

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
DEPARTAMENTO DE BIOTECNOLOGÍA Y CIENCIAS ALIMENTARIAS

EVALUACIÓN DEL ÁCIDO SOBRE CULTIVOS DE TRIGO (*Triticum Aestivum* L.) y FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris* L) EN INVERNADERO BAJO CONDICIONES DE HIDROPONIA.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO BIOTECNÓLOGO

PRESENTA

MARCO ANTONIO MORA GALLARDO

CD. OBREGÓN SON.

AGOSTO DE 2005

INDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
LISTA DE CUADROS -----	iv
LISTA DE FIGURAS -----	v
RESUMEN -----	vii
I. INTRODUCCIÓN -----	1
1.1. Generalidades -----	1
1.2. Justificación -----	2
1.3. Objetivo -----	2
1.4. Hipótesis -----	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA -----	3
2.1. Reguladores de crecimiento -----	3
2.2. Efecto del ácido salicílico en las plantas -----	4
2.3. Hidroponía -----	5
2.3.1. Ventajas de la hidroponía -----	6
2.3.2. Desventajas de la hidroponía -----	7
III. MATERIALES Y MÉTODOS -----	8
3.1. Diseño experimental y tratamientos -----	8
3.2. Metodología de tinción y montaje -----	11
3.3. Variables a evaluar -----	12
3.4 Metodología de las mediciones -----	12
3.4.1 Área foliar -----	12
3.4.2 Peso seco de hojas -----	12
3.4.3 Longitud de raíz -----	13
3.4.4 Peso seco de raíz -----	13
3.4.5. Observación en microscopio de las células de raíz -----	14

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	15
4.1. Frijol -----	15
4.1.1. Área foliar -----	15
4.1.2. Peso seco de hoja -----	16
4.1.3. Longitud de raíz -----	18
4.1.4. Peso seco de raíz -----	19
4.1.5. Observación al microscopio de células de raíz -----	20
4.2. Trigo -----	21
4.2.1. Área foliar -----	21
4.2.2. Peso seco de hojas -----	23
4.2.3. Longitud de raíz -----	24
4.2.4. Peso seco de raíz -----	25
4.2.5. Observación en microscopio de células de raíz -----	27
V. CONCLUSIONES -----	32
VI. BIBLIOGRAFÍA -----	33

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a **Dios** nuestro señor, por haberme ayudado a finalizar este trabajo de investigación, que esta aventura bella y constructiva me lleve a amar más a mis seres queridos. Por darme la oportunidad de nunca haber perdido la fe de llegar a éste momento tan especial.

Al **Dr. MARCO ANTONIO GUTIÉRREZ C.** Por haber sido más que un asesor, un gran amigo y una persona muy paciente. Gracias por su apoyo, consejos y sabiduría compartida.

A mis co-asesores **Q .GUADALUPE AGUILAR, M.C. OLGA CAMPOS, M.C AMADA TAMAYO**, ya que gracias a su colaboración pude finalizar éste trabajo de tesis. Por su apoyo y tiempo dedicado a la revisión de este trabajo. Gracias.

Al personal de la **DIEP**, en especial a la maestra **Q. GUADALUPE AGUILAR**, por sus consejos profesionales, por las facilidades prestadas para la culminación de este trabajo.

Al personal de veterinaria: **Martha Treviño** por dedicar tiempo y consejos durante este trabajo.

AL COORDINADOR DE LA CARRERA: **M.C. LAURA E. GASSOS ORTEGA**, por toda su ayuda para mi formación profesional y las facilidades para la aplicación del examen.

DEDICATORIA

A mi PADRE **Lic. ANTONIO MORA HERNÁNDEZ**. Porque te debo lo que soy, éste trabajo es un agradecimiento hacia ti por esa gran lucha y esfuerzo por darnos educación, porque fuera alguien en la vida. Nos has demostrado que mientras hay vida, esperanza y metas que cumplir. Que a pesar de cualquier enfermedad tenemos que levantarnos y seguir luchando por nuestros seres queridos. Papá eres: mi ejemplo, un gran amigo, un gran compañero, pero sobre todas las cosas el mejor padre del mundo. Muchas gracias por estar siempre a mi lado.

A mi **MADRE Sra. CARMEN GALLARDO MARTÍNEZ DE MORA**. Agradezco tantos consejos que me has dado, la fe que nunca perdiste de ver llegar éste día tan importante para mí vida. La paciencia es una gran virtud que tienes, esa sonrisa, esa alegría son tu sello característico. Se dice que después de un gran hombre hay una gran mujer y tú eres la mejor. Fruto de tu vientre mamá, me diste un ejemplo de respeto, superación. Te quiero y que Dios te bendiga. Gracias.

A mi **ESPOSA Sra. CLAUDIA GABRIELA MARTÍNEZ RODRIGUEZ**. Mi amor, por diversas cuestiones, hoy estoy culminando éste trabajo, que hace mucho tiempo debí haber terminado. Más sin embargo, sin tu apoyo, sin tú motivación y carisma nunca hubiera logrado éste proyecto. Cada día que pasa le agradezco a Dios por tener a una esposa como tú. Mis hijas y tú son lo más importante para mí ten fe de que nos esperan tiempos muy buenos. TE AMO.

A mis Hijas **SAMANTHA ROMINA, MARIA ANDREA y MI CHIQUITO** (que esta por llegar). Lo que tengo y hago es por ustedes, los llevo en mi corazón a cada instante, iluminan mi vida cada día y son el fruto del amor de su mamá y yo.
GRACIAS POR SER PARTE DE MI VIDA.

A mis **Hermanos: Hugo, Noemí y Blanca**, forman una parte muy importante de mi vida y de este trabajo. Juntos hemos pasado momentos muy alegres, pero también momentos muy difíciles, debemos demostrarle a nuestros padres que su esfuerzo de darnos estudio no ha quedado en balde, Titúlense. **Hugo** siempre serás mi mejor amigo, te extraño. **Mimi** lucha por ti y tus hijos, sigue adelante. **Blanca** mi hermana menor y la más enojona. Te quiero, supérate. **GRACIAS. LOS QUIERO.**

A MIS SUEGROS **LIC. MARIO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ y ERNESTINA RODRÍGUEZ**, gracias por estar en todo momento. Me han depositado la confianza de tener a su hija como mi esposa, no soy perfecto, pero trato de dar siempre lo mejor. Gracias por sus bendiciones, su apoyo y darme la oportunidad de ingresar a su familia.

A **Lic. JESÚS SAUCEDO VARELA**, me diste la oportunidad de ingresar al mundo de la educación. Mi jefe, mi maestro, mi compañero y con el tiempo uno de mis mejores amigos. Gracias.

A **COLEGIO LOURDES** a mi jefe y director **ING. MANUEL BERNAL** por su apoyo y parte importante en mi formación docente, a mis compañeros de trabajo: **LIC. PEDRO BERNAL**, gracias por ser un buen amigo y compañero, **LIC. ARTURO RUIZ**, por su apoyo y confianza en todo momento, **Dr. Reyna, Lic. Santiago Mercado, Adelaido, Manuelito y Doña chuyita, Lic. Oscar Silva.**

A los colegios **INSTITUTO METROPOLITANO, CONALEP Y COLEGIO SONORA** por ser parte importante en la formación profesional. **Gracias**

A mis grandes amigos, **ING. MANUEL DE LA PEÑA. ING. HÉCTOR CORONADO, LIC. ELIZABETH MAVITA, LIC. ANA LUISA RIOS.** Gracias

LISTA DE CUADROS

CUADRO	Pág
1. Preparación de la solución de fierro. -----	9
2. Preparación de la solución de elementos menores.-----	9
3. Preparación de la solución completa -----	10

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág
1. Efecto del ácido salicílico en el área de frijol en hidroponía -----	16
2. Efecto del ácido salicílico en el peso seco de hojas de frijol en hidroponía -----	17
3. Efecto del ácido salicílico en la longitud de raíz de frijol en hidroponía -----	18
4. Efecto del ácido salicílico sobre peso seco de hojas de frijol en hidroponía -----	20
5. Efecto del ácido salicílico en el área foliar de trigo en hidroponía -----	22
6. Efecto del ácido salicílico sobre peso seco de hoja de trigo en hidroponía -----	23
7. Efecto del ácido salicílico en la longitud de raíz de trigo en hidroponía -----	24
8. Efecto del ácido salicílico en el peso seco de raíz de trigo en hidroponía –	26
9. Efecto del ácido salicílico en plantas testigo durante el desarrollo celular de raíces de frijol en incubadora bajo condiciones de hidroponía. -----	28
10. Efecto del ácido salicílico con dosis 10^{-8} M durante el desarrollo celular de raíces de frijol en invernaderos bajo condiciones de hidroponía. -----	28

