6
Densidad estomática	6
Xilema	6
Floema	7
Factores que impactan sobre la actividad de los estomas y densidad estomática.	7
Luz	7
Efecto de la calidad de la luz sobre los estomas	7
Efectos de la luz y las plantas	8
Dioxido de carbono	9
Salinidad	10
Efecto de la concentración de sales en la solución nutritiva sobre factores agronómicos y la calidad de fruta	11
El Contenido de Vitamina C en las Hortalizas puede Aumentar con Días Asoleados	12
Transporte de minerales	14
Potasio (K)	14
Calcio (Ca)	15
Radiación	15
MATERIALES Y METODOS	17
Localización	17
Material vegetativo	17
Material utilizado para plántula	17
Material para germinación	18
Germinación	19
Establecimiento del experimento 1	19
Tratamiento de muestras histológicas	20
Fijación	20
Deshidratación	20

Infiltración e inclusión	21
Cortes en micrótomo	21
Fijación de los cortes en los portaobjetos	21
Coloración	22
Análisis de tejidos	23
Toma de fotografías	23
Conteo de estomas y células tabloides	23
Plántulas y planta	23
Variable evaluadas	25
Experimento 1 germinación	25
Porcentaje de germinación	25
Porcentaje de plántulas normales	25
Porcentaje de plántulas anormales	25
Porcentaje de plántulas muertas	25
Análisis de xilema y floema	25
Experimento 2 planta	25
Contenido de vitamina C	26
Determinación de minerales	26
Conteo de estomas y células tabloides	27
Índice estomático	27
Peso fresco aéreo y raíz	27
Peso seco aéreo y raíz	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
CONCLUSIONES	29
LITERATURA CITADA	31

Índice de Cuadros

Cuadro 1.	Contenido de vitamina C (ml/100 gr.) en cuatro variedades contrastantes de maíz cuyas semillas fueron sometidas a tratamiento de irradiación y germinadas en medio salino.	28
Cuadro 2.	Contenido de minerales (Ca y K) en cuatro variedades contrastantes de maíz cuyas semillas fueron sometidas a tratamiento de irradiación y geminadas en medio salino.	29
Cuadro 3.	Porcentaje de germinación en cuatro variedades contrastantes de maíz cuyas semillas fueron sometidas a tratamiento de irradiación y germinadas en medio salino.	30
Cuadro 4.	Tamaño de plántula en cuatro variedades contrastantes de maíz cuyas semillas fueron sometidas a tratamiento de irradiación y geminadas en medio salino.	32
Cuadro 5.	Conteo de células tabloides, estomas e índice estomático en el primer muestreo, en cuatro variedades contrastantes de maíz cuyas semillas fueron sometidas a tratamiento de irradiación y geminadas en medio salino.	33
Cuadro 6	Conteo de células tabloides, estomas e índice estomático en el segundo muestreo, en cuatro variedades contrastantes de maíz cuyas semillas fueron sometidas a tratamiento de irradiación y geminadas en medio salino.	35
Cuadro 7.	Determinación de la longitud aérea y raíz, en cuatro variedades contrastantes de maíz cuyas semillas fueron sometidas a tratamiento de irradiación y geminadas en medio salino.	36
Cuadro 8.	Determinación de Biomasa en cuatro variedades contrastantes de maíz cuyas semillas fueron sometidas a tratamiento de irradiación y geminadas en medio salino.	37
Cuadro 9.	Determinación de peso seco aéreo y radicular en cuatro variedades contrastantes de maíz cuyas semillas fueron sometidas a tratamiento de irradiación y geminadas en medio salino.	38
Cuadro 10	Peso fresco y seco total en cuatro variedades contrastantes de maíz cuyas semillas fueron sometidas a tratamiento de irradiación y geminadas en medio salino.	40

Índice de Figuras

Figura 1.	Diagrama de flujo del procedimiento para la germinación de semillas de maíz (irradiadas y sin irradiar) en soluciones con diferente concentración de NaCl.	19
Figura 2	Diagrama de flujo del procedimiento experimental para la prueba de crecimiento de plántula procedentes de semillas irradiadas y sin irradiar	24
Figura 3	Análisis del tejido vascular de diferentes variedades (aumento de 10X)	41
Figura 4.	Análisis de tejido vascular de diferentes variedades (aumento de 40X)	42
Figura 5.	Comparación del factor irradiación en dos variedades (aumento 10X)	43
Figura 6	Comparación de los factores irradiación y salinidad (aumento 10X)	44
Figura 7	Comparación de los factores irradiación y salinidad en dos variedades (aumento de 40X)	45
Figura 8	Descripción de peso fresco en planta comparando factores de irradiación y NaCl.	46
Figura 9	Descripción de peso fresco en planta comparando factores de variedad y NaCl.	

RESUMEN

Con el objetivo de determinar los cambios sobre el crecimiento y contenido de nutrientes en el maíz bajo condiciones de salinidad e irradiación, se realizó el presente trabajo de investigación en el invernadero N° 1 ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. El trabajo se inició en septiembre de 2005 y concluyó en agosto de 2006, consistió en someter las semillas de cuatro variedades diferentes de maíz (Grano Azul, Vanta, Vanra y Variedad no tolerante) a una irradiación con un diodo láser de 30 mW, con una potencia de 27.4 mW de baja intensidad durante 1 minuto. Posterior a la irradiación parte de las semillas fueron germinadas a temperatura de 25° C en una cámara germinadora sobre un medio salino de 0, 150 y 300 mM de NaCl. La radícula fue seccionada en cortes de aproximadamente 2 cm de largo para ser puestas en fijador FAA (5% formaldehído, 5% ácido acético, 90% alcohol al 70%) con la finalidad de fijar los tejidos para posteriormente analizar el tejido vascular.

Se concluyó que el porcentaje de germinación se vio afectado por las concentraciones de 150 y 300 mM de NaCl, afectando del mismo modo el tamaño de la plántula.

Otra parte de las semillas que fueron irradiadas, se sembraron en sustrato peat moss realizando un riego con solución Douglas, después de la cuarta semana, las plantas fueron sometidas a un estrés salino en donde el riego se realizó con solución Douglas más diferentes concentraciones de NaCl (0, 200, 400 mM NaCl), consecutivamente se realizaron 7 muestreos de los cuales se determinó; contenido de vitamina C, minerales (Ca y K), biomasa, toma de muestra en has y envés para conteo de estomas y células tabloides. El contenido de vitamina C, no se vio modificado por ninguno de los factores aplicados ocurriendo el mismo caso con el porcentaje de minerales. El conteo de estomas y células tabloides se realizó en dos de los muestreos efectuados. Durante el primero, el número de células tabloides, mostró diferencias significativas para el factor testigo (0 mM NaCl) mientras que en el segundo muestreo las diferencias se reflejaron para las concentraciones de 200 y

400 mM de NaCl, en el primer muestreo las variedades grano azul y variedad no tolerante se vieron afectadas, en tanto que para el siguiente muestreo la variedad no tolerante fue la única que se mantuvo normal. Un aspecto importante fue la determinación del índice estomático, en el cual se encontraron diferencias provocadas por las concentraciones de 200 y 400 mM de NaCl, igual que en la variedad Vanra durante el primer muestreo. La variedad no tolerante fue el único factor que presentó diferencias en la determinación del índice estomático.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*) de la familia de las gramíneas, perteneciente al género *Zea*, es el cereal más plantado en el mundo, en volumen de producción supera al trigo y arroz. Es un cultivo de unos 7000 años de antigüedad, cuyo origen se ubica en las zonas de México y América central.

El maíz se ha tomado como un cultivo de estudio para investigaciones científicas principalmente en genética. Continuamente se está estudiando su genotipo y por tratarse de una planta monoica aporta gran información ya que posee una parte materna (femenina) y otra paterna (masculina) por lo que se pueden crear varias recombinaciones (cruzas) y nuevos híbridos para el mercado.

Los objetivos de estos cruzamientos van encaminados a la obtención de altos rendimientos en producción. Por ello, se selecciona en masa aquellas plantas que son más resistentes a virosis, condiciones climáticas, plagas y que desarrollen un buen porte para cruzarse con otras plantas de maíz que aporten características determinadas que se quieran conseguir como mejora de cultivo.

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30° C. Requiere gran cantidad de incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20° C. Al someterse a temperaturas inferiores a 6° C en presencia de luz, la planta de maíz normalmente sufre efectos negativos en su crecimiento. Estos efectos negativos se asocian con un incremento en la concentración celular de radicales libres, concentración que rebasa la capacidad antioxidante de las plantas. El mismo fenómeno de estrés oxidativo se observa en plantas que crecen en ambientes salinos.

En el presente trabajo de investigación se probará una técnica basada en la irradiación con láser de baja intensidad con la que se pretende mejorar la calidad nutricional, así como la tolerancia a salinidad tanto a nivel de semilla como de planta.

Se han utilizado muchos enfoques para mejorar la tolerancia del maíz de zona templada al frío, con resultados variables (Miedema, 1982). En las tierras altas tropicales, la selección del maíz para resistencia al frío se obtiene simplemente seleccionando para rendimiento en un ambiente con esas condiciones.

En el maíz tropical, ha habido menos necesidad de mejorar la tolerancia a las bajas temperaturas. En los casos de los ambientes de altitud media que pueden registrar temperaturas bajas, la introgresión de germoplasmas de maíces templados en poblaciones tropicales de tierras bajas ha dado buen resultado para aumentar el rango de las temperaturas en las que el cultivo se comporta favorablemente.

En las regiones en que el maíz se cultiva en invierno, las bajas temperaturas pueden dar lugar a la fotoinhibición de la fotosíntesis, la cual reduce la eficiencia de la conversión de la radiación interceptada. Varias líneas endocriadas de maíces templados fueron seleccionadas para tolerancia de los discos foliares a condiciones fotoinhibitorias (7°C con un nivel de $1000\text{ mmol/m}^2/\text{seg}$) usando clorofila fluorescente (Dolstra *et al.*, 1994). Las líneas seleccionadas fueron significativamente diferentes en sus niveles de fotoinhibición. Si la fotoinhibición es un problema en un cierto ambiente, este enfoque podría ayudar a identificar genotipos tolerantes.

OBJETIVOS

- a) Determinar el efecto de la irradiación láser sobre la germinación de semillas.
- b) Determinar si la irradiación de semillas de maíz con un láser de baja intensidad modifica la concentración de vitamina C y la concentración de minerales en la planta.
- c) Determinar si la irradiación aplicada aumenta la tolerancia a la salinidad de genotipos de maíz tolerantes al frío.
- d) Documentar el efecto de la irradiación láser en la estructura anatómica de la planta.

REVISIÓN DE LITERATURA

El término *láser* proviene del acrónimo de *light amplification by stimulated emission of radiation*, esto es, amplificación de luz por emisión estimulada de radiación. El láser es un dispositivo que emite una luz *monocroma, concentrada, coherente y particularmente intensa*. La luz del láser es estrictamente monocromática porque su longitud de onda varía sólo unas pocas milésimas de nanómetro (el nanómetro, nm, equivale al millonésimo de milímetro, 1×10^{-9}). La pureza de color de la luz de un láser es varios órdenes de magnitud superior a la luz monocromática de cualquier otro origen, cualidad que la hace insustituible en aplicaciones como la holografía y en algunos campos de la interferometría y la espectroscopia. Esa pureza de color es esencial, también, en ciertos aspectos del empleo de luz para el estudio de reacciones químicas o procesos biológicos.

El efecto de la irradiación láser en las semillas se manifiesta como mayor crecimiento de la plántula (Giavelli *et al.*, 1998; Harazaki y Isshiki, 1997), cambios en la calidad nutricional (Ouf y Abdel-Hady, 1999), y modificaciones en la densidad e índice estomático (Ouf y Abdel-Hady, 1999; Ivanova y Stoyanova, 2000). Los posibles efectos sobre antioxidantes y fitoquímicos no han sido probados.

La irradiación de semillas con láseres de baja intensidad da lugar al incremento en la biomasa de las plantas (Ouf y Andel – Hady, 1999; Ivanova y Stoyanova, 2000), en la producción de frutos (Gladyszewuska, *et al.*, 1998) en las propiedades mecánicas de las semillas de la siguiente generación (Koper *et al.*, 1999) o bien en la tolerancia bajas temperaturas de las plántulas después de la germinación de las semillas irradiadas (Podlesna y Podlesny, 2001).

Definición de Estrés

Conforme a lo descrito por Benavides (2002), se ha definido el estrés como una desviación significativa de las condiciones óptimas para la vida. Como respuesta a dicha desviación se inducen cambios en todos los niveles funcionales del organismo, pudiendo ser dichos cambios reversibles o permanentes. Aún si la condición de estrés es temporal, es normal que la vitalidad de la planta se vea disminuida entretanto se realizan los ajustes requeridos para la nueva situación. Si el estrés es demasiado intenso o si el período de acción es demasiado largo entonces los daños latentes se transforman en daño irreversible que puede afectar a la planta entera o partes de la misma.

En otras palabras **estrés** es el “conjunto de respuestas bioquímicas o fisiológicas que definen un estado particular del organismo diferente al observado bajo un rango de condiciones óptimas”. Asimismo, se aplicará el término **resistencia al estrés** para definir “la capacidad de un organismo para evitar los estímulos ambientales negativos o para permanecer bajo un estado particular de estrés sin que su fenotipo se vea modificado de manera significativa”. En la definición anterior se considera que existe un estado fenotípico ideal, observado bajo condición óptima, al cual se le llama “norma” (Benavides, 2002).

Estrés salino.

Las plantas para su desarrollo requieren de sales minerales, sin embargo, en concentraciones elevadas pueden resultar tóxicas y causantes de estrés, que desencadenan múltiples respuestas fisiológicas (Gossett *et. al.*, 1994).

Desde el punto de vista fisiológico se expresa como concentración de sales en unidades milimolares (mM) y se utiliza como referencia el efecto de una concentración particular sobre un proceso fisiológico.

Estomas

Los estomas son aperturas en la epidermis rodeadas por dos células oclusivas; mediante cambios de forma las células oclusivas controlan el tamaño de la apertura. Esta apertura conduce al interior de un amplio espacio intercelular llamado cámara subestomática, que continúa con los espacios intercelulares del mesófilo.

En muchas plantas, dos o más células adyacentes a las oclusivas parecen estar asociadas funcionalmente a ellas y se distinguen por su morfología de otras células epidérmicas, se les llama Células anexas o adjuntas. Las células oclusivas son generalmente de forma arriñonada vistas de frente y engrosamiento de la membrana en los bordes superior e inferior.

Los estomas son muy frecuentes en las partes verdes aéreas de las plantas, particularmente en las hojas (Esau, 1972). Generalmente cada milímetro cuadrado tiene unos 100 estomas, aunque el número puede ser diez veces mayor, y se ha informado de 2.230 (Howard, 1969).

Densidad Estomática

La frecuencia o densidad estomática, que es el número de estomas por unidad de área (mm^2), presenta una gran componente de variación ambiental, por lo que puede diferir entre plantas de la misma especie, entre hojas de la misma planta y entre sectores de una misma hoja (Esau 1972).

Xilema

El xilema es el principal tejido conductor de agua y sirve también como tejido de sostén. La conducción de agua es en dirección acrópeta. El xilema es un tejido complejo constituido por varios tipos de célula: elementos traqueales, fibras y parénquima (Esau, 1972).

Floema

El floema es el principal tejido conductor de material alimenticio, efectuándose la conducción en dirección basípeta o acrópeta. Al igual que el xilema el floema es un tejido complejo constituido por diferentes elementos, sin embargo con el floema no tiene gran valor comercial (a excepción de las fibras comerciales), son menos detallados los estudios hechos sobre los elementos del floema. El floema consta de elementos cribosos, células acompañantes, fibras esclereidas y células parenquimatosas (Esau, 1972).

Factores que impactan sobre la actividad de los estomas y densidad estomática.

Luz

La irradiancia y la calidad espectral son determinantes en las características de la epidermis foliar, Allard *et al.* (1991 a) encontraron que la densidad estomática total fue menor en un 17 – 24 % en plantas sometidas a baja irradiancia ($600\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ de PPFD), encontrando además una reducción mayor en la superficie abaxial que en la adaxial. Lo mismo fue observado por Woledge (1971) quien además reportó la ausencia de diferencias en la forma de las células guarda entre hojas desarrolladas en condiciones de alta y baja irradiancia.

Efectos de la calidad de la luz sobre los estomas

Thomas D. Sharkey y Klaus Raschke (1961 a) estudiaron el funcionamiento de los estomas de cinco especies, entre ellas el maíz. Pudieron variar la irradiancia manteniendo constante la concentración intracelular de CO_2 y la concentración de CO_2 manteniendo constante la irradiancia. La conductancia estomática indicaba la apertura de los estomas. A valores elevados de irradiancia, los estomas del maíz respondieron principalmente a las concentraciones intercelulares reducidas de CO_2 .

Sharkey y Raschke concluyeron que: “A un nivel bajo de luz, la concentración intercelular de CO₂ puede convertirse en el factor regulador principal; pero a nivel elevado, la respuesta directa a la luz puede sobre compensar las necesidades de CO₂ para la fotosíntesis y provocar un aumento en la concentración intercelular de CO₂.”

Efectos de la luz y las plantas

Dado que las plantas dependen de la luz como fuente primaria de energía, han desarrollado un sin fin de mecanismos para medir la intensidad luminosa (fluencia o densidad de flujo) dirección, duración (fotoperiodicidad) y calidad (balance espectral), los cuales son componentes básicos del entorno lumínico de la vegetación. El hecho de que las plantas sobrevivan y prosperen aun en hábitat donde la radiación ambiental parece ser distintivamente favorable, indica que la evolución ha proveído esos sofisticados mecanismos de sensibilidad. Las plantas usan tal información, en un proceso comúnmente referido como fotomorfogénesis, para capturar luz más eficientemente y adaptar su ciclo de vida a fluctuaciones climáticas (Smith, 1982; Benavides *et al.*, 1993; Viertstra, 1993).

La interpretación de radiación fotosintéticamente activa por el dosel de plantas en el campo ha recibido considerable atención durante muchos años; sin embargo, hasta hace poco tiempo la radiación fotomorfogénica fue reconocida como un regulador del reparto de fotosintatos entre los diferentes órganos de la planta y como un factor importante en la adaptación, supervivencia y productividad de los vegetales en el campo (Kasperbauer y Hunt, 1992).

Al respecto Bradburner *et al.*, (1989), señalan que se puede manipular la radiación incidente de una manera sencilla para guiar las respuestas o expresión del programa genético potencial de las plantas, hacia donde se desea, de acuerdo a objetivos particulares; pero que es necesario proporcionar un manejo adecuado al cultivo (control hídrico, de plagas y enfermedades, nutrición mineral y carbónica, etc.)

de lo contrario no habrá respuesta al ambiente lumínico y se podrá presentar un estrés particular o varios de ellos.

Dióxido de carbono

Se sabe por ejemplo que para un mismo genotipo la frecuencia estomática puede ser menor en presencia de acolchado plástico (Piña, 1994) o al aumentar la concentración de CO₂ en la atmósfera de crecimiento de plantas C₃ (Woodward, 1987), aunque en algunos trabajos como el de Radoglou y Jarvis (1992) y el de Rhyle y Stanley (1992) no se observaron respuestas en esta característica frente al enriquecimiento con CO₂. Incluso en el estudio de Ramonell *et al.* (1997) se afirma que el enriquecimiento con CO₂ tiene un efecto positivo sobre la densidad estomática. En este último caso los autores trabajaron con un nivel muy bajo de densidad de flujo fotónico (200 μmol m⁻² S⁻¹) lo cual obviamente cambia todo el esquema de la respuesta. La presencia de dichas inconsistencias es difícil de explicar, excepto por el hecho de que las respuestas morfológicas son muy dependientes de otras condiciones ambientales y son por lo general particulares para cada especie y variedad.

En realidad es poco lo que se sabe acerca de la regulación de los programas de desarrollo que generan los patrones de densidad y distribución estomática en respuesta a las variables ambientales. Se tienen avances utilizando mutantes de *Arabidopsis* con frecuencia, distribución y agrupamiento estomático atípicos que dan luz acerca de cómo se generan los patrones de distribución estomática (Bergel *et al.*, 1997). En este sentido son interesantes los resultados de Ramonell *et al.* (1997) quienes encontraron que factores que favorecen la actividad fotosintética dan lugar a cambios fenotípicos similares en las hojas, encontrándose entre dichos cambios la modificación de la frecuencia estomática. Es decir, los autores no encontraron un fenotipo especializado para alta concentración de CO₂ o para déficit de O₂ la respuesta fenotípica parece ser la misma.

Salinidad

Los hábitats salinos se definen por la presencia de un contenido anormalmente alto de sales solubles. Los lagos y estanques salinos así como los océanos son ambientes acuáticos salinos; en tierra se presentan suelos salinos en regiones áridas y húmedas. En las regiones húmedas el suelo puede volverse salino al exponerse a los aerosoles marinos.

El problema central enfrentado por las plantas sometidas a alta concentración de sal es la retención osmótica de agua y efectos iónicos de toxicidad específicos sobre proteínas del citoplasma y las membranas. El agua es retenida osmóticamente en las soluciones salinas de tal forma que conforme aumenta la concentración de sal el agua se encuentra cada vez menos disponible en la planta.

Además de los efectos osmóticos la salinidad impone toxicidad sobre las células. El efecto tóxico de los medios salinos se refiere a competencia de un ion en particular por el sitio del factor proteico (Bernstein *et al.*, 1974) o bien la ocurrencia de cambios conformacionales en las proteínas.

Como fue mencionado, el efecto general de la salinidad es el reducir la tasa de crecimiento resultando ello en hojas más pequeñas, altura y en ocasiones en menor cantidad de hojas. Las raíces también disminuyen su longitud y biomasa aunque pueden ser más delgadas o más gruesas. Igualmente el asa de maduración puede ser mayor o menor dependiendo de la especie. El grado en el cual el crecimiento es disminuido difiere grandemente entre especies y, en menor extensión, entre cultivares o variedades dentro de la especie. La severidad de la respuesta a la salinidad depende de la interacción con otras variables ambientales como la humedad, temperatura y radiación. El efecto osmótico de la salinidad contribuye principalmente a obtener una baja tasa de crecimiento, mientras que los efectos de toxicidad iónica modifican el color de las hojas, la tasa de madurez y el cociente entre la biomasa aérea y la biomasa de la raíz.

Efecto de la concentración de sales en la solución nutritiva sobre factores agronómicos y la calidad de fruta.

En un trabajo realizado por Hochmuth *et al.*, (1993), en el cual aplicaron diferentes concentraciones de K (0, 45, 90, 135, 225 Kg.ha⁻¹) a plántulas de berenjena (*Solanum melongena L.*), se encontró que el K a una concentración de 135 Kg.ha⁻¹ incrementó el rendimiento de fruta comerciable y a la vez incrementó el tamaño promedio total de fruta del cultivo. Por su parte Melton (1991), aplicó a plántulas de tomate diferentes concentraciones de N, P Y K (N: 25, 75 Y 225 mg.L⁻¹ ; P: 5, 15 y 45 mg.L⁻¹ ; K: 25, 75 y 225 mg.L⁻¹). La aplicación de N incrementó el peso fresco, altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, área foliar y peso fresco y seco de raíz. El P sólo tuvo significancia en el segundo experimento a concentración de 45 mg.L⁻¹ incrementando peso fresco, altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y área foliar. El K no tuvo ningún efecto sobre los parámetros medidos. La mejor combinación de NPK fue 225-45-25 mg.L⁻¹.

Por su parte Lin *et al.*, (1991), trató plantas de pepino (*Cucumis sativus L*) con diferentes concentraciones de nutrientes para determinar su efecto sobre el rendimiento por planta, color de fruta a la cosecha y vida de anaquel, además de esto se evaluaron dos regímenes de raleo. Se utilizaron las siguientes concentraciones en mM: 14.45 NO₃⁻, 1.47 PO₄⁻, 4.94 k⁺, 5.49 Ca⁺², 2.66 Mg⁺² y 2.66 SO₄⁻ ; utilizando concentraciones de 150%, 100% y 50% de esta solución. Estas tres soluciones nutritivas contenían la misma cantidad de microelementos. Las conductividades obtenidas por estas concentraciones fueron 2.81, 1.95 y 1.23 mS. cm.⁻¹ , respectivamente. Ellos encontraron que la concentración de nutrientes más alta mejoró el color de la fruta a la cosecha y con ello la vida de anaquel. La concentración y el raleo redujeron los días de cosecha y la cantidad de fruta comerciable por planta.

Walworth, (1992), evaluó el efecto de la fecha de plantación, método de plantación, fuente de N y proporción de N aplicado en plantas de lechuga (*Lactuca*

sativa L.) variedad “salinas”. Los experimentos se desarrollaron en los años de 1984 a 1987. Durante los años de 1984 y 1985 utilizaron como fuente de N, nitrato de amonio, nitrato de calcio ó urea a concentraciones de 56, 112 y 168 Kg.ha⁻¹ de cada fuente, además de ello se aplicaron 158 Kg.ha⁻¹ de P + 149 Kg.ha⁻¹ de K. En los años 1986 y 1987 se utilizaron 6 concentraciones de N (0, 28, 56, 112, 224, 280 Kg.ha⁻¹ + 190 Kg.ha⁻¹ de P + 178 Kg.ha⁻¹ de K) y se eliminaron las diferentes fuentes de N, utilizando sólo nitrato de amonio. Durante los dos primeros años de evaluación las respuestas a las diferentes concentraciones de N fueron inconstantes, pero durante 1986 y 1987 el peso y diámetro de cabeza fue favorecido por la concentración de N, siendo 112 Kg.ha⁻¹ de nitrato de amonio el que sobresalió de las otras concentraciones.