11. Efecto del ácido salicílico con dosis 10^{-6} M durante el desarrollo celular de raíces de frijol en invernaderos bajo condiciones de hidroponía ----- 29
12. Efecto del ácido salicílico con dosis 10^{-8} M durante el desarrollo celular de raíces de frijol en invernaderos bajo condiciones de hidroponía. ----- 29
13. Efecto del ácido salicílico en plantas testigo durante el desarrollo celular de raíces de trigo en invernaderos bajo condiciones de hidroponía. ----- 30
14. Efecto del ácido salicílico con dosis 10^{-8} M durante el desarrollo celular de raíces de trigo en invernaderos bajo condiciones de hidroponía. ----- 30
15. Efecto del ácido salicílico con dosis 10^{-4} M durante el desarrollo celular de raíces de Trigo en invernadero bajo condiciones de hidroponía ----- 31
16. Efecto del ácido salicílico con dosis 10^{-6} M durante el desarrollo celular de raíces de trigo en invernadero bajo condiciones de hidroponía ----- 31

RESUMEN

Los fitorreguladores son sustancias sintéticas que en pequeñas concentraciones tienen algún efecto en la fisiología de las plantas. Se utilizan en la agricultura con diferentes propósitos, pero principalmente para obtener altos rendimientos y mayor calidad de los productos agrícolas.

Para lograr el objetivo de este trabajo, se utilizó un fitorregulador, como es el caso del ácido salicílico ya que se han demostrado en investigaciones anteriores que ha ejercido efectos satisfactorios en el crecimiento de las plantas. El ácido salicílico se aplicó en invernadero bajo hidroponía en diferentes dosis (10^{-4} M, 10^{-6} M, 10^{-8} M y un testigo), a cultivos de frijol y trigo en etapa de plántula. Para observar la acción que ejerció dicho ácido se evaluaron variables como: área foliar, peso seco de hojas, longitud de raíz, peso seco de raíz y por último la observación al microscopio de las células de la raíz.

En frijol la dosis más efectiva para el área y peso seco foliar fue la concentración 10^{-8} M con valores muy encima del testigo en un 145 y 133.33% respectivamente, presentando sólo diferencia significativa en el área foliar.

En la variable longitud de raíz la que dio efecto positivo fue AS 10^{-6} M con un 118.18% con respecto al testigo y en el peso seco raíz fue en AS 10^{-8} M respectivamente.

Para el caso del trigo, en las variables de área foliar, la dosis AS 10^{-4} M fue la mejor con un 36.36% con respecto al testigo, en peso seco de hoja la dosis 10^{-6} M superó al testigo en un 15.9%.

En las variables longitud de raíz y peso seco de raíz se vieron afectados positivamente con la dosis más concentrada que es 10^{-4} M con valores de 8.08 y 38.88% por encima del testigo.

En lo que respecta a la observación de células al microscopio en plántulas de frijol y trigo se notó satisfactoriamente el efecto del ácido salicílico en cuanto al tamaño de células.

Lográndose un mayor crecimiento en la dosis 10^{-6} y 10^{-8} con respecto al frijol, mientras que en la dosis 10^{-4} M se estima un crecimiento mayor con respecto al testigo y un poco menor a las dosis anteriores.

Para el caso de las plántulas de trigo el efecto del ácido salicílico fue positivo ya que en las dosis 10^{-4} y 10^{-6} M se obtuvo un aumento considerable en comparación al testigo, mientras que en la dosis 10^{-8} M se estima un incremento un poco menor a las dosis anteriores y mayor con respecto al testigo.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades

En los últimos años la producción de frijol y trigo ha llegado a tener una gran importancia, esto debido a la demanda comercial, derrame económico, el aporte de nutrimentos, además de una parte importante en la dieta básica del hombre, estos mismos son los cultivos por excelencia de México con relación a los demás países latinoamericanos.

El crecimiento y desarrollo de las plantas forman una combinación de diversos eventos en diferentes niveles, desde lo biofísico y bioquímico hasta el organismo. Una pequeña cantidad de sustancias naturales en las mismas controla su crecimiento y desarrollo, pero varios procesos como la iniciación de las raíces, el establecimiento y terminación de los procesos de letargo y reposo, floración, formación y desarrollo de los frutos, abscisión, senescencia y ritmo de crecimiento se encuentran bajo control hormonal. Con frecuencia en muchas plantíos agrícolas pueden modificarse estos procesos en provecho del hombre, mediante la aplicación de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal y es muy posible que todos los procesos biológicos de ellas se controlen de esta forma. La experimentación de las plantas herbáceas, primeramente con sustancias de origen endógeno y posteriormente con sustancias sintéticas, ha conseguido en muchos

cultivos, la manipulación del equilibrio hormonal sea una práctica habitual; es por que eso que en la actualidad se han utilizado fitoreguladores en forma considerable para la modificación del desarrollo vegetal en sus diversos estadios: germinación de semilla, desarrollo vegetativo, floración y fructificación.

Entre los fitoreguladores empleados para mejorar los cultivos se han utilizado: los ácidos polihidroxicarboxílicos y salicílicos que son compuestos orgánicos sintetizados por los tejidos vegetales a través de su respiración y procesos fotosintéticos. Son importantes para estimular la adsorción de elementos minerales.

1.2. Justificación

En base a todos los esfuerzos que se han realizado para mejorar el rendimiento, hoy en día se ha incrementado el número de investigaciones con el fin de conocer los efectos que tendrán sobre el cultivo de trigo y frijol , algunas formulaciones del ácido salicílico (AS), para lograr los propósitos en la planta como obtener una mayor producción.

1.3. Objetivo

Evaluar la actividad del ácido salicílico a distintas dosis sobre cultivos de trigo (*Triticum aestivum* L.) y Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en invernadero bajo condiciones de hidroponía, para observar el crecimiento aéreo y de raíces.

1.4. Hipótesis

El ácido salicílico actúa como un regulador del crecimiento afectando de manera positiva el desarrollo de las plantas en el crecimiento aéreo y radical de trigo (*Triticum aestivum* L.) y Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Reguladores de crecimiento

Los fitorreguladores son compuestos químicos capaces de intervenir en el metabolismo que actúa en muy pequeñas concentraciones para activar o deprimir algún proceso del desarrollo. Los fitorreguladores pueden ser naturales, si los produce la propia planta o sintéticos (Salisbury y Ross, 1994).

Uno de los fitorreguladores de importancia para este proyecto es el ácido salicílico; se obtiene químicamente por medio del tratamiento de la sal de un fenol con dióxido de carbono, el cual produce el desplazamiento de un hidrógeno anular por el grupo carboxilo, conociéndose esta reacción con el nombre de Kolbe, mediante la cual se obtiene el ácido ortobenzoico o ácido salicílico (Gutierrez, 1997).

El término salicilato se ha utilizado para la descripción de un grupo de compuestos químicos que presentan el radical 2- hidroxibenzoico. Dentro de estos compuestos se encuentran el acetilsalicílico, los cuales son de gran utilidad química (Smith y Smith 1966; citado por Gutierrez, 1997)

El ácido salicílico es una sustancia incolora cristalizada soluble en alcohol y en éter y casi insoluble en agua. Sus soluciones alcalinas se colorean al aire por oxidación. Es sublimable y es arrastrable con vapor de agua (Devore, 1969).

2.2. Efectos del ácido salicílico en las plantas

Se tiene respuestas que tanto ácido salicílico como acetil salicílico inhiben la biosíntesis de etileno en las plantas, sugiriendo los resultados como los salicilatos en cuestión bloquean la conversión de ácido 1 – aminociclo propano –1 carboxílico a etileno (Leslie y Romani, citado por Escamilla, 1999).