Por su parte Lamb *et al.*, (1993), aplicaron a plántulas de sandía (*Citrulus lannatus L*) una nutrición pretransplante utilizando diferentes proporciones de NO₃:NH₄ más diferentes concentraciones de calcio. Los tratamientos consistieron de 100 N – 31 P – 265 k (mg.L⁻¹) y estas soluciones tuvieron las siguientes proporciones de NO₃: NH₄ (100:0, 50:50, 25:75, 0:100) y además de ello tuvieron una de las cinco concentraciones de calcio (0, 4, 8, 12, 16 mM de CaCl₂). Se encontró que el peso fresco de las plántulas disminuyó con el decremento de la relación NO₃:NH₄, también se encontró que el área foliar se redujo con 100% NO₃ – N en el primer muestreo; la aplicación de la relación 100% NO₃ – N produjo un área foliar más grande en el segundo muestreo. La altura de planta no fue afectada por la relación NO₃:NH₄.

El Contenido de Vitamina C en las Hortalizas puede Aumentar con Días Asoleados

La vitamina C (ácido ascórbico) es quizá la vitamina más importante, y uno de los compuestos en alimentos más importantes para prevenir problemas de salud. Casi toda la vitamina C la tomamos de las frutas y las hortalizas. Así como los consumidores se están preocupando más por el consumo de frutas y hortalizas por razones de salud, más interés se está mostrando para estudiar factores que afectan

la acumulación de los nutrientes como la vitamina C en los productos frescos. La luz del sol podría ser un factor esencial que directamente afecta la acumulación de ácido ascórbico en hortalizas.

A pesar de que la luz no es esencial para la síntesis de ácido ascórbico en plantas, la cantidad e intensidad de luz durante el ciclo de crecimiento de la planta tiene una influencia determinante en la cantidad de ácido ascórbico que se forma. El ácido ascórbico es sintetizado de azúcares que son originados por fotosíntesis. Algunos investigadores incluso generalizan que a menos intensidad de luz durante el crecimiento, menos es el ácido ascórbico que se forma en el tejido de la planta. Un ejemplo es reportado recientemente donde se observó que la vitamina C en mostaza incrementó con más radiación lumínica (Makus y Lester del Departamento de Agricultura en Weslaco, Texas).

A pesar de los buenos efectos de la luz, en algunos casos donde los cultivos crecen bajo altas cantidades de luz y altas temperaturas el ácido ascórbico se reduce. Esto sucede porque las altas temperaturas reducen los niveles de ácido ascórbico. En Arizona por ejemplo, se tiene suficiente luminosidad, sin embargo, la temperatura puede afectar la acumulación de ácido ascórbico en algunas plantas perennes. Se ha reportado que las naranjas de Arizona tienden a tener menos cantidad de vitamina C que las naranjas de las áreas costeras de California.

Ensayos realizados en el Centro Agrícola de Yuma se están llevando a cabo para evaluar el efecto de las coberturas altamente reflectivas sobre la producción y calidad de melones cantaloupes. Observaciones han mostrado que a la cosecha los melones cantaloupes cultivados con coberturas reflectivas contenían más vitamina C que los melones producidos sin cobertura. Es posible que el incremento en el contenido de la vitamina C fuera debido al aumento de irradiación solar en los tejidos de las plantas.

Transporte de minerales

Los minerales que se absorben a través de las raíces suelen ascender por la planta en lo que se conoce como flujo de transpiración, que es la corriente de agua que genera la transpiración a través del Xilema. Pero el flujo de transpiración no es algo fundamental para este desplazamiento, porque los minerales ascienden por los tallos leñosos antes de que broten las hojas primaverales. En las plantas se produce una circulación: las soluciones se desplazan a través del tejido floémico, desde los órganos de asimilación a los de utilización. Cuando la planta no transpira, el agua que contiene estas soluciones vuelve a los órganos de asimilación a través del tejido xilemático. De esta forma, la transpiración no resulta esencial para el movimiento de los minerales en la planta.

A pesar de esto, cuando se produce la transpiración, ésta puede ayudar a la absorción de los minerales del suelo y al transporte a través de la planta. La cantidad de calcio y de boro que contienen los tejidos parece especialmente sensible a la transpiración. Las plantas cultivadas en invernadero, y que tienen niveles elevados de humedad y aire enriquecido con CO₂, pueden llegar a mostrar algunos signos de diferencia de calcio en ciertos tejidos. Por otra parte una transpiración demasiado rápida puede producir la acumulación tóxica de algunos elementos.

Potasio (K)

Una deficiencia de potasio en la planta se manifiesta como toda enfermedad con síntomas como; pequeñas manchas de tejido muerto, habitualmente en las puntas y entre las venas, y más notables en los bordes de las hojas; tallos delgados. Del mismo modo la planta se ve afectada si presenta una deficiencia de calcio notándose por lo siguiente; las hojas jóvenes de la yema Terminal, que al principio suelen estar curvadas, mueren en puntas y márgenes, por lo que el crecimiento posterior se caracteriza por una apariencia de recorte en estos puntos; el tallo por último muere en la yema Terminal.

El potasio es un activador de muchas enzimas esenciales para la fotosíntesis y la respiración, y también activa enzimas que son necesarias para formar almidón y proteínas (Bhandal y Malik 1988). Este elemento también es tan abundante que es uno de los contribuyentes más importantes al potencial osmótico de las células y por consiguiente, a su presión de turgencia.

Calcio (Ca)

A diferencia de lo que sucede con el magnesio, parece que el calcio no puede cargarse en las células transportadoras del floema. El resultado es que los síntomas de deficiencia siempre son más remarcados en los tejidos jóvenes (Kirby y Pilbeam, 1984). Las zonas meristemáticas de las raíces, los tallos y las hojas, donde existen divisiones celulares, son las más susceptibles, quizás porque se necesita de calcio para que se forme una nueva laminilla media en la placa celular que aparece entre las células hijas. Los tejidos retorcidos y deformados se producen por la deficiencia de calcio. Por ejemplo, en el tomate la degradación de los frutos jóvenes en las cercanías de la raíz en floración se debe a la deficiencia de calcio.

La mayor parte de calcio que contienen las plantas se encuentra en las vacuolas centrales y en las paredes celulares se encuentra unido a ciertos polisacáridos llamados pectatos (Kainzel, 1989).

Radiación

Los sistemas radicales de las plantas que crecen en suelos húmedos y bien aireados se comportan como osmómetros cuando la transpiración es lenta, lo que permite el desarrollo de la presión radical y las gutaciones. Sin embargo, cuando la transpiración es rápida se reduce la presión o se produce tensión en la savia del xilema, con lo que sobre el agua se ejerce tracción a través de las raíces y el movimiento osmótico es mínimo. Por ello, en las plantas en transpiración toda el agua penetra de manera pasiva, y las raíces se comportan simplemente como

superficies de absorción (estudios sobre el agua, los minerales y las raíces (Paul J. Kramer 1928).

Otras investigaciones posteriores han demostrado que factores tales como un suelo frío y una aireación deficiente reducen la absorción, aumentando la resistencia al flujo del agua a través de las raíces, y no porque se produzca la inhibición de algún tipo de mecanismo misterioso de absorción activa.

Herman Wiebe llevó a cabo experimentos con marcadores radioactivos, que demostraron que la región con más rápida absorción y traslocación de sales en los brotes se suelen situar a varios centímetros de la punta de la raíz, en lugar de en sus cercanías, que es lo que se había sostenido hasta ese momento. Investigaciones recientes lo han verificado, incluyendo los trabajos realizados en el laboratorio de R. Scout Russell en Letcombe, Inglaterra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en el invernadero N° 2, que es de tipo túnel, semicircular o green House, teniendo un ancho de 9.15 m, por 30.50 m y 4.75 m de altura al centro. La cubierta es de acrílico, con buenas condiciones de luz; controlando la temperatura a no más de 35°C y humedad relativa mayor a 65%. También cuenta con un área húmeda de cartón corrugado, el sistema de ventilación es por medio de extractores; y en el interior cuenta con doce camas cada una de 12 m de largo por 0.9 m de ancho.

Descripción de materiales utilizados

Material vegetativo

Se utilizaron cuatro variedades de semilla de maíz:

- **Compuesto Azul. Supuestamente tolerante al frío**
- **Vanta Tolerante al frío**
- **Vanra, Tolerante al frío**
- **Tropical**

Material utilizado para plántula

- Diodo láser de 30 mW, con una potencia de 27.4 mW; el cual puede instrumentarse para obtener diferentes niveles de intensidad con una longitud de onda de 650 nm.
- Semillas de maíz irradiado y sin irradiar
- Bolsas de plástico 10 L
- Peat moss
- Soluciones salinas (Douglas, Douglas + 200 mM NaCl, Douglas + 400 mM NaCl)

Cuadro 1. Composición y concentración de la solución Douglas

Compuesto	Dosis (g/ 100 l de agua)
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	17.5
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2.5
KNO_3	12.5
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	10.0
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.005
H_3BO_3	0.025
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0.1
$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0.025
$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0.00005
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.025
$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	2.5

Material para Germinación

- Diodo láser de 30 mW, con una potencia de 27.4 mW; el cual puede instrumentarse para obtener diferentes niveles de intensidad con una longitud de onda de 650 nm.
- Semillas de maíz irradiadas y sin irradiación
- Soluciones salinas (0, 150, 300 mM NaCl)
- Papel anchor
- Bolsas de plástico transparentes
- Ligas chicas
- Lápiz tinta
- Cámara germinadora: LAAB-LINE BIOTRONETT, LAAB LINE INSTRUMENT INCORPORATION, BLANT-GROWTH, GROWTH CHAMBER

DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS (soluciones)

Germinación

Tanto semillas irradiadas como no irradiadas fueron verificadas con las siguientes soluciones:

A = 0 mM NaCl

B = 150 mM NaCl

C = 300 mM NaCl

ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO 1

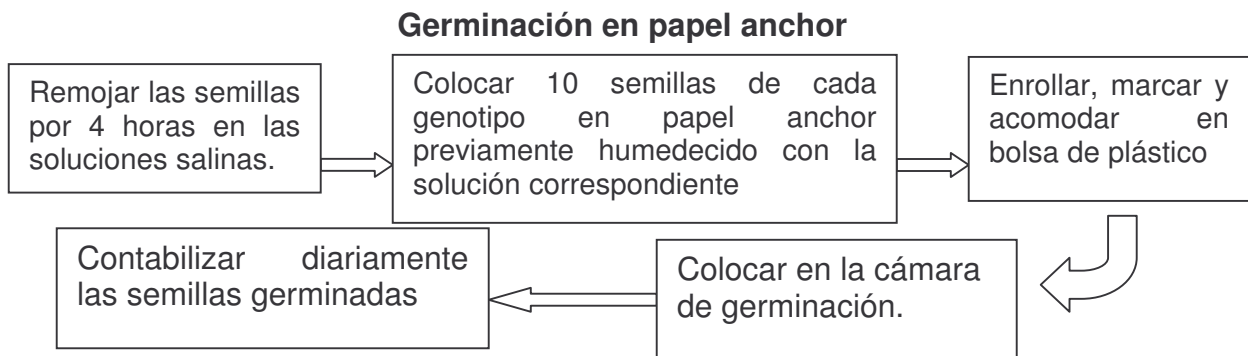


Figura 1. Diagrama de flujo del procedimiento para la germinación de semillas de maíz (irradiadas y sin irradiar) en soluciones con diferente concentración de NaCl.

Tratamiento de muestras histológicas

El mencionado trabajo se realizó en el Laboratorio de Citogenética ubicado en el Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN, los materiales utilizados fueron:

- Microtomo de mano “820” Spencer, American Optical
- Microscopio compuesto Carl Zeiss con cámara fotográfica digital, Pixera.
- Estufa GCA de Presición Scientific THELCO modelo 18 para el control de temperatura

Después de la germinación de las semillas, la parte radicular se seccionó con la ayuda de un exacto en cortes de 2 cm aproximadamente, para transferirlos a fijador FAA.

Fijación

Los cortes de radícula se colocaron en fijador FAA (5% formaldehído, 5% ácido acético, 90% alcohol al 70%) inmediatamente después de su obtención, la finalidad de colocar los tejidos en el fijador, es la de conservarlos con un mínimo de alteraciones. Se emplearon frascos de 250 ml para mantener el tejido.

Deshidratación

Este proceso consiste en quitar el contenido de agua en los tejidos fijados y endurecidos. El procedimiento consistió en pasar los cortes por diferentes soluciones deshidratantes, de mayor a menor concentración. Las soluciones empleadas fueron: alcohol etílico al 50%, 60%, 70%, 85%, 96% más eosina, alcohol 96°, siguiendo con alcohol etílico absoluto I, alcohol absoluto II, alcohol absoluto mas xilol a diferentes proporciones (3:1, 1:1, 1:3).

Infiltración e Inclusión

Los cortes se colocaron en frascos con xilol puro, se agregó parafina y se mantuvieron en la estufa a 35°C por 24 horas, después de este tiempo se les agregó más parafina y se elevó la temperatura de la estufa a 45°C, posteriormente se realizó el cambio de los tejidos a parafina pura, luego la temperatura se elevó a 55°C por 24 horas; en el último paso de la infiltración se agregó más parafina y se elevó la temperatura a 60°C por 24 horas.

La inclusión de los tejidos en parafina pura se realizó en moldes hechos de papel aluminio, en ellos se vació la parafina y cuidadosamente se incluyó corte por corte de

tejido por tratamiento. Antes de que la parafina se solidificara se le colocó a cada charola una etiqueta para identificar cada tratamiento.

Cortes en micrótopo

Posterior a la inclusión, se prosiguió con el corte del tejido, los cortes se realizaron en cubos de aproximadamente 2 cm de largo, 2 cm de ancho, y 1.5 cm de alto, éstos se montaron sobre una platina que fue previamente calentada para sostener el corte de parafina. La platina con la muestra se colocó en el micrótopo, nivelando y orientando la muestra hacia la cuchilla. La escala del micrótopo para realizar el corte se ajustó a 15 micras, de este modo girando la manivela se obtuvo una tira de parafina con el corte.

Fijación de los cortes en los portaobjetos

Sobre un portaobjetos limpio se untó uniformemente adhesivo de Haupt (1 g de gelatina, 15 cm³ de glicerina, 2 g de meta bisulfito de sodio por cada 100 cm de agua destilada). Los cortes de parafina con el tejido, se colocaron en agua a baño maría a una temperatura de 45°C, cuando el corte se encontraba extendido completamente, se introducía el portaobjetos por debajo de la muestra de modo que la tira de parafina se adhiriera al mismo, posteriormente se quitaron los excesos de agua y pegamento con un papel secante.

Posteriormente las preparaciones se metieron a la estufa a una temperatura de 27 a 30° C por un espacio de 24 hrs., con la finalidad de que el tejido se pegara y se extendiera para después colorearla.

Coloración

Para la coloración del tejido, se prepararon una serie de reactivos en frascos Coplin con una capacidad de ocho portaobjetos cada uno. Las preparaciones se colocaron de manera que el tejido quedara hacia el lado izquierdo, de este modo se

podía identificar la muestra y tener un mejor manejo al momento de pasar por cada uno de los reactivos.

Con la ayuda de unas pinzas, cada una de las preparaciones fueron pasadas por los diferentes tratamientos con xilol puro I, xilol puro II, xilol puro III, por un periodo de 5 minutos con el fin de diluir la parafina. Continuamente por alcohol etílico absoluto al 96%, 85%, 70%, 60% y 50%, el paso de cada uno de las preparaciones por los reactivos fue conforme se terminaban de pasar todos los portaobjetos de un Coplin al otro, enseguida se realizó un lavado con agua destilada y así pasar al colorante safranina (1 g de safranina en 100 cm³ de agua destilada) donde duraron por un lapso de 2 minutos, cuando la preparación salía de la safranina, se le dieron una serie de lavados con agua normal, agua destilada, alcohol etílico al 50%, alcohol etílico al 60%, alcohol etílico al 70%, alcohol etílico al 85%, alcohol etílico al 96%. Enseguida las preparaciones fueron pasadas a una solución colorante verde rápido (Fast Green) en el que se hizo un conteo de 8 segundos para cada portaobjetos, pasando rápidamente a una solución de alcohol etílico 96%, alcohol absoluto I, alcohol absoluto II, y se pasaron a xilol puro I, xilol puro II y xilol puro III, esto con la finalidad de completar la deshidratación.

Una vez que todas las muestras fueron pasadas por los colorantes, se realiza el proceso de montaje, para tener una muestra permanente, que consiste en colocar unas gotas de resina (bálsamo de Cánada) sobre la muestra y cubriéndola con un cubreobjetos, con una toallita de papel se retiraron los excesos de agua y resina.

Análisis de tejidos

Cuando las preparaciones estuvieron listas (coloreadas y secas) se analizaron por tratamiento a través de un microscopio que está conectado a una computadora y se seleccionaron los mejores tejidos para su análisis de n_1 microscopía.

Toma de fotografías

Los tejidos seleccionados fueron capturados en microfotografías a aumentos de 10 y 40X, con una cámara digital Pixera.

Conteo de Estomas y Células Tabloides

Para realizar el conteo de estomas y células tabloides, se tomó una muestra en has y envés de las hojas en uno de los muestreos realizados. Para realizar el conteo se empleó un microscopio con un aumento de 60 X. El diámetro del campo visual fue de 0.3 mm.

Plántulas y planta

Tanto semillas irradiadas como no irradiadas fueron verificadas con las soluciones.

Se utilizaron tres soluciones A, B, y C como agua de riego en bolsas de 10 l con peat moss, donde:

A = solución Douglas (1976)

B = solución Douglas + 200 mM NaCl

C = solución Douglas + 400 mM NaCl

Se anexa esquema con el procedimiento experimental (Figura 2)

Plántulas y planta

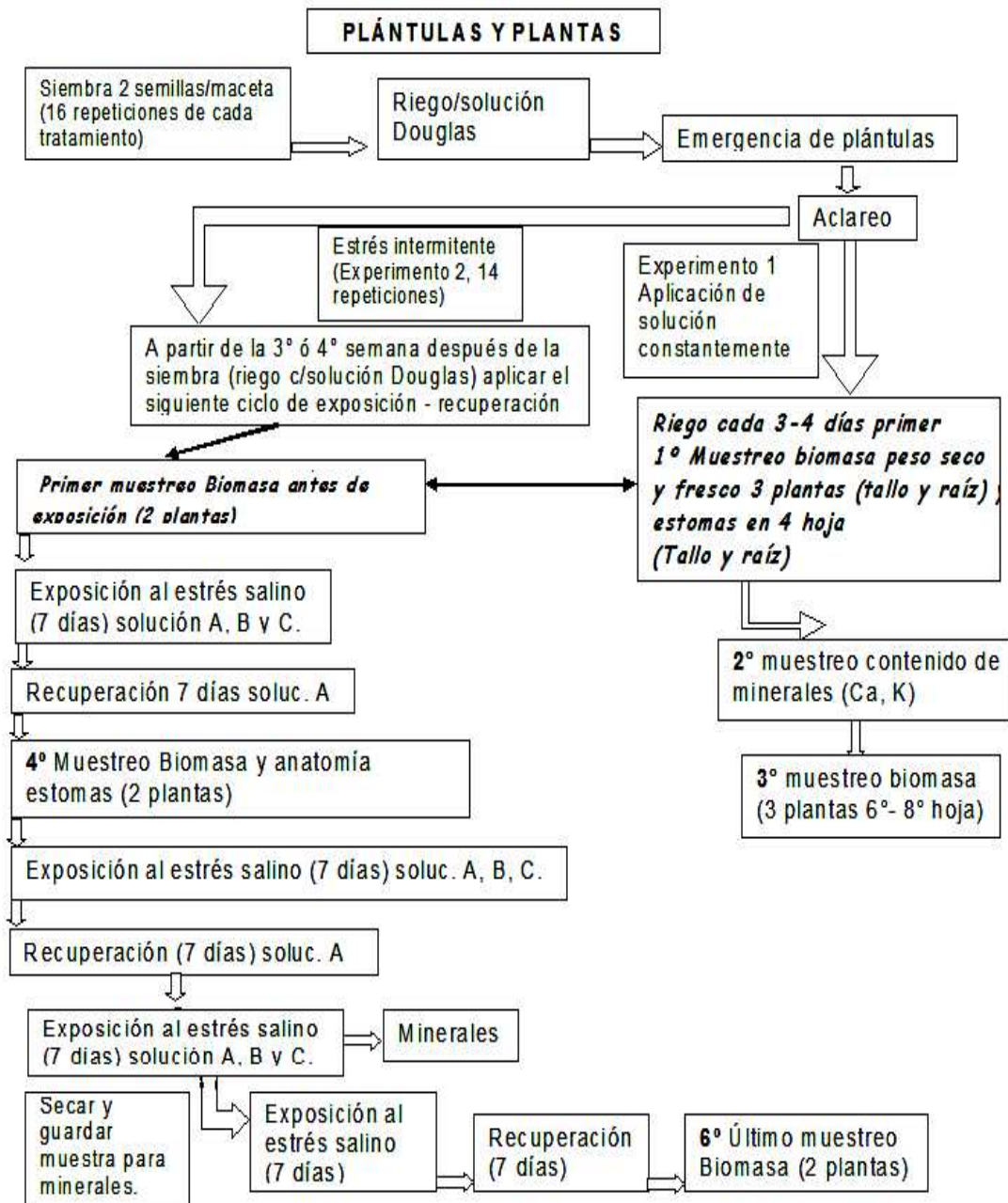


Figura2. Diagrama de flujo del procedimiento experimental para la prueba de crecimiento de plántula procedentes de semillas irradiadas v sin irradiar.

Variables evaluadas

Experimento 1. Germinación

Porcentaje de germinación

Para esta variable únicamente se realizó un conteo del número de semillas germinadas, el resultado es reportado en porcentaje.

Porcentaje de plántulas normales

Después de siete días que fue el periodo de germinación, a través de un conteo se determinó el porcentaje de plántulas normales, entendiendo a éstas como las semillas que han germinado y cuentan con las características establecidas.

Porcentaje de plántulas anormales

Se consideran plántulas anormales a aquellas semillas que han germinado pero que presentan ciertos defectos en su morfología, la determinación de la presente variable se realizó a través de un conteo visual.

Porcentaje de plántulas muertas

Dentro de esta clasificación, se integran a aquellas semillas que no han germinado, la determinación se realizó mediante un conteo visual.

Análisis de xilema y floema

Después del proceso de deshidratación y coloración, se prosiguió a tomar microfotografías del tejido para observar la estructura del tejido vascular.

Experimento 2. Planta

La siembra de la semilla para el experimento 2, fue el día 14 de Octubre de 2005.

Contenido de vitamina C

Se pesaron 20 g de muestra fresca y se colocaron en un mortero, triturándola cuidadosamente con 10 ml de HCl al 2%, enseguida se agregaron 100 ml de agua destilada y se homogeneizó. El contenido del mortero se filtró a través de una gasa hacia un matraz Erlenmeyer para medir el volumen exacto.

Del filtrado se tomaron 10 ml y fueron colocados en otro matraz Erlenmeyer. En una bureta se colocó un volumen conocido de reactivo de Thielmann, titulando la alícuota hasta la aparición de una coloración rosa que no desaparece en 30 segundos.

El contenido de vitamina C, se determinó en base a la siguiente fórmula:

$$\text{mg/100g} = \frac{(\text{ml gastados de R. de Thielmann}) (0.088) (VT) (100)}{VA (P)}$$

Donde:

0.088 = mg de ácido ascórbico equivalente a 1 ml de reactivo de Thielmann

VT= Volumen total en ml del filtrado de vitamina C en HCl

VA = Volumen en ml de la alícuota valorada

P = Peso de la muestra en gramos.

Determinación de minerales (Ca y K)

La determinación de minerales (Ca y K) se realizó en base al fundamento de someter la muestra a temperaturas mayores de 550°C en una mufla hasta la eliminación de materia orgánica, seguida de una combustión para obtener las cenizas del producto. El término de ceniza se refiere a lo que queda de la combustión total de un alimento.

Para la determinación de minerales, la muestra que fue obtenida se digiere en una mezcla de ácido perclórico y nítrico con una relación 1:3 en parillas eléctricas a baja temperatura para evitar salpicaduras, la muestra estará lista cuando ya no existan partículas de muestra. Posteriormente se filtra sobre papel filtro No. 42 sin

cenizas hacia un matraz volumétrico de 100 ml, y se aforo con agua desionizada. Posteriormente se llevo a leer al aparato de absorción atómica, con la lámpara respectiva.

Conteo de Estomas y Células Tabloides

Se realizó el conteo de estomas y células tabloides, a partir de una muestra en has y envés de las hojas en uno de los muestreos realizados. Para realizar el conteo se empleó un microscopio con un aumento de 60 X. El diámetro del campo visual fue de 0.3 mm.

Índice estomático

Para esta variable también se realizó un conteo de estomas y células tabloides colocando las láminas en un microscopio compuesto.

Para calcular el total se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Índice estomático} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de estomas}}{\text{N}^\circ \text{ de celulas tabloides}}$$

Peso fresco aéreo y raíz

Se realizaron seis muestreos en las plántulas, el primero se llevó a cabo el día 2 de Noviembre, y el último muestreo de biomasa fue el día 17 de Diciembre de 2005.

Para cada muestreo las plantas fueron seleccionadas al azar de cada tratamiento de NaCl, se lavaron las raíces para quitar el sustrato adherido entre ellas. Se separo la parte foliar de la raíz y fueron pesadas por separado en una balanza analítica.

Peso seco aéreo y raíz

Después de determinar el peso fresco de la parte aérea y raíz, las muestras fueron colocadas en bolsas de papel de estraza y se metieron a la estufa a secar a una temperatura de 60°C, por tres días, previamente secas se volvieron a pesar para obtener el peso seco.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 1. Contenido de vitamina C (ml/100 gr.) en cuatro variedades contrastantes de maíz cuyas semillas fueron sometidas a tratamiento de irradiación y germinadas en medio salino.