El etileno puede tener efectos muy profundos tanto negativos como positivos sobre los productos vegetales que se almacenan. Aunque el etileno puede ser necesario para que ciertas frutas maduren adecuadamente o más simple, con fórmula molecular C_2H_4 y peso molecular de 28 g/mol. Es un gas incoloro de olor ligeramente dulce (Higuera y Yahia, 1992; citado por Escamilla 1999).

El ácido salicílico (ácido 2 – hidroxibenzoico), ingrediente activo de la aspirina, es una hormona vegetal importante por algunas respuestas a fisiológicas conocidas. En lirios (Arum) promueve la actividad de respiración resistente al cianuro que produce la producción de calor y volatilización de compuestos que atraen a insectos polinizadores (Meeuse y Raskin, 1988; citados por Salisbury y Ross, 1994).

Ortigosa (1999), reporta que el ácido salicílico actuó en forma positiva con la dosis 10^{-8} M en el área foliar de la papaya cv Red Lady ya que se obtuvo un incremento casi del 100% con respecto al testigo en invernadero bajo condiciones de hidroponía. De igual manera manera dicho ácido favoreció el incremento en número y tamaño de las células (en cortes hechos a raíces de papaya) con respecto al testigo en la misma dosis.

Otro efecto del ácido salicílico es la promoción de la resistencia a determinados patógenos de plantas, incluyendo el virus del mosaico del tabaco, el virus de la

necrosis del tabaco y el hongo patógeno *colletotrichum lagernarium* (Salisbury y Ross).

Núñez (1999), mencionó que en cultivo de cebolla, el ácido salicílico en la dosis 10^{-8} M, actuó en forma positiva en longitud de raíz y su incremento fue del 67.5 % con respecto al testigo al ser aplicado en invernadero bajo condiciones de hidroponía.

El ácido salicílico reduce la acumulación de peso en tallos de algunos cultivos y especies de malezas. Quizá por la interferencia de la membrana transportadora de iones en raíces (Glass y Dunlop, 1974; citado por Gutiérrez, 1997).

Escamilla (1999), mencionó que el ácido salicílico aplicado en tomate en la dosis 10^{-6} M causó efecto positivo en la vida post cosecha valorada en la pérdida de peso conservándolo en un 47.12 % con respecto al testigo.

Larqué – Saavedra y Rodríguez (1993), reportan estimulación de raíces con ácido acetilsalicílico (ASA), en bioensayos realizados en *Lepidium sativum* L., bajo condiciones controladas, donde la concentración de ASA a 10^{-7} M estimuló el desarrollo de más raíces.

El mecanismo por el cual moléculas pequeñas tales como ácido salicílico influyen modelos de expresión genética en plantas es desconocido (Rhodes, 1994; citado por Gutierrez, 1997).

2.3. Hidroponia

Una de las alternativas para cultivar hortalizas es el método de hidroponía para obtener una buena calidad y desarrollo de las plantas sin usar tierra y que son nutridas por soluciones de agua, micro y macroelementos (sales minerales).

El término hidropónico deriva de las palabras griegas Hydor (agua) y ponos (trabajo) que, combinadas significan “ agua trabajando “ y son una alusión al

empleo de soluciones de agua y fertilizantes químicos para el cultivo normal en tierra o geoponía (trabajo en tierra).

Se puede definir a la hidroponía como un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales, disueltos en agua y en el que en vez del suelo, se utiliza como sustrato un material inerte, o simplemente la misma solución (Sánchez y Escalante, 1983).

Existen varios métodos de cultivo hidropónico pero todos ellos están basados en los mismos principios. Para asegurar un buen crecimiento todas las plantas requieren agua, luz, aire, sales minerales y sustentación para las raíces. Aunque lo son añadidos otros elementos como fitorreguladores que estimulan el desarrollo de la planta (Maroto, 1989).

2.3.1. Ventajas de la hidroponía

La hidroponía considerada como un sistema de producción agrícola, presenta un gran número de ventajas, tanto desde el punto de vista técnico como el económico; entre las que más sobresalen se pueden mencionar las siguientes:

- ❖ Balance ideal de aire, agua y nutrientes.
- ❖ Excelente drenaje.
- ❖ Gran ahorro en el consumo de agua.
- ❖ Perfecto control del pH.
- ❖ No se depende tanto de los fenómenos meteorológicos.
- ❖ Reducción de costos de producción.
- ❖ Posibilidad de enriquecer los productos alimenticios con sustancias como vitaminas o minerales.
- ❖ Casi no hay gasto en maquinaria agrícola.
- ❖ La recuperación de lo invertido es rápida.

(Sánchez y Escalante, 1983)

2.3.2. Desventajas de la hidroponía

- ❖ Requiere para su manejo conocimiento técnico, principios de fisiología vegetal y de química inorgánica.
- ❖ A nivel comercial el gasto inicial es relativamente alto.
- ❖ Se necesita conocer y manejar la especie que se cultive en el sistema.
- ❖ Requiere de un abastecimiento continuo de agua (Sánchez y Escalante, 1983).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el invernadero del Instituto Tecnológico de Sonora, unidad centro, ubicado en la calle 5 de febrero 818 sur, en Ciudad Obregón Sonora.

3.1. Diseño experimental y tratamientos

Para sembrar se utilizaron 4 botellas de plástico con capacidad de 2 litros, tres de ellas tuvieron distintas dosis de AS: 10^{-4} , 10^{-6} , 10^{-8} molar y una cuarta que sirvió como testigo. Se utilizaron bombas para la aereación del sistema, en cada botella se colocaron 10 plántulas sembradas que se sometieron a 7 días de tratamiento, siendo éste el tiempo que duró el experimento. El ácido salicílico que se utilizó fue grado reactivo de Merck (S.A. de C.V).

El diseño experimental fue simple en una distribución completamente al azar con 10 repeticiones, siendo cada plántula una unidad experimental. Los tratamientos fueron: AS: 10^{-4} , 10^{-6} , 10^{-8} molar y un testigo.

Primeramente se preparó una solución madre de ácido salicílico con concentración de 10^{-2} M. La cantidad utilizada de este reactivo fue de 1.3812 g y

una pequeña cantidad de Dimetil sulfóxido (se recomienda hacer esta operación en campana) para ayudar a que se disuelva el ácido salicílico con el agua (empleando agitación continua) e inmediatamente después se afora a un litro.

Continuándose con la preparación de la solución nutritiva que se utilizó en el sistema hidropónico, se elaboraron dos soluciones diferentes: la primera que contenía hierro y ácido tartárico (cuadro 1) que son los elementos que se requiere en mayor cantidad la planta dentro de los micronutrientes, una vez preparadas se mezclan para formar la solución de hierro y la segunda que contenía los micronutrientes restantes (cuadro 2). Una vez preparadas se mezclan para formar la solución completa (cuadro 3).

Cuadro 1. Preparación de la solución de hierro

Reactivo	Cantidad (g)	Agua (aforo ml)
FeCl ₂	0.5	100
Ácido Tartárico	0.5	100

Cuadro 2. Preparación de la solución de elementos menores

Reactivo	Cantidad (ml)	Agua (aforo ml)
H ₃ BO ₃	0.29	100
MnCl ₂ .4H ₂ O	0.18	100
ZnCl ₂ . 5H ₂ O	0.18	100

Cuadro 3. Preparación de la solución nutritiva completa

Reactivo	Cantidad (ml)	Agua (aforo ml)
Solución elementos menores	1.5	1500
Solución de fierro	1.5	1500
MgSO ₄ . 7 H ₂ O	3.45	1500
Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	6.75	1500
KH ₂ PO ₄	3.45	1500

Procediendo finalmente a preparar las diferentes dosis a aplicar, para esto se toma 1 ml de la solución madre y se coloca en un matraz aforado de 100 ml (sin aforar todavía), inmediatamente se ajusta el pH a 5.5 con KOH 1N y después se termina de aforar, de esta manera se obtiene la solución 10^{-4} M de ácido salicílico de la cual se toma 1 ml y se realiza el procedimiento anterior para obtener la solución 10^{-6} M, haciendo lo mismo para obtener 10^{-8} M de las dosis.

Para cada botella se empleo 1500 ml de la solución completa, se ajustó el pH a 5.5 con KOH 1N, se aforo a 1500 ml, de cada una se tomaron 15 ml y se añadió la misma cantidad pero de concentración de ácido salicílico por tratamiento (10^{-4} , 10^{-6} , 10^{-8} M) y se vuelve a ajustar el pH a 5.5.

Las botellas que se utilizaron en el sistema hidropónico se pintaron de negro para evitar el crecimiento de algas que puedan competir con el oxígeno y los nutrientes ocasionando a las raíces interferencia con sus funciones y desarrollo. Cada botella contenía 10 plántulas, 5 de las cuales se utilizaron para realizar mediciones de área foliar y longitud de raíz, las otras restantes para el análisis histológico. La evaluación de este análisis requirió del corte de las raíces de cada tratamiento, procediendo a un encapsulado de las mismas y se colocaron en formol para su conservación (evitar alguna deshidratación), después se sometieron a un procesado (histoquinet) por un período de 14 horas, con el fin de deshidratar las

raíces, continuando con un inclusión en parafina con el fin de ayudar al corte micrométrico (5 micras) de las raíces tratadas que es el paso que sigue, para después ser colocadas en los porta objetos y así depositarse en la platina (caliente) por media hora, por último se pasan al tren de tinción y se realiza el montaje.

3.2. Metodología de tinción y montaje

Los primeros pasos para desparafinar e hidratar son iguales a los de una tinción normal:

- ❖ Xilol – 10 minutos
- ❖ Xilol – 10 minutos
- ❖ Alcohol absoluto – baños
- ❖ Alcohol Absoluto – 5 minutos
- ❖ Etanol 96% - baños
- ❖ Etanol 96% - baños
- ❖ Etanol 96% - baños
- ❖ Agua destilada - baños

El procedimiento para realizar la tinción del PAS es el siguiente:

1. Desparafinar e hidratar siguiendo la secuencia anterior
2. Oxidar en ácido perclórico por 5 minutos
3. Lavar en agua destilada
4. reactivo de Schiff o solución de Feulgen de Coleman por 15 minutos (el reactivo debe de ser refrigerado).
5. Lavar en agua corriente por 10 minutos para que se desarrolle el color rosa.
6. Hematoxina de Harris por 6 minutos o verde luz por pocos segundos para contrastar.

El verde luz se recomienda para contrastar secciones en que se van a demostrar hongos. Si se usa el verde luz omitir los pasos del 7 al 11.

7. Lavar con agua corriente.
8. Diferenciar en etanol ácido 1%, dar de 3-10 inmersiones rápidas.
9. Lavar en agua corriente.
10. Sumergir en agua amoniacaal o litinada para tomar color azul las secciones.
11. Lavar en agua corriente por 10 minutos.
12. Deshidratar en etanol al 93%, alcohol absoluto y xilol para aclarar, dar 2 cambios de cada uno.
13. Montar en resina.

3.3. Variables a evaluar:

- ❖ Área foliar
- ❖ Pesos seco en hojas
- ❖ Longitud de raíz
- ❖ Peso seco de raíz
- ❖ Observación en microscopio de las células de raíz (análisis histológico)

3.4. Metodología de las mediciones

3.4.1. Longitud de raíz

Después de que se completo el tiempo de tratamiento se cortaron las raíces de las plántulas como se muestra en la foto 1.



3.4.2. Peso seco de hojas

Se tomaron las hojas y se colocaron en bolsas de papel identificándolas para cada tratamiento y número de repetición, sometiéndose a un horno con temperaturas de 72°C por 24 horas, después se pesaron en una balanza analítica.

3.4.3. Área foliar

Esta variable se evaluó tomando las hojas de 5 plántulas y posteriormente ser medidas, como se muestra en la foto 2.



3.4.4. Peso seco de raíz

Se cortaron las raíces introduciéndose en bolsas de papel etiquetadas y se sometieron a una temperatura de 72°C, por 24 horas y después se pesaron en una balanza analítica.

3.4.5. Observación al microscopio de las células de raíz

Se cortaron las raíces (longitudinal y transversal) de 5 plántulas de cada tratamiento y se encapsularon, después pasa al procesador, enseguida a la inclusión de parafina, continuando con el corte micrométrico, luego a la platina caliente por media hora y por último pasar el tren de tinción y el montaje. Observándose al microscopio con cámara integrada de la marca OLIMPUS, modelo BH-2.

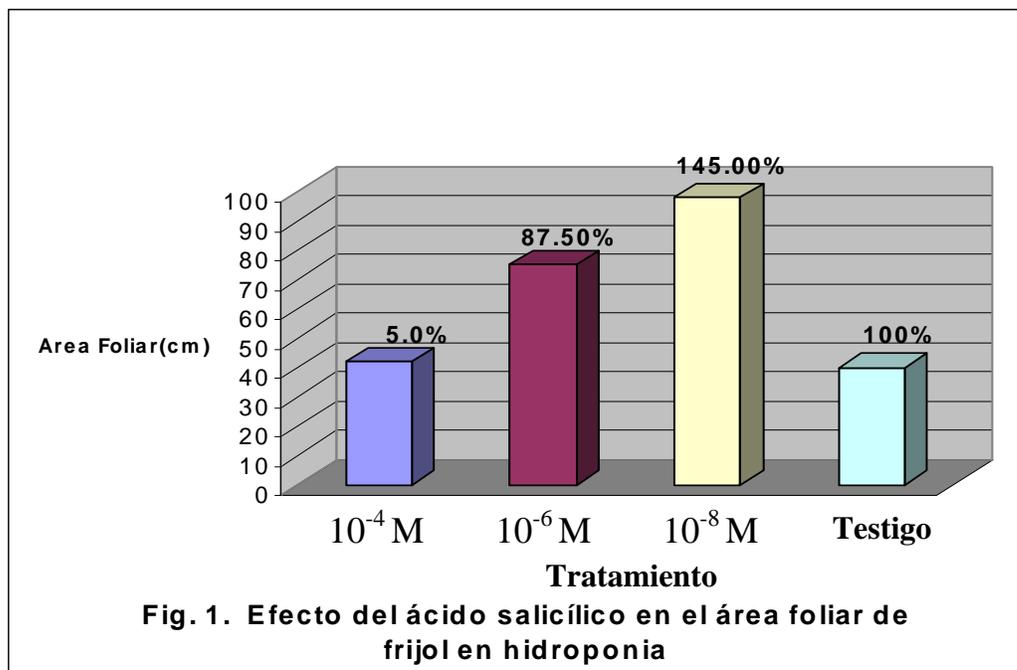
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se muestran los resultados obtenidos de las variables evaluadas en frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) y Trigo (*Triticum aestivum* L.), los cuales se presentan de manera independiente para cada una.

4.1. Frijol

4.1.1. Área foliar

Los resultados obtenidos para esta variable fueron satisfactorios. Todos los tratamientos superan al testigo, con una diferencia significativa estadísticamente, el de menor incremento fue el tratamiento con la dosis 10^{-4} con 5%, seguido del 87.5% con la dosis 10^{-6} M y el mejor tratamiento fue el de la concentración 10^{-8} M con 145% más que el testigo. Con lo cual se puede observar que el ácido salicílico beneficia en el crecimiento foliar, lo cual es muy importante, ya que al tener mayor superficie foliar, nos garantiza la realización de la fotosíntesis y por lo tanto un crecimiento satisfactorio. En la figura 1 se muestra el resultado final del efecto que tuvo el ácido salicílico en el área foliar de las plantas de frijol.



Esta respuesta se debe a que el ácido salicílico, fomenta la producción del ácido indolacético y ácido naftalenacético, que son reportados como las hormonas número uno en el crecimiento, según Letham, Godwin y Higgins (1978), citados por Gutiérrez (1997).

A las mismas condiciones en cultivos de sandía y calabacita, muestran también resultados significativos para esta variable. Para sandía los resultados van desde 371.86 hasta 457.45% de incremento y para calabacita de 63.7 a 89.04%, confirmando el efecto positivo del ácido salicílico.