FACTOR	MEDIA
NaCl en el medio de germinación	
0	32.7 a [¶]
200	35.29 a
400	37.74 a
Variedad de maíz	
Grano azul	35.07 a
Vanta tolerante a baja temperatura	32.89 a
Vanra tolerante a baja temperatura	37.66 a
Variedad no tolerante	35.35 a
Irradiación láser	
Semilla irradiada	37.58 a
Semilla no irradiada	32.91 a

[¶]Los promedios seguidos de la misma literal no son diferentes según Fisher ($p=0.05$).

De acuerdo al ANVA, el contenido de vitamina C no se ve afectado por ninguno de los factores experimentales. En anteriores trabajos algunos investigadores generalizan que a menor intensidad de luz durante el crecimiento, menor es el ácido ascórbico que se forma en el tejido de la planta.

En trabajos realizados anteriormente se observó que la vitamina C en mostaza incrementó con más radiación lumínica (Makus y Lester del Departamento de Agricultura en Weslaco, Texas).

Por lo contrario un trabajo realizado en cosecha de melones cantaloupes cultivados con coberturas reflectivas contenía más vitamina C que los melones producidos sin cobertura (Centro Agrícola de Yuma). Es posible que el incremento en el contenido de la vitamina C fuera debido al aumento de irradiación solar en los tejidos de las plantas.

Sin embargo los resultados aquí reportados no indican acuerdo, ya que la irradiación láser no modificó la concentración de esta vitamina en las hojas de las plantas. Una posible explicación es que el estímulo láser único aplicado en las semillas no fuera suficiente para inducir la acumulación de más vitamina C, contrario a lo que ocurre cuando las estructuras vegetativas son expuestas de manera constante a la luz solar, Anónimo (2004).

Cuadro 2. Contenido de minerales (Ca y K) en cuatro variedades contrastantes de maíz cuyas semillas fueron sometidas a tratamiento de irradiación y geminadas en medio salino.

FACTOR	Media contenido de CALCIO (Ca)	Media contenido de POTASIO (K)
NaCl en el medio de germinación (mM)		
0	0.40 a [¶]	1.64 a
200	0.36 a	1.68 a
400	0.38 a	1.75 a
Variedad de maíz		
Grano Azul	0.45 a	1.94 a
Vanta tolerante a baja temperatura	0.37 b	1.51 b
Vanra tolerante a baja temperatura	0.39 ab	1.75 ab
Variedad no tolerante	0.32 b	1.58 b
Irradiación láser		
Con irradiación	0.40 a	1.80 a
Sin irradiación	0.36 a	1.59 a

[¶]Los promedios seguidos de la misma literal no son diferentes según Fisher ($p= 0.05$)

El contenido de minerales (Ca y K) determinados en la planta de maíz no se vio modificado por los factores salinidad e irradiación, según el ANVA, el grano azul presentó diferencias significativas comparándolo con las variedades vanta y no tolerante, siendo el contenido semejante únicamente entre grano azul y vanra. Datos reportados en otros trabajos señalan que en otros cultivos se ha ligado el estrés que provoca el NaCl con deficiencias de macro nutrientes; altas concentraciones de NaCl han inducido deficiencias de P y K en tomate (Adams, 1988; 1991) y en pepino (Sonneveld y Kreij, 1999).

Patel (1973) observó en maíz, sorgo y trigo que el contenido de K en el tejido de la planta disminuye progresivamente con el aumento de la salinidad debido a una absorción más alta de sodio.

Cuadro 3. Porcentaje de germinación en cuatro variedades contrastantes de maíz cuyas semillas fueron sometidas a tratamiento de irradiación y germinadas en medio salino.

FACTOR	MEDIA GERMINACION	MEDIA P. NORMALES	MEDIA P. ANORMALES	MEDIA P. MUERTAS
NaCl en el medio de germinación (mM)				
0	9.28 a [¶]	8.87 a	0.47 c	0.41 b
150	7.56 b	9.66 a	1.40 b	1.03 a
300	0 c	0 b	8.65 a	1.35 a
Variedad de maíz				
Grano Azul	6 a	8.78 a	3.13 a	1.00 a
Vanta tolerante a bajas temperaturas	5.67 a	5.29 a	3.08 a	1.29 a
Vanra tolerante a bajas temperaturas	5.58 a	5.58 a	3.08 a	1.33 a
Variedad no tolerante	5.70 a	5.65 a	4.26 a	0.088 b
Irradiación láser				
Con Irradiación	5.49 a	6.91 a	3.64 a	0.87 a
Sin irradiación	5.98 a	5.70 a	3.13 a	1.00 a

[¶] Los promedios seguidos de la misma literal no son diferentes según Fisher (p= 0.05)

Los datos arrojados por el ANVA reportan que el porcentaje de germinación se vio afectado por las concentraciones de 150 y 300 mM de NaCl, afectando éste último también el porcentaje de plantas normales, los demás factores empleados, no perturbaron el porcentaje de germinación y por tanto de plantas normales. Caso contrario ocurrió en un trabajo donde se evaluó el efecto de cinco potenciales osmóticos creados con cloruro de sodio sobre la capacidad de germinación de las semillas y posterior crecimiento de las plántulas de tres híbridos de maíz (Departamento de Agronomía, Escuela de Ingeniería Agronómica, Universidad de Oriente, Venezuela).

Los resultados aquí obtenidos demostraron que el porcentaje de germinación aumentó. El porcentaje de plantas anormales mostró diferencias significativas únicamente para el factor salinidad en la concentración de 150 mM y el testigo. La variedad no tolerante, al igual que el testigo del factor salinidad, expresaron diferencias significativas en comparación con los demás factores, en el porcentaje de plantas muertas.

En estudios anteriormente realizados, (Ungar, 1978), se ha argumentado que en los ambientes salinos, la adaptación a la salinidad durante la germinación y los estados tempranos de crecimiento de las plántulas, resultan cruciales en la determinación del éxito de su establecimiento. Aún en los últimos estadios del desarrollo la salinidad puede afectar la distribución de las plantas en determinadas especies (Tobe *et al.*, 2000 a y Tobe *et al.*, 2000 b). Resultados similares han sido reportados por otros investigadores (MÉNDEZ-NATERA y MERAZO-PINTO, 1997; MARTÍNEZ, 1999; ALMANSOURI *et al.*, 2001).

Cuadro 4. Tamaño de plántula en cuatro variedades contrastantes de maíz cuyas semillas fueron sometidas a tratamiento de irradiación y geminadas en medio salino.

FACTOR	MEDIA cm. AÉREO	MEDIA cm. RAÍZ
NaCl en el medio de germinación (mM)		
0	10.71 a [¶]	16.86 a
150	6.16 b	11.41 b
300	0 c	0 c
Variedad de maíz		
Grano Azul	7.79 a	13.86 a
Vanta tolerante a bajas temperaturas	7.39 ab	14.21 a
Vanra tolerante a bajas temperaturas	6.47 ab	12.65 a
Variedad no tolerante	11.07 a	13.46 a
Irradiación láser		
Con Irradiación	7.81 a	13.29 a
Sin irradiación	8.38 a	13.79 a

[¶]Los promedios seguidos de la misma literal no son diferentes según Fisher ($p= 0.05$)

El empleo de distintas concentraciones de NaCl, las cuatro variedades y la irradiación, son factores que atribuyen en el crecimiento de la plántula, para comprobarlo se corrió el ANVA obteniendo los siguientes resultados.

La concentración de 150 y 300 mM de NaCl mostró diferencias significativas en comparación con el testigo, tanto a nivel aéreo como en radícula, en tanto que, los otros factores experimentales; variedad e irradiación, no ejercieron cambio alguno sobre el desarrollo de parte aérea y raíz de la planta. Reportes anteriores muestran resultados contrarios (Tapia F.), en la evaluación del efecto de 5 niveles de radiación UV-B (0, 20, 30, 40 y 50 μWcm) en 15 cultivares de maíz, la altura y el área foliar de los plantines mostraron una alta sensibilidad frente a los distintos niveles de UV-B, peso seco aéreo y peso fresco total mostraron mediana sensibilidad, mientras

que el diámetro del tallo, la relación peso seco raíz/peso seco parte aérea, longitud de raíces y el peso específico foliar no fueron buenos indicadores de sensibilidad.

El tipo e intensidad de la respuesta, en relación al testigo (sin UV-B), fue específico para cada parámetro y para cada intensidad de radiación UV-B, en algunos casos los niveles más altos no fueron los más dañinos, lo cual podría indicar que bajo condiciones específicas algunos cultivares desarrollan mecanismos de protección y/o adaptación frente a la UV-B.

Cuadro 5. Conteo de células tabloides, estomas e índice estomático en el primer muestreo, en cuatro variedades contrastantes de maíz cuyas semillas fueron sometidas a tratamiento de irradiación y geminadas en medio salino.

FACTOR	CEL TABLOIDES (células mm⁻²)	FREC. ESTOMÁTICA (estomas mm⁻²)	ÍNDICE ESTÓMÁTICO (%)
NaCl en el medio de germinación (mM)			
0	240,6771 b	52,16733 a	17,72701 a
200	334,0478 a [¶]	57,11881 a	15,09859 b
400	313,5345 a	54,64307 a	15,28154 b
Variedad de maíz			
Grano azul	275,8679 b	50,45789 a	15,53431 ab
Vanta tolerante a bajas temperaturas	308,8778 a	56,82408 a	16,09044 ab
Vanra tolerante a bajas temperaturas	324,2038 a	54,70202 a	14,73680 b
Variedad no tolerante	275,3964 b	56,58829 a	17,78130 a
Irradiación láser			
Con irradiación	294,1412 a	56,94197 a	16,64944 a
Sin irradiación	298,0317 a	52,34417 a	15,42198 a
Superficie			
Haz	293,6697 a	53,16942 a	15,85411 a
Envés	298,5032 a	56,11672 a	16,21731 a

¶ Los promedios seguidos de la misma literal no son diferentes según Fisher ($p=0.05$).

De los factores experimentales empleados, el testigo del factor salinidad, la variedad Azul y la No Tolerante se vieron modificados, indicando que la irradiación no provocó cambio alguno en la micromorfología epidérmica de la hoja, revelando que el número de células tabloides no se modificó en has y tampoco en envés, mostrando diferencias no significativas en cuanto al número de células tabloides. La frecuencia estomática permaneció afín en las hojas, contemplando todos los factores experimentales. El índice estomático presentó diferencias significativas para las concentraciones de 200 y 400 mM de NaCl, así como para la variedad Vanra.

Lo anterior indica que el empleo del diodo láser de baja intensidad sobre la semilla no modificó la anatomía de la planta. Considerando datos de investigaciones anteriores podemos establecer que el tiempo y la intensidad de la luz pueden ser factores que modifiquen el contenido de estomas y por tanto la densidad estomática. Así tenemos que en un estudio sobre la planta *Barleria lupulina* Lindl, utilizando dos regímenes lumínicos diferentes para el crecimiento de las plantas: luz solar total con valores que pueden exceder a los $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y sombra parcial (30% de luz solar).

La conductancia estomática disminuyó en la luz solar total, lo que posiblemente indica un cierre parcial de los estomas ocasionado por la mayor irradiación. El hecho de que la conductancia estomática fuese más baja en el sol que en la sombra, sugiere que los estomas pueden haber cerrado parcialmente como resultado del aumento en la demanda evaporativa en luz solar total o esa mayor conductancia estomática en la sombra podría también ser indicativo de una mayor densidad estomática bajo esa condición.

Cuadro 6. Conteo de células tabloides, estomas e índice estomático en el segundo muestreo, en cuatro variedades contrastantes de maíz cuyas semillas fueron sometidas a tratamiento de irradiación y geminadas en medio salino.

FACTOR	CEL TABLOIDES	FREC. ESTOMÁTICA	ÍNDICE ESOMÁTICO
NaCl en el medio de germinación (mM)			
0	236,6098 b	37,31290 a	13,60459 a
200	234,8414 b	34,30665 a	12,82981 a
400	270,7396 a [¶]	40,31916 a	13,27476 a
Variedad de maíz			
Grano azul	241,6792 b	38,19710 a	13,85542 a
Vanta tolerante al frío	233,4267 b	38,90445 a	14,39065 a
Vanra tolerante el frío	229,6542 b	36,78239 a	13,64319 a
Variedad no tolerante	284,8277 a	35,36768 a	11,05629 b
Irradiación láser			
Con irradiación	234,3698 b	35,36768 a	13,32672 a
Sin irradiación	260,4240 a	39,25813 a	13,14606 a
Superficie			
Haz	247,2201 a	36,90028 a	13,17045 a
Envés	247,5738 a	37,72553 a	13,30233 a

[¶]Los promedios seguidos de la misma literal no son diferentes según Fisher ($p= 0.05$)

Siguiendo lo establecido por Fisher, podemos concluir que al transcurrir el tiempo las diferentes concentraciones de NaCl afecta el contenido de células tabloides, así, el testigo y la concentración de 200 mM demuestran una diferencia significativa en comparación con la concentración de 400 mM, contradictoriamente se observa el contenido de células tabloides en las variedades manejadas, pues los datos obtenidos en el primer muestreo (cuadro 6) demuestran una diferencia significativa entre el grano azul y la variedad no tolerante contrastándolas con la variedad Vanta y Vanra, en el segundo muestreo los datos arrojados demuestran que

las variedades grano azul, Vanta y Vanra presentan diferencias significativas con respecto a la variedad no tolerante, por su parte, la irradiación aplicada provocó cambios en el contenido de células tabloides. El índice estomático presentó diferencia significativa únicamente en la variedad no tolerante.