4.1.2. Peso seco hoja.

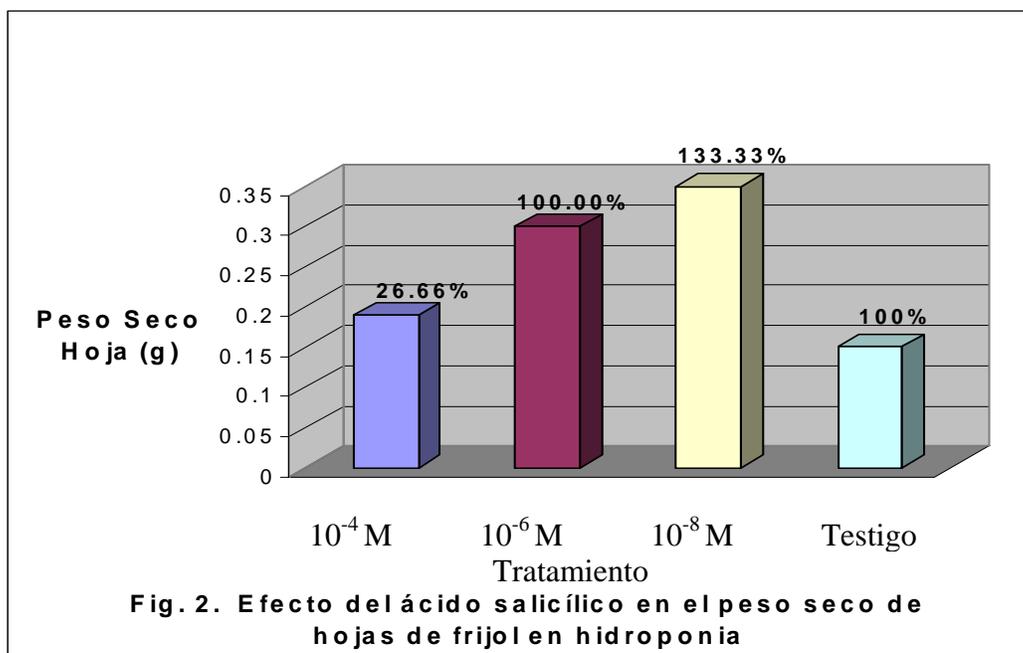
En el caso de la evaluación del peso seco de hojas en la planta de frijol se obtuvieron los resultados expresados en la figura 2. Se observa que el tratamiento 10^{-8} M de AS supera al testigo en un 133.33%, lo cual indica que el ácido actúa de manera benéfica en el peso seco de las hojas. Siendo esta dosis más efectiva con

respecto a la dosis 10^{-6} y 10^{-4} M de AS ya que se encontraban en 100% y 26.66% respectivamente comparado con el testigo.

Gutiérrez (1997), menciona que las plantas tratadas con ácido salicílico manifiestan un aumento en el peso seco de las hojas, lo que propicia el aumento del aparato fotosintético y por lo tanto de mayor fotosíntesis, clorofila total y un mejor crecimiento en general de la planta.

Ortigosa (1999), reporta que en las plántulas de papaya Red Lady no se detectó diferencia significativa entre los tratamientos y el testigo, pero sí se presenta una respuesta biológica a los tratamientos del ácido salicílico, siendo la concentración de AS 10^{-4} M la que obtuvo un valor más alto con respecto al testigo al presentar un 58% de incremento.

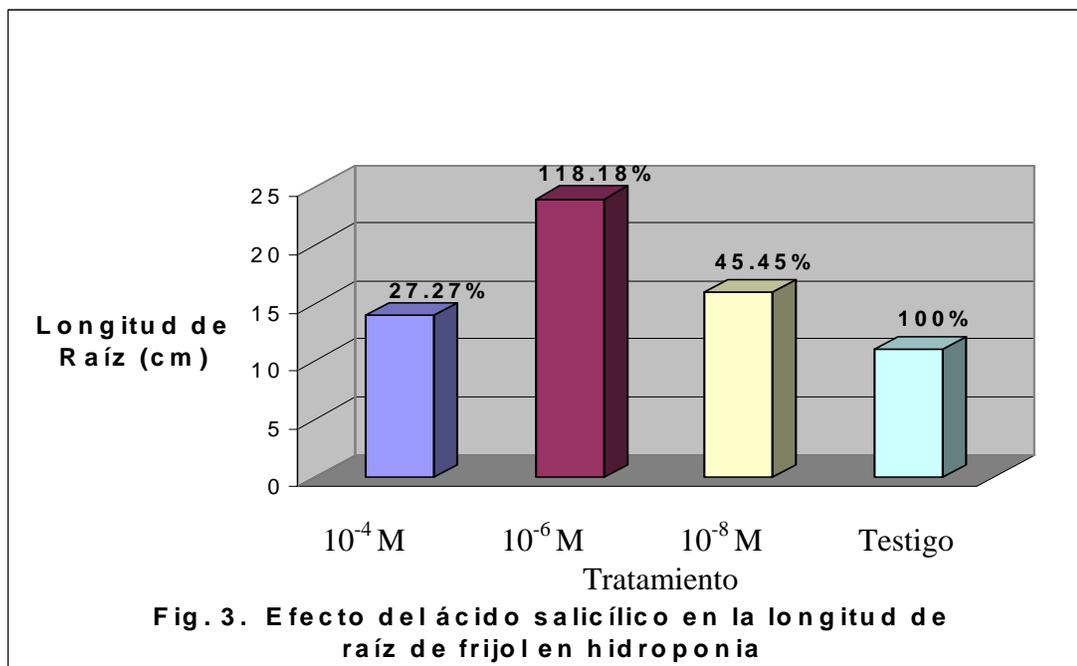
Estos resultados coinciden con López (1998), ya que tampoco presentó diferencia significativa al ser aplicado a la plántula de melón. Pero indica que la concentración 10^{-6} M fue que la mejor efecto causó.



4.1.3. Longitud de raíz.

En cuanto a la variable longitud de raíz, los cuales se muestran en la figura 3, fueron positivos, ya que todos mostraron diferencia significativa. La dosis 10^{-4} M reportó un incremento del 27.27% con respecto al testigo, que a pesar de ser el que registra menor porcentaje es satisfactorio. El tratamiento con la concentración 10^{-8} M registró un aumento del 45.45% con respecto al testigo y la mejor dosis fue 10^{-6} M con 118.18% de incremento comparado con el testigo. Esto indica que el ácido salicílico estimula el crecimiento de la raíz de frijol el doble, lo cual es muy importante ya que garantiza mejor crecimiento en general de la planta.

Went encontró que para desarrollarse longitudinalmente, los tejidos deben de recibir sustancias de crecimiento. Aunque las sustancias naturales de crecimientos (endógenas) controlan normalmente el desarrollo de las plantas, puede modificarse el crecimiento mediante la aplicación de sustancias exógenas, algunas de las cuales puede producir resultados provechosos para el hombre.