Cuadro 7. Determinación de la longitud aérea y raíz, en cuatro variedades contrastantes de maíz cuyas semillas fueron sometidas a tratamiento de irradiación y geminadas en medio salino.

FACTOR	MEDIA LONGITUD AEREA	MEDIA LONGITUD RAIZ
NaCl en el medio de germinación (mM)		
0 mM NaCl	105.98 a	68.40 a
200 mM NaCl	106.58 a	59.04 b
400 mM NaCl	101.30 a	53.21 c
Muestra		
Muestra 1	46.76 e	42.27 d
Muestra 2	114.23 c	65.06 b
Muestra 3	101.88 d	54.30 c
Muestra 4	124.80 b	67.54 b
Muestra 5	124.80 b	67.54 b
Muestra 6	144.18 a	73.60 a
Variedad de maíz		
Azul	100.80 ab	62.48 a
Vanta	111.16 a	60.70 a
Vanra	109.94 a	56.78 a
Tropical	96.59 b	60.93 a
Irradiación láser		
Con irradiación	103.66 a	60.55 a
Sin irradiación	105.59 a	59.89 a

¶ Los promedios seguidos de la misma literal no son diferentes según Fisher ($p= 0.05$)

Las concentraciones de NaCl afectaron el crecimiento de la raíz en las plantas, contrariamente ocurrió en la longitud de la parte aérea, por su parte, las muestras 4 y 5 fueron las únicas que permanecieron invariables, observándose que la irradiación no provocó alteración alguna. Para las variedades trabajadas se presentaron diferencias significativas a nivel de longitud de aérea en la variedad azul y tropical mientras que la raíz no se vio afectada.

Cuadro 8. Determinación de Biomasa en cuatro variedades contrastantes de maíz cuyas semillas fueron sometidas a tratamiento de irradiación y geminadas en medio salino.

FACTOR	MEDIA PESO FRESCO AEREO	MEDIA PESO FRESCO RAIZ
NaCl en el medio de germinación (mM)		
0 mM NaCl	70.28 a	15.01 a
200 mM NaCl	79.62 a	13.08 a
400 mM NaCl	52.41 b	9.41 b
Muestra		
Muestra 1	4.18 e	2.56 d
Muestra 2	59.79 c	10.26 c
Muestra 3	43.36 d	8.03 c
Muestra 4	97.23 b	15.77 b
Muestra 5	97.23 b	15.77 b
Muestra 6	134.48 a	27.59 a
Variedad de maíz		
Azul	67 a	13.59 a
Vanta	71.22 a	10.26 b
Vanra	71.51 a	10.41 b
Tropical	60.03 a	15.75 a
Irradiación láser		
Con irradiación	66.22 a	12.47 a
Sin irradiación	68.65 a	12.53 a

^aLos promedios seguidos de la misma literal no son diferentes según Fisher ($p= 0.05$)

De acuerdo a lo establecido por Fisher, la concentración de 400 mM de NaCl, provocó una diferencia significativa en el desarrollo de de la planta tanto en raíz, como en parte aérea. En la determinación del peso fresco de la parte aérea únicamente la muestra 4 y 5 no se vieron afectadas por los factores, siendo que en la raíz las muestras 2 y 3, además de 4 y 5 presentaron mayor tolerancia a los factores aplicados. El peso fresco aéreo no presentó perturbación alguna en las variedades, ocurriendo un caso contrario en la raíz pues las variedades Vanta y Vanra, se mostraron diferentes (aunque entre ellas hubo semejanza) a las variedades Azul y Tropical. La exposición de las semillas a un tiempo corto de irradiación no modificó los parámetros evaluados, sin embargo investigaciones realizadas reportan datos diferentes, donde el factor láser modificó la biomasa de la raíz del peso fresco en trigo (Julia Garnica Serna, 2004)

Cuadro 9. Determinación de peso seco aéreo y radicular en cuatro variedades contrastantes de maíz cuyas semillas fueron sometidas a tratamiento de irradiación y geminadas en medio salino.

FACTOR	MEDIA PESO SECO ÁEREO	MEDIA PESO SECO RAIZ
NaCl en el medio de germinación (mM)		
0 mM NaCl	7.13 a	1.19 a
200 mM NaCl	7.41 a	1.14 a
400 mM NaCl	5.03 b	0.76 b
Muestra		
Muestra 1	0.35 c	.15 e
Muestra 2	6.55 b	.95 c
Muestra 3	6.59 b	.58 d
Muestra 4	7.75 b	1.32 b
Muestra 5	7.75 b	1.32 b
Muestra 6	13.21 a	2.27 a
Variedad de maíz		
Azul	6.27 a	1.10 ab
Vanta	6.67 a	0.83 b
Vanra	7.05 a	0.87 ab
Tropical	6.09 a	1.32 a
Irradiación láser		
Con irradiación	6.38	1.02 a
Sin irradiación	6.66	1.04 a

^aLos promedios seguidos de la misma literal no son diferentes según Fisher ($p= 0.05$)

Los datos determinados según el ANVA señalan que al igual que en el peso fresco, la biomasa se vio afectada por la concentración de 400 mM de NaCl, un trabajo realizado en lechuga, concluyó que el factor sales no provocó ninguna diferencia estadísticamente significativa, ya que la biomasa de las plántulas de las semillas irradiadas sometidas a estrés no mostraron diferencia en comparación con el testigo (Julia Garnica Serna, 2004).

Esto coincide con lo mencionado por Larcher, 1995, quien cita que un retardo en el crecimiento en plantas, es debido al contenido de sales, el cual afecta los procesos como la glicólisis, el ciclo de Krebs y la fotofosforilación.

Las muestras 1 y 6 estadísticamente fueron diferentes contra las demás muestras, por su parte el factor irradiación no afectó a ninguna de las variables. En plantas de lechuga provenientes de semilla irradiada se apreciaron cambios significativos en la biomasa considerando las variables Peso Fresco Aéreo, Peso Fresco Total, Peso Seco Aéreo, Peso Seco Raíz y Peso Seco Total.

Cuadro 10. Peso fresco y seco total en cuatro variedades contrastantes de maíz cuyas semillas fueron sometidas a tratamiento de irradiación y geminadas en medio salino.

FACTOR	MEDIA FRESCO TOTAL	MEDIA SECO TOTAL
NaCl en el medio de germinación (mM)		
0 mM NaCl	85.30 a	8.32 a
200 mM NaCl	92.70 a	8.55 a
400 mM NaCl	61.82 b	5.80 b
Muestra		
Muestra 1	6.74 e	0.50 d
Muestra 2	70.05 c	7.51 bc
Muestra 3	51.40 d	7.17 c
Muestra 4	113.0 b	9.08 b
Muestra 5	113.0 b	9.08 b
Muestra 6	162.06 a	15.50 a
Variedad de maíz		
Azul	80.57 a	7.37 a
Vanta	81.48 a	7.50 a
Vanra	81.93 a	7.92 a
Tropical	75.79 a	7.41 a
Irradiación láser		
Con irradiación	78.70 a	7.40 a
Sin irradiación	81.19 a	7.70 a

^aLos promedios seguidos de la misma literal no son diferentes según Fisher ($p= 0.05$)

Los datos reportados demuestran que la concentración de 400 mM de NaCl, provocó una diferencia significativa en la biomasa de la planta (parte aérea y raíz), sin embargo trabajos anteriores han reportado que en plántulas de semillas de trigo irradiadas sometidas a estrés salino no se encontró ninguna diferencia significativa en las variables evaluadas ya que todos los tratamientos se comportaron estadísticamente iguales al testigo. Esto coincide con lo mencionado por Larcher,

1995, quien cita que un retardo en el crecimiento en plantas, es debido al contenido de sales, el cual afecta los procesos como la glicólisis, el ciclo de Krebs y la fotofosforilación.

Las muestras 4 y 5 mostraron una mayor tolerancia a los factores aplicados, en tanto que las variedades no resultaron alteradas y el empleo del diodo láser no generó cambios en la biomasa., datos contrarios se han encontrado en otras investigaciones, Ouf y Abdel-Hady, 1999; Ivanova y Stoyanova, 2000, citan que la irradiación de semillas con laceres de baja intensidad da lugar a incremento en la biomasa de las plantas.

Descripción de cortes transversales de la radícula de plántulas de maíz

A continuación se presentan los resultados descriptivos de la comparación de la estructura anatómica de la radícula de las plántulas.

TEJIDO VASCULAR DE LAS VARIEADES VANTA (V2), VANRA (V3) Y TROPICAL (V4)

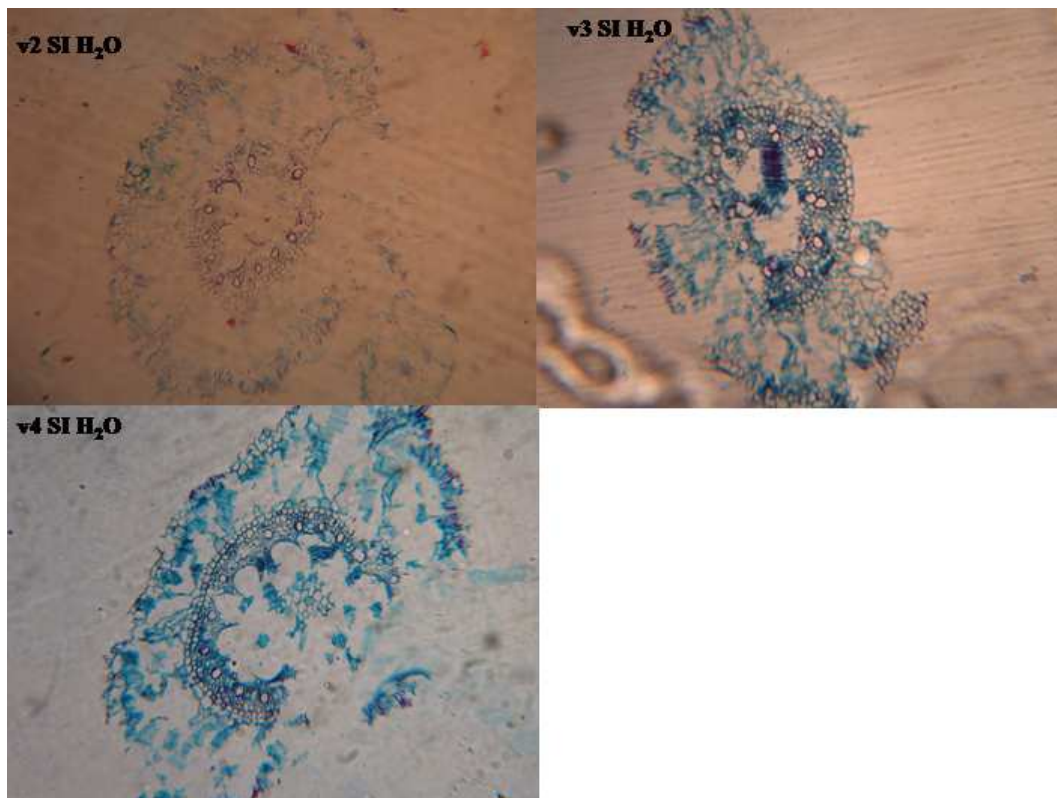


Figura 3. Análisis del tejido vascular de diferentes variedades (aumento de 10X)

En la figura anterior se puede observar que los tejidos de distintas variedades presenta una apariencia similar en tamaño y conformación, sobre todo en el sector de los haces vasculares. Este hecho permite comprobar que en ausencia de estímulos láser o salinidad las distintas variedades toman una conformación análoga.

TEJIDO VASCULAR EN VARIEDAD VANTA (V2), VANRA (V3) Y TROPICAL (V4)

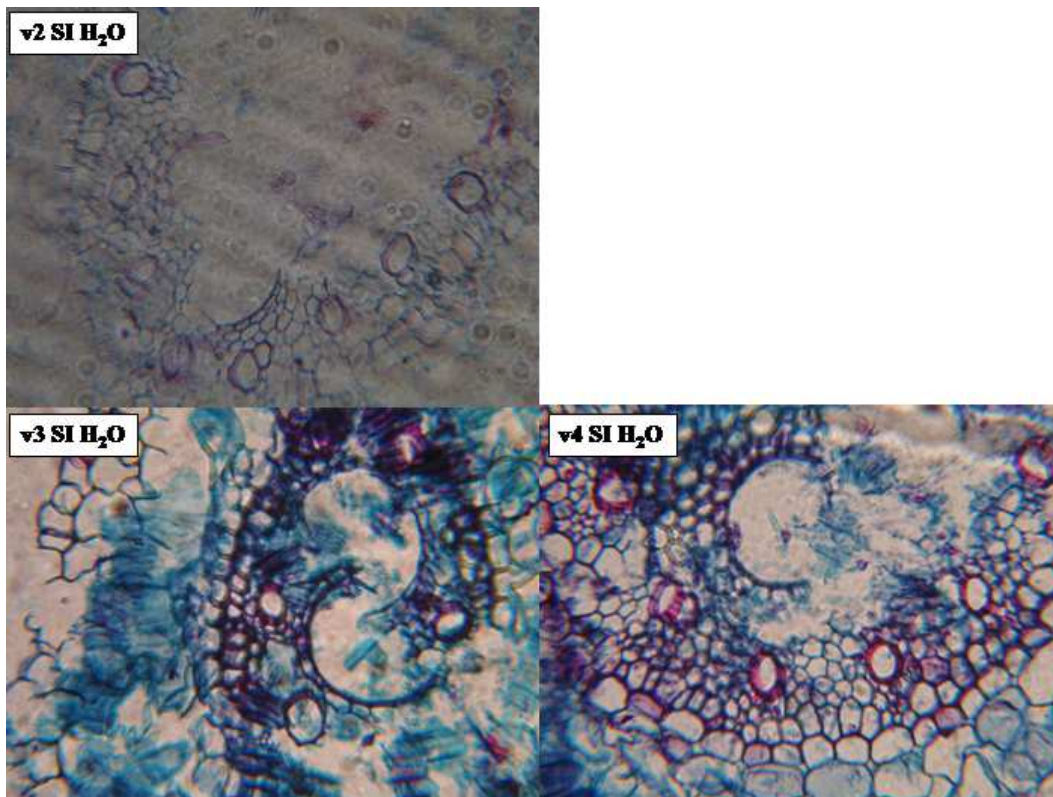


Figura 4. Análisis de tejido vascular de diferentes variedades (aumento de 40X)

Con mayor aumento es posible constatar las diferencias en el tamaño y número de haces vasculares de xilema y floema, así como de las células parenquimáticas del cortex de la raíz.

FACTOR IRRADIACIÓN EN VARIEDAD VANTA (V2) Y VANRA (V3)

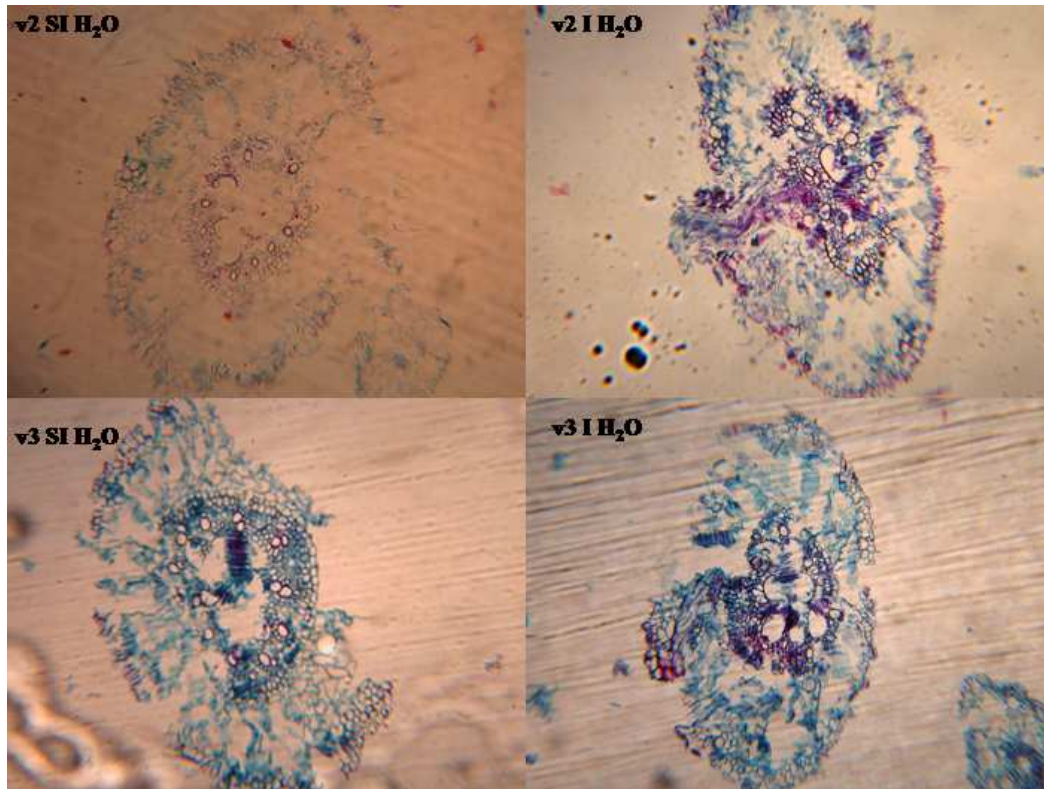


Figura 5 Comparación del factor irradiación en dos variedades (aumento 10X)

Al realizar la comparación de tejidos se aprecia que en ausencia de salinidad la irradiación provoca una disminución en el tamaño del tejido parenquimático, así como en el tamaño del xilema y floema.

FACTOR IRRADIACIÓN Y SALINIDAD EN VARIEDAD VANRA (V3)

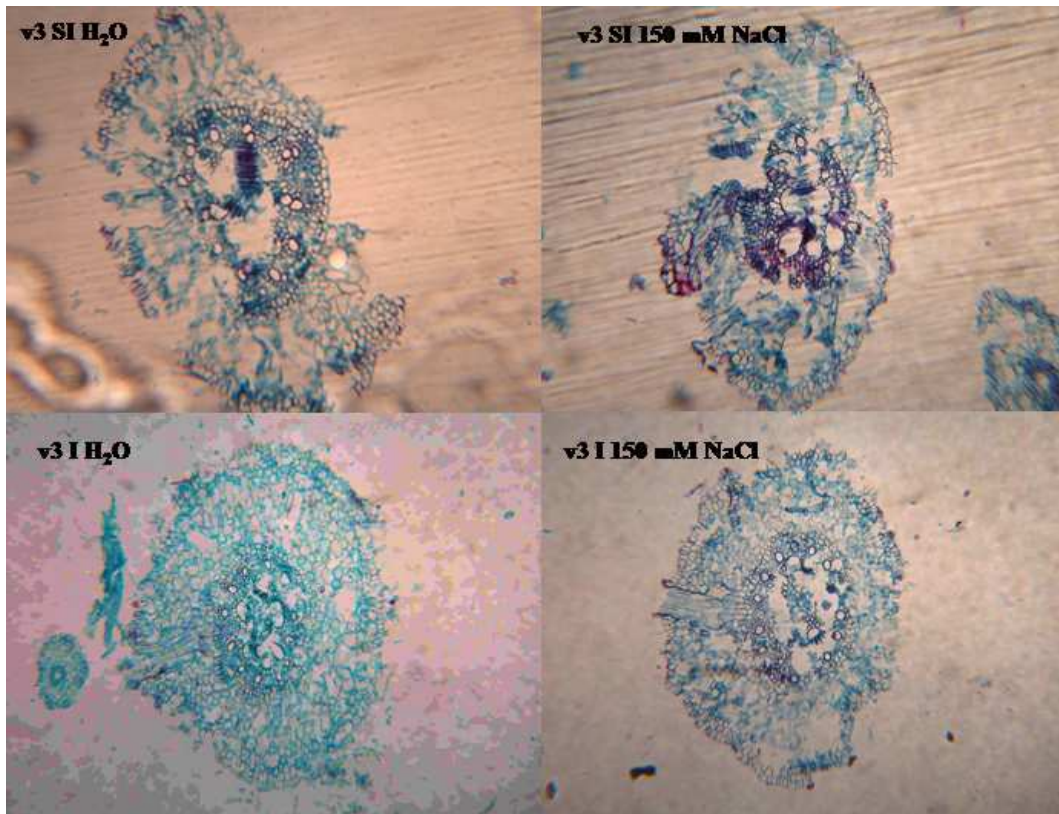


Figura 6 Comparación de los factores irradiación y salinidad (aumento 10X)

Lo establecido en la figura anterior se confirma al realizar la comparación en esta imagen, pues en ausencia de salinidad el factor irradiación modificó el tamaño del tejido parenquimático y vascular. Por su parte el factor salinidad en ausencia de irradiación afecta igualmente el desarrollo del tejido, mientras que la irradiación en tejidos que fueron tratados con salinidad redujo en menor medida el tamaño de las células.

FACTOR IRRADIACION Y SALINIDAD EN VARIEDAD TROPICAL (V4)

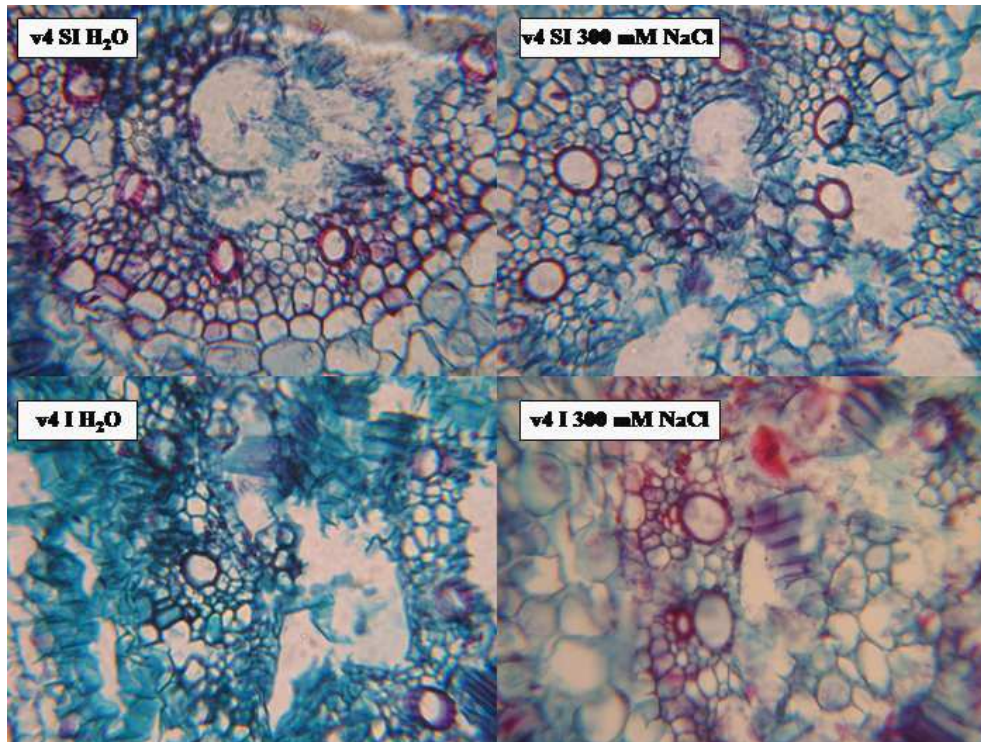


Figura 7 Comparación de los factores irradiación y salinidad en dos variedades (aumento de 40X)

Nuevamente se aprecia que la irradiación disminuye el tamaño de los tejidos en ausencia de salinidad, mientras que una concentración elevada de sales en ausencia de irradiación, parece aumentar el tamaño del tejido vascular, manteniéndose igual con la irradiación.

Dado el desconocimiento general acerca de las relaciones entre los caracteres de los haces vasculares y las variables de calidad y crecimiento, es difícil discutir el impacto del aumento o disminución del tamaño celular. Es interesante sin embargo, la capacidad de la radiación láser de baja intensidad, de inducir cambios en este nivel en las plántulas provenientes de las semillas irradiadas. La respuesta general se parece a la observada en presencia de estrés oxidativo, es decir, disminución del tamaño celular. Es posible entonces que las vías de señalización y las

modificaciones en la expresión génica inducidas por el estímulo láser sean análogas a las observadas bajo ciertos tipos de estrés.

DESCRIPCION DE PESO FRESCO EN PLANTA COMPARANDO FACTORES DE IRRADIACION Y NaCl.