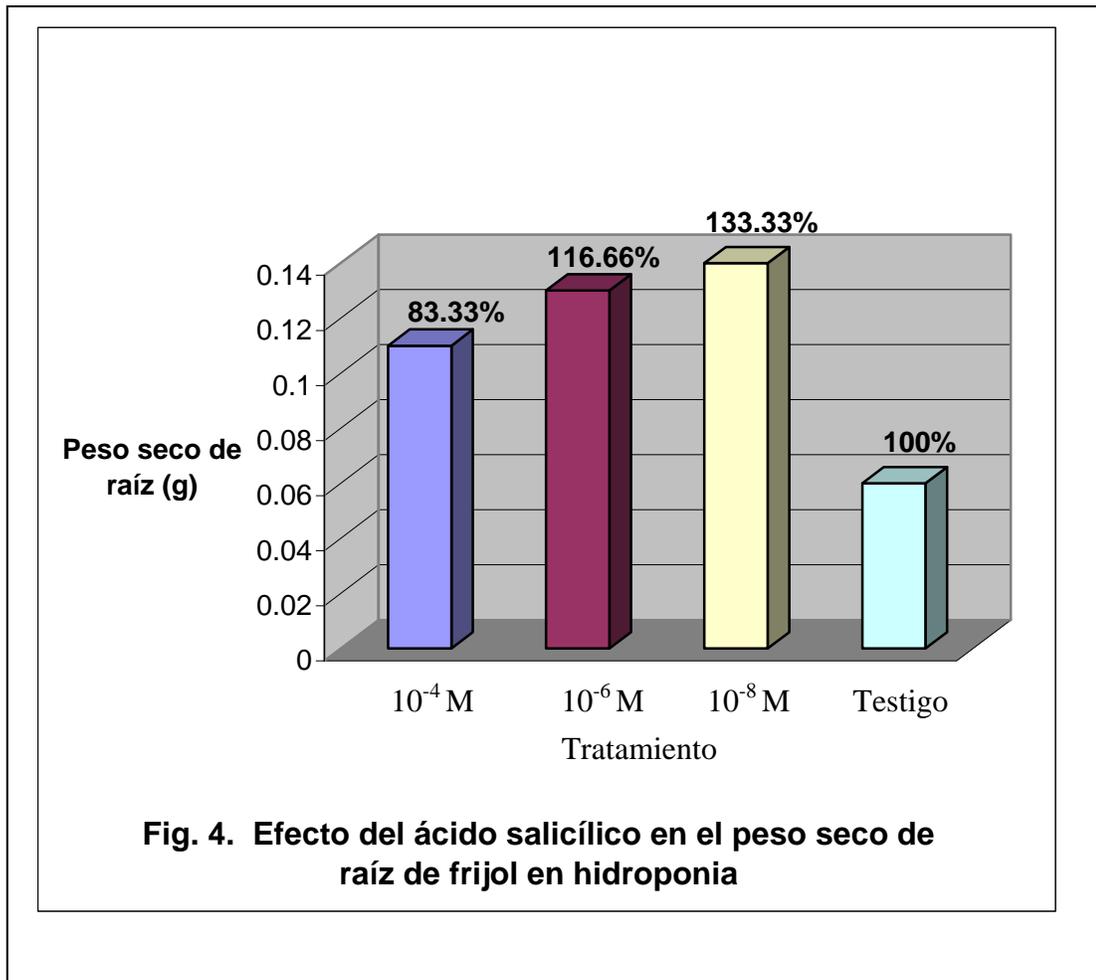


4.1.4. Peso seco de la raíz.

Los resultados obtenidos de esta variable muestran una diferencia significativa estadística. Los cuales se muestran en la figura 4, en donde se puede observar que la dosis de ácido salicílico que más efecto tuvo fue 10^{-8} M con 133.33% que el testigo, seguida de la dosis 10^{-6} M con 116.66%, por último 83.33% con el tratamiento 10^{-4} M.

Se obtuvo también diferencias significativas estadísticamente en peso seco de las raíces de tomate, en donde se observó un incremento del 242% con respecto al testigo, en la dosis 10^{-4} M de ácido salicílico y 142.85% en concentración 10^{-8} no presento ningún cambio de la planta.

Al encontrar un mayor peso seco de raíces por efecto de la aplicación de ácido salicílico, trae como consecuencia una mayor acumulación de nutrimentos en raíz lo cual repercute en un mejor crecimiento de la planta.



4.1.5. Observación al microscopio de células de raíz.

Para este cultivo los resultados observados fueron un agrandamiento celular en todos los tratamientos, superando los tres al testigo (Fig. 9), en donde el que mejor favoreció fue la dosis 10^{-8} M (Fig., 10) con un aumento alrededor del 60%, seguido del tratamiento 10^{-6} M (Fig. 11) y por ultimo el tratamiento 10^{-4} M (Fig. 12)

Se puede decir que los tratamientos 10^{-6} y 10^{-8} M son los que mayor efecto producen para el incremento de las raíces de frijol.

El crecimiento de las plantas depende del crecimiento primario, esto es, el crecimiento en longitud de brotes y de las raíces y el crecimiento secundario que consiste en el crecimiento en grosor del tallo y de la raíz.

Esau (1982) citado por López, 1998, comenta que es factible mediante manejo biológico y agronómico el fomentar un mayor crecimiento de raíces vía elongación y división celular.

4.2. Trigo

4.2.1. Área foliar.

En esta variable no se presenta diferencia significativa entre las dosis 10^{-4} , 10^{-6} , 10^{-8} M, lo que quiere decir que cualquiera de estos tratamientos son efectivos para el crecimiento del sistema radical. Sin embargo estas mismas si presentan diferencia significativa con respecto al testigo, por lo tanto la aplicación de AS resultó más favorable que a la plántula sin tratar.

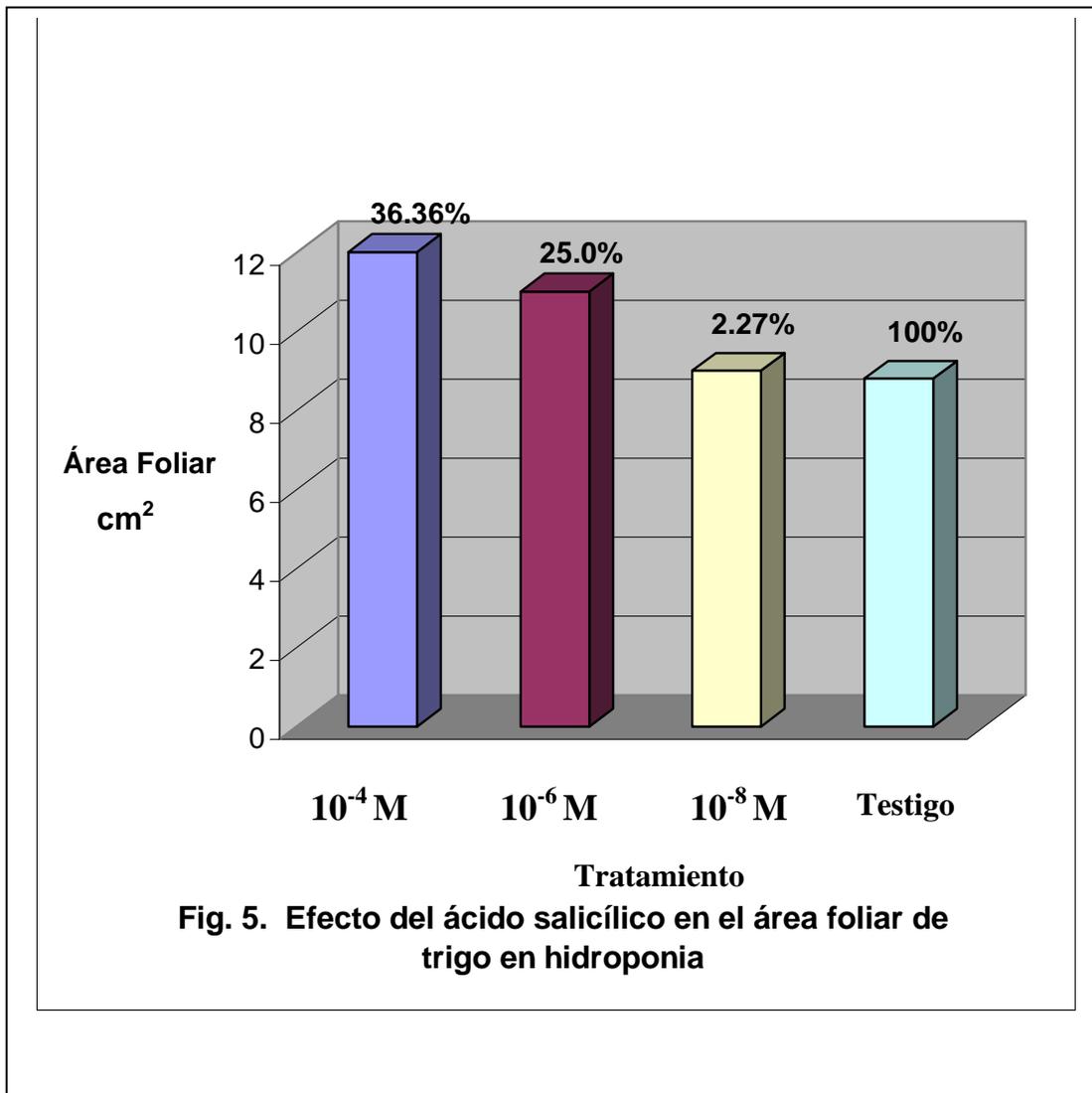
En la figura 5 se observa que el tratamiento 10^{-4} M superó con un 36.36%, mientras que la dosis 10^{-6} y la 10^{-8} M con un 25 y un 2.27% por arriba del testigo respectivamente.