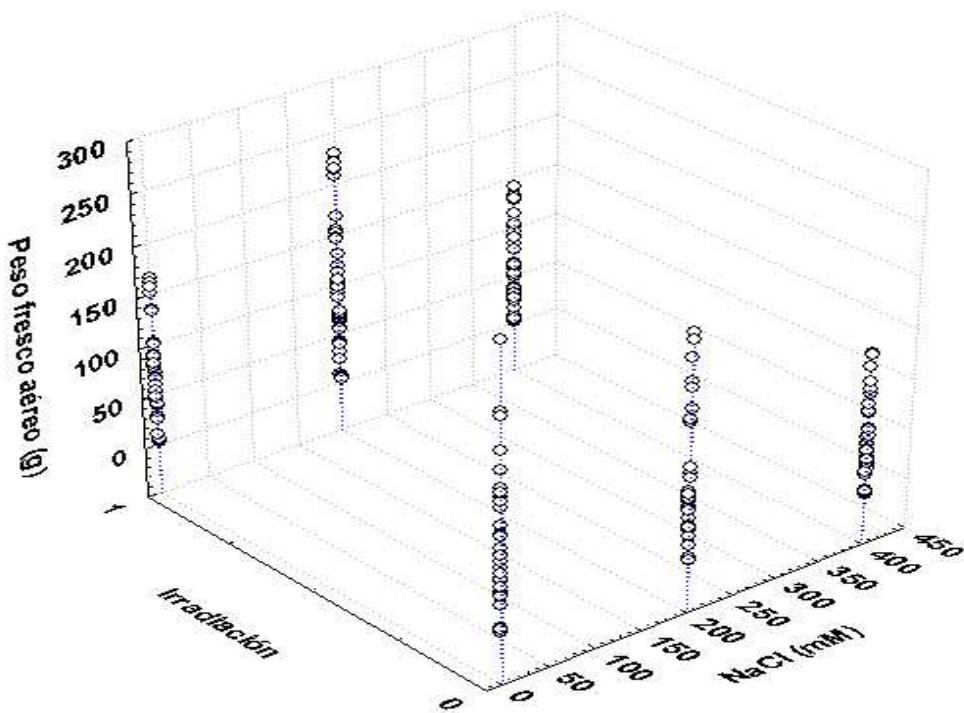
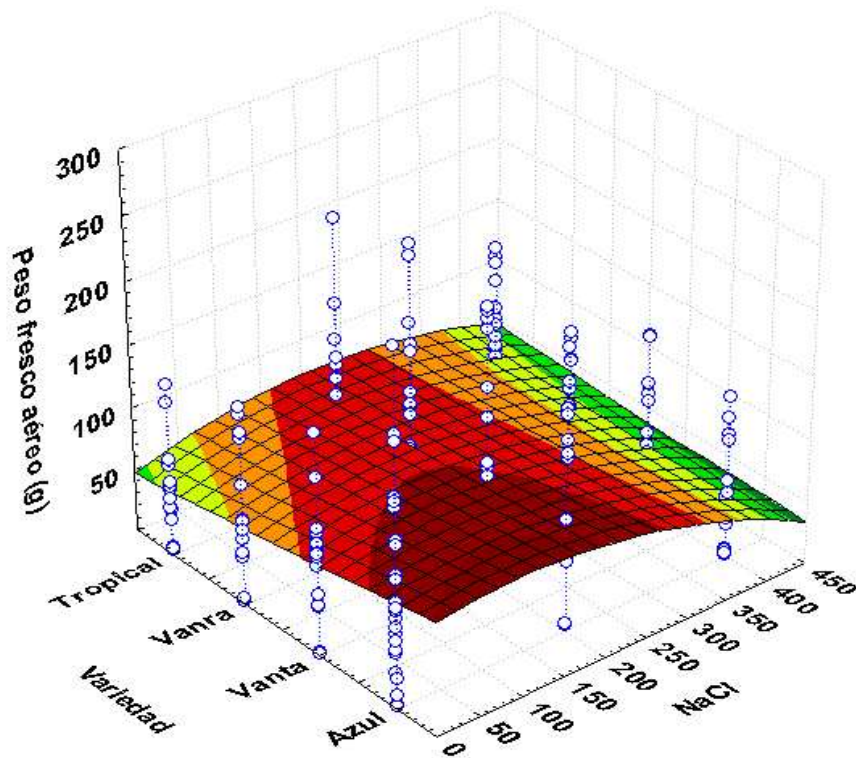


Figura 8. Descripción de peso fresco en planta comparando factores de irradiación y NaCl.

Observando la gráfica anterior podemos concluir que la concentración de sal, reduce el crecimiento del área foliar. Por su parte, la irradiación aumentó el crecimiento en área foliar a una concentración de 200 mM de NaCl, reduciéndose con la concentración de 400 mM de NaCl.

DESCRIPCION DE PESO FRESCO EN PLANTA COMPARANDO FACTORES DE VARIEDAD Y NaCl.



$$pfa = 6187.2683 - 3.0204 * x - 108.5365 * y - 0.0005 * x * x + 0.031 * x * y + 0.4764 * y * y$$

Figura 9. Descripción de peso fresco en planta comparando factores de variedad y NaCl.

Observando la gráfica, se concluye que la variedad azul, tolera en mayor grado la concentración de NaCl, la variedad Vanta aumenta la tolerancia a una concentración de 200 NaCl aunque el porcentaje disminuye con una concentración de 400 NaCl, el mismo caso se presentó con la variedad Vanra. Se observa notablemente que la variedad Tropical, es la menos tolerante a la salinidad.

CONCLUSIONES

- a) El factor irradiación no modificó el porcentaje de germinación, ocurriendo caso contrario con las concentraciones de NaCl, pues la germinación en una concentración de 200 mM de NaCl presento diferencias significativas, en tanto que la concentración de 400 mM de NaCl produjo cambios altamente significativos para la germinación.
- b) El factor irradiación no modificó la concentración de vitamina C en las plantas. Tampoco tuvo efecto alguno sobre la concentración de minerales (Ca y K)
- c) Las variedades que fueron manejadas y son tolerantes a bajas temperaturas (Vanta y Vanra) no presentaron una tolerancia mayor a la salinidad, tal y como se reflejó en la figura 9.
- d) El factor irradiación aplicado modificó el tamaño y número del xilema y floema en las variedades manejadas.

BIBLIOGRAFÍA

Allard, G., C. J. Nelson and S. G. Pallardy. 1991^a. A. Shade Effects on Growth of Tall Fescue: I Life Anatomy and Dry Matter Partitioning. *Crop Sci.* 31. 163 – 167 U.S.A.

Anónimo (2004). *Western Vegetable Newsletter Vol 2(5)*. University of Arizona. <http://ag.arizona.edu/crop/vegetables/quality/spanish/newsletter/2004/westvegspan1004.html>

ALMANSOURI, M., J. M. KINET and S. LUTTS. 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil* 231: 243-254.

Adams P. 1988. Some responses of tomatoes grown in Nutrient Film Technique to sodium chloride. *Proc. 7. International Cong. Soilless Culture*, 59-70.

Adams P. 1991. Effect of Increasing the Salinity of the nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on the yield quality and composition of tomato grown in Rockwool. *J. Hort. Sci.* 66(2), 201-207.

Benavides, M. A. 2000. *Ecofisiología y Bioquímica del Estrés en Plantas*. UAAAN, México.

Berger. D. L. Willmitzer and T. Altamirano. 1997. Molecular / genetic analysis of stomatal development. 8th International Meeting on Arabidopsis Research. Madison, Wisconsin.

http://genome-www.tanford.edu/Arabidopsis/madison97/al97abs/imar_3-1.html

Dolstra, O., Haalstra, S.R., van der Putten, P.E.L. & Schapendonk, A.H.C.M. 1994. Genetic variation for resistance to low-temperature photoinhibition of photosynthesis in maize. *Euphytica*, 80: 85-93.

Esau, K. 1972. Anatomía vegetal. Segunda Edición, ediciones Omega S. A. Barcelona spaña. Pp. 179 – 181

EFFECTOS LUZ SOBRE ESTOMAS

<http://cals.arizona.edu/crop/vegetables/quality/spanish/newsletter/2004/westvegspan0704.html>

Gossett D.R., E.P. Millhollon and M.C. Lucas. 1994. Antioxidant response to Na Cl stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton. *Crop Sci.* 34:706-714.

Giavelli, S., G. Fava, G. Castronuovo, L. Spinoglio, A. Galanti. 1998. LLLT in osteoarticular diseases in geriatric patients. *Radiol. Med.* 95:303-309.

Gladyszewska, B., R. Kopper, K. Kornarzynski. 1998a. Application and results of pre-sowing laser biostimulation of tomato seeds. *Inzynieria Rolnicza* 2:37-44.

Hochmunth G.J., Hochumunth R. C. & Donley M. E. 1993. Eggplant yield in response to potassium fertilization on sandy soil. *Hort Science* 28 (10). 1002 – 1005.

Howard, 1969. Stomatal Density and Responsiveness of Banana Fruit Stomates *Plant Physiology* 41:99-101

Ivanova, R. and S. Stoyanova. 2000. Effect of presowing irradiation of seed from winter rapeseed by helium-neon laser on the growth, yield and quality of the green mass. *Biotehnologija-u-stocarstvu* 16:75-83.

- Julia Garnica Serna, 2004. Respuesta al estrés y crecimiento de plántulas cuyas semillas fueron irradiadas con láser de baja intensidad en el cultivo de trigo (*triticum aestivum* L.) y lechuga (*lactucasativa* L.), UAAAN, 2004).
- Koper, R., B. Kornas-Czuczuwar, T. Prochniak, J. Podlesny. 1999. Effect of pre-sowing laser biostimulation of white lupine seeds on mechanical properties of crop yield. *Inzynieria Rolnicza* 2:21-28.
- Lin W. C. & Ehret D. L. 1991. Nutrient concentration and fruit thinning affect shelf life of long English cucumber... *Hort Science* 26 (10): 129 – 1300.
- Lamb M. J., Clough G. H. & Hemphill D. D., Jr., 1993. Pretransplant watermelon nutrition with various nitrate: ammonium ratios and supplemental calcium. *Hort Science* 28 (2), 101 – 103.
- Larcher, W. 1995. *Physiological Plant Ecology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 506 p.
- MÉNDEZ-NATERA, J. R. y J. F. MERAZO-PINTO. 1997. Efecto de la salinidad sobre la germinación de semillas de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y maíz (*Zea mays* L.) cv. PB-8 bajo condiciones de laboratorio. *SABER* 9 (1): 54-61.
- MARTINEZ, L. E. 1.999. Efecto del estrés de temperatura y de sequía en la germinación y crecimiento inicial de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L) con cuatro contenidos de humedad inicial de las semillas. Trabajo presentado a la Universidad de Oriente para obtener el Título de Magíster Scientiarum en Agricultura Tropical.
- Melton R. Regina & Dufault J. Robert. 1991. Nitrogen, phosphorus and potassium fertility regimens affect tomato transplant growth. *Hort Science* 26 (2): 141 – 142

Miedema, P. 1982. The effects of low temperature on *Zea mays*. *Adv. Agron.*, 35: 93-129.

.Ouf, S.A., N.F. Abdel-Hady. 1999. Influence of He-Ne laser irradiation of soybean seeds on seed mycoflora, growth, nodulation, and resistance to *Fusarium solani*. *Folia-Microbiol.* 44:388-396.

Patel P. M. 1973. Salinity-fertility interactions for five different crops in relation to yield and chemical composition. *Diss. Abstr. Intern.* 34, 20

Piña, J.M. 1994. El cultivo del chícharo (*Pisum sativum L*) su res`puesta bajo condiciones de acolchado de suelos y azufre elemental. Tesis de Licenciatura en Biología. División de Ciencias Biológicas, ICCAC. Saltillo, Coahuila.

Proyecto: Inach 164-02 Programa Institucional Antártico de la Universidad de Chile (Pia)

<http://www.dna.gov.ar/CIENCIA/SANTAR04/CD/PDF/205BB.PDF+radiacion+maiz&hl=es&gl=mx&ct=clnk&cd=1>

Radoglou, K. M. and P. G. Jarvis. 1992. The effects of CO₂ enrichment and nutrient supply on growth morphology and anatomy of *Phaseolus vulgaris L* seedlings. *Ann. Bot.* 7: 254 - 256

Rhyle, G. J. A. and J. Stanley. 1992. Effect of elevated CO₂ on stomatal size and distribution in perennial ryegrass. *Ann. Bot.* 69: 563 – 565.

Ramonell, K.M., M.L. Crispi and M. E. Musgrave. 1997. Changes in stomatal density in *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. Growth under low oxygen atmospheres. 8th International Meeting on *Arabidopsis* Research. Madison. Wisconsin.

[www.stanford.edu/Arabidopsis/madison97/at97abs/imar 6-22 html](http://www.stanford.edu/Arabidopsis/madison97/at97abs/imar%206-22.html)

Sonneveld C and C Kreij (1999) Response of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to an unequal distribution of salt in the root environment. *Plant Soil*. 209, 47-56.

TOBE, K.; LI, K. and OMASA, K. 2000. a. Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kalidium capsicum* (Chenopodiaceae). *Annals of Botany* 85: 391-396.

TOBE K., LI K. and OMASA, K. 2000. b. Effects of sodium chloride on seed germination and growth of two Chinese desert shrubs, *Haloxylon ammodendron* and *H. persicum* (Chenopodiaceae). *Aus. J. Bot.* 48: 445-460.

Tapia F., María Luisa; Faúndez F., Natalia Leonor; Castillo G, María Haydée
Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santa Rosa 11315,
Santiago, Chile. Casilla Postal 1004. E-mail: mtapia@uchile.cl

UNGAR, I. A. 1978. Halophyte seed germination. *Botanical Review* 44: 233-264.

Walworth J. L., Carling D. E. & Michaelson G. J. 1992. Nitrogen sources and rates for direct – seeded and transplanted head lettuce. *Hort Science* 27 (3), 228 – 230.

Woledge, J. 1977. The effects of Shanding and Cutting Treatments on the Photosyntetic Rate of yegrass Leaves. *Ann. Bot.* 41: 1279 – 1286. U.K.

Woodward, F. I. 1987. Stomatal numbers are sensitive to increases in CO₂ from pre-industrial levels. *Nature* 327: 617 – 618.