El mejor resultado se obtuvo en la dosis más concentrada, confirmando con esto que se logro un mayor tamaño y longitud de las hojas de trigo. Concluyendo que el AS afecto positivamente a la clorofila y con ello el proceso de fotosíntesis.

Valenzuela (1998), reportó que no hubo diferencia significativa en plántulas de pepino en invernadero, pero sí respondió positivamente a la aplicación del ácido salicílico. La mejor dosis resultó ser la de AS 10^{-4} ya que el porcentaje que se registra es del 10.76% por encima del testigo.

López (1998), obtuvo mejores resultados con la dosis 10^{-6} M de AS en plántulas de melón, ya que se incremento en un 29.87% por encima del testigo.

Gutiérrez (1997), reporta que se mantiene la tendencia de la respuesta de las plantas tratadas con AS en relación al testigo para esta variable. En la dosis 10^{-2} M reflejó un 47% más que el área foliar que el testigo, evaluado en soya.



4.2.2. Peso seco de hojas.

En el caso de la evaluación de peso seco de la parte aérea para la plántula de trigo cultivada bajo condiciones de hidroponía en invernadero no se presenta diferencia significativa entre las dosis 10^{-4} , 10^{-6} y 10^{-8} M, mostrando que cualquiera de

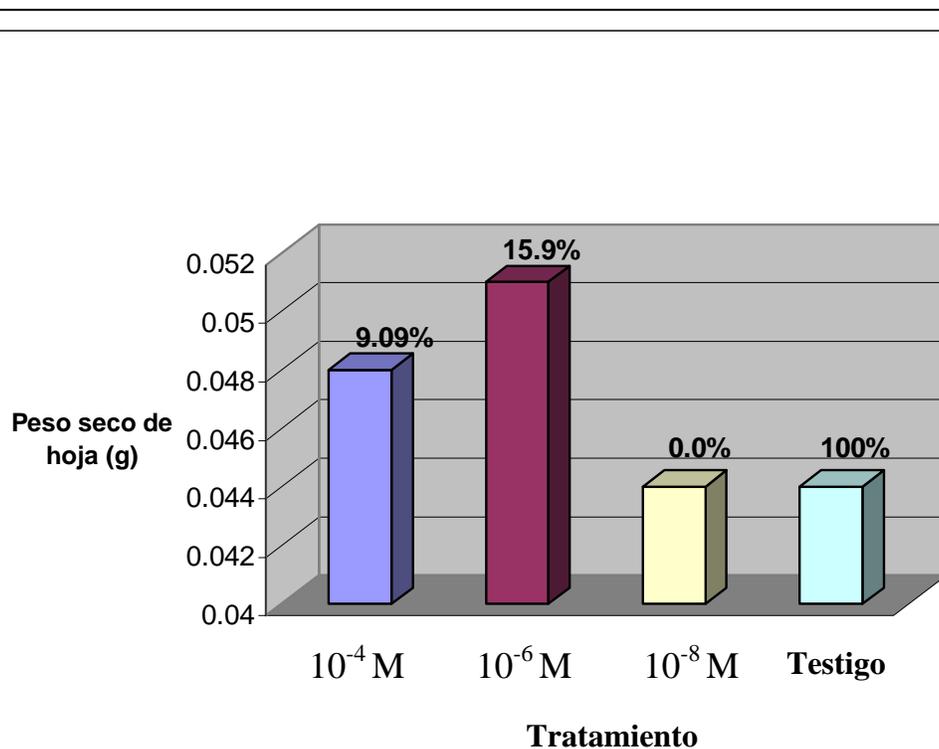
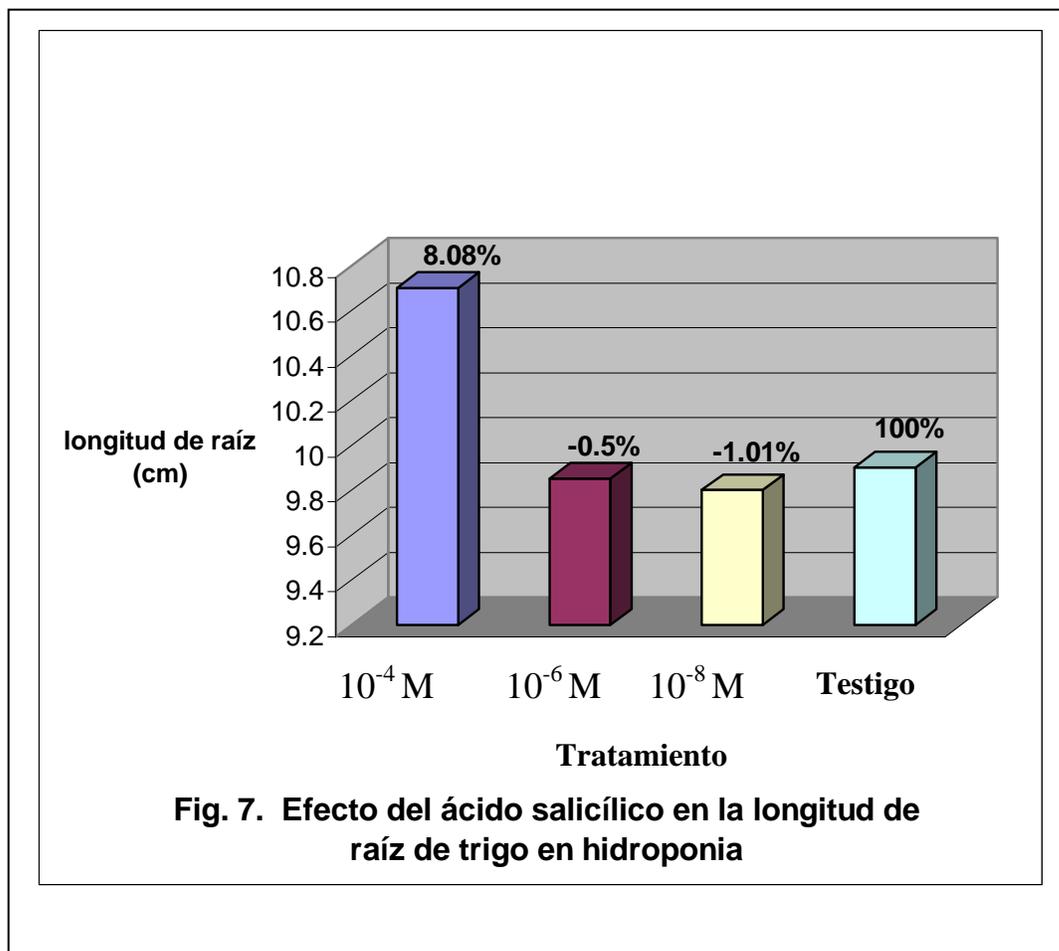


Fig. 6. Efecto del ácido salicílico en el peso seco de hoja de trigo en hidroponia

4.2.3. Longitud de raíz.

Los resultados para esta variable fueron poco satisfactorios, se muestran en la figura 7. Todos los tratamientos no presentan diferencia significativa (estadísticamente hablando) entre los tratamientos 10^{-6} y 10^{-8} M, lo que quiere decir que cualquiera de estos tratamientos son efectivos para el crecimiento del sistema radical. Sin embargo la dosis 10^{-4} M resultó con una pequeña diferencia significativa con el testigo, por lo que la aplicación de AS resultó favorable.

Núñez (1999), observo que el mejor resultado se obtuvo en AS 10^{-8} M, en el plántula de tomatillo con un incremento del 21.6% por encima del testigo, mientras que en cebolla fue la dosis 10^{-4} M con aumento del 66.62% con respecto al testigo.

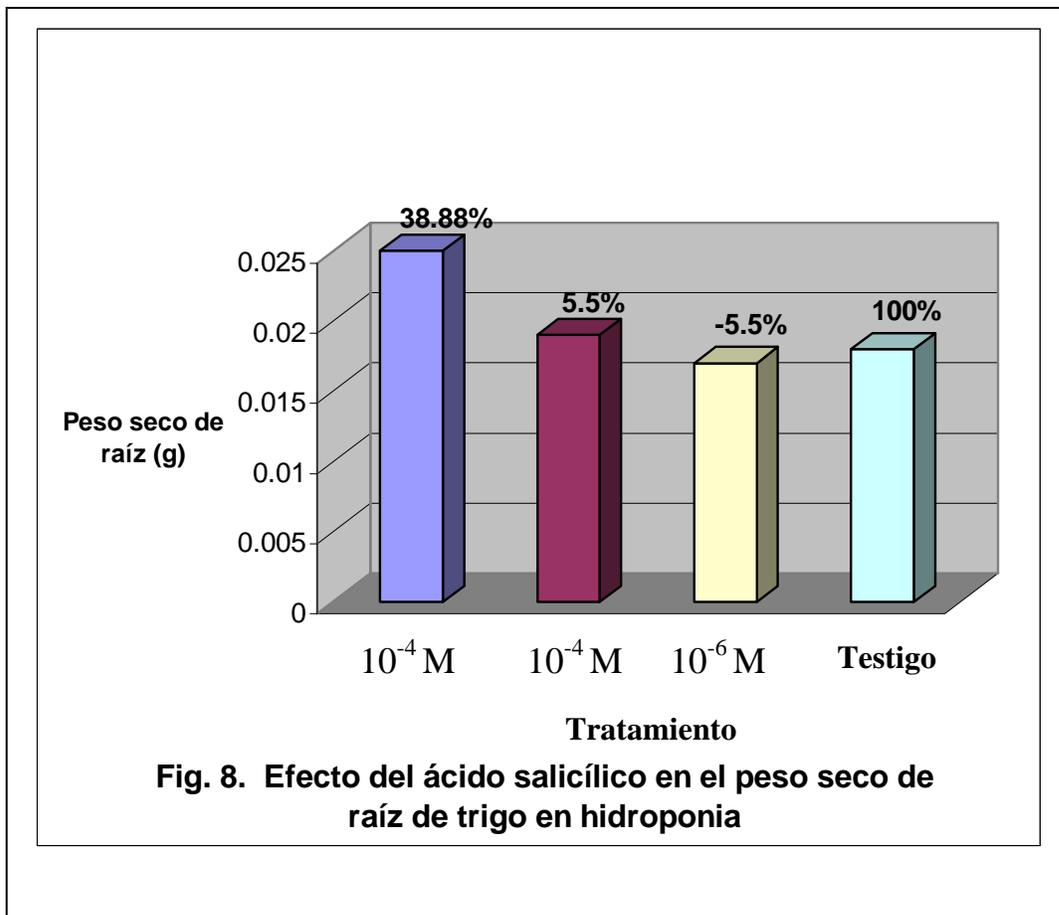


Sing (1993), reporta que ácido salicílico estimuló raíces a concentraciones de 10^{-3} M en algunos brotes jóvenes de plantas ornamentales tales como crisantemo, bugambilia, etc., y que esto al adicionarlo con área foliar, nos manifestó una relación adecuada entre ambos (vástago-raíz) con las cuales elabora su propio alimento, por lo cual un aumento en su longitud es benéfico para la planta.

4.2.4. Peso seco de la raíz.

Los resultados obtenidos de esta variable no presentan diferencia significativa estadística entre las dosis 10^{-4} , 10^{-6} y 10^{-8} M, lo que significa que cualquiera de estos tratamientos son favorables para un sistema radical, lo que se puede observar en la figura 8. Sin embargo, si existe diferencia con respecto al testigo, en la dosis 10^{-4} M.

Jankiewi (1989), dice que por lo común los árboles cultivados en viveros crea solo una forma ligera durante el primer o los dos primeros a los después de la plantación, principalmente por que tienen dificultades para restablecer su sistema radical. Muchos árboles transplantados se debilitan y mueren debido a esto. Por lo tanto los resultados obtenidos son muy favorables debido a que con la aplicación de ácido salicílico la raíz se fortalece y podrá ser una opción para estos árboles.



4.2.5. Observación al microscopio de células de raíz

Se pudo observar en el microscopio que las raíces de las plantas tratadas superaban al testigo.

En la figura 14, que es el tratamiento 10^{-8} M, se aprecia un incremento satisfactorio con respecto al testigo, se puede decir que hasta un 40%

En la figura 15, se observa el efecto del ácido salicílico en la dosis 10^{-6} M, en donde el aumento también es muy notorio, se estima en un 50% en comparación al testigo.

En la figura 16, se observa claramente el efecto del ácido salicílico en la dosis 10^{-4} M, en el cual más que aumento el número de células el efecto fue en el tamaño, considerando un incremento de más del 60% en comparación al testigo.

López (1998), observó un incremento del 35% en plantas de melón, en el tratamiento 10^{-8} M, sin que las células perdieran el arreglo tradicional de la raíz, la dosis 10^{-6} M, aprecia un fuerte estímulo de mayor número de células en más de un 50% en comparación con el testigo, al igual que la dosis 10^{-4} M, se observó un aumento del 100% en número y tamaño de células.

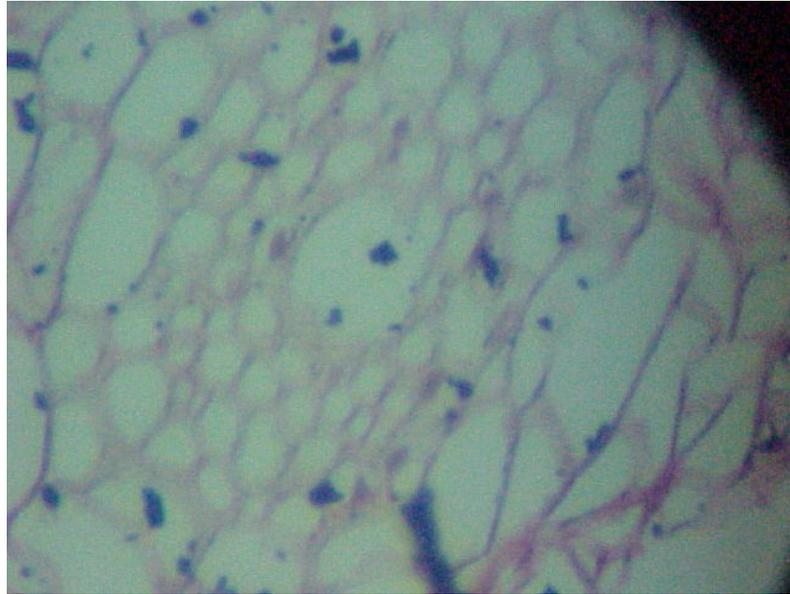


FIGURA No 9. Efecto del ácido salicílico en plantas testigo durante el desarrollo celular de raíces de frijol en incubadora bajo condiciones de hidroponía.

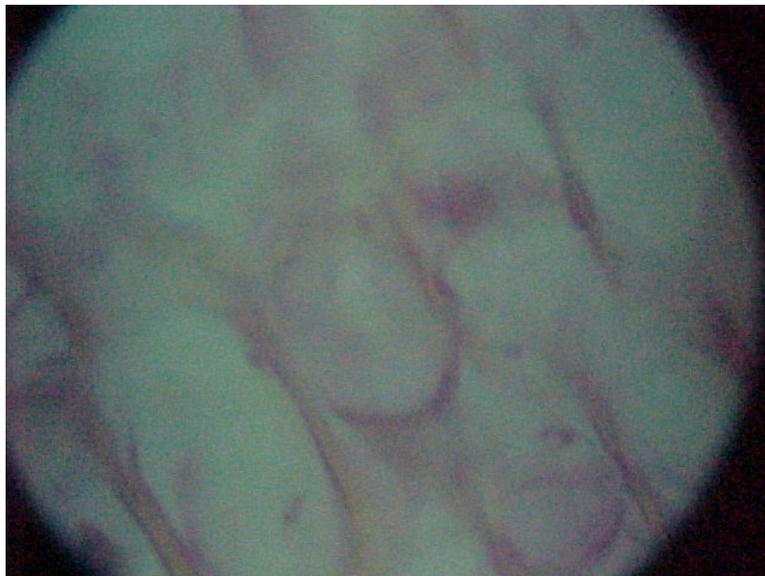


FIGURA No 10. Efecto del ácido salicílico con dosis 10^{-8} M durante el desarrollo celular de raíces de frijol en invernaderos bajo condiciones de hidroponía.

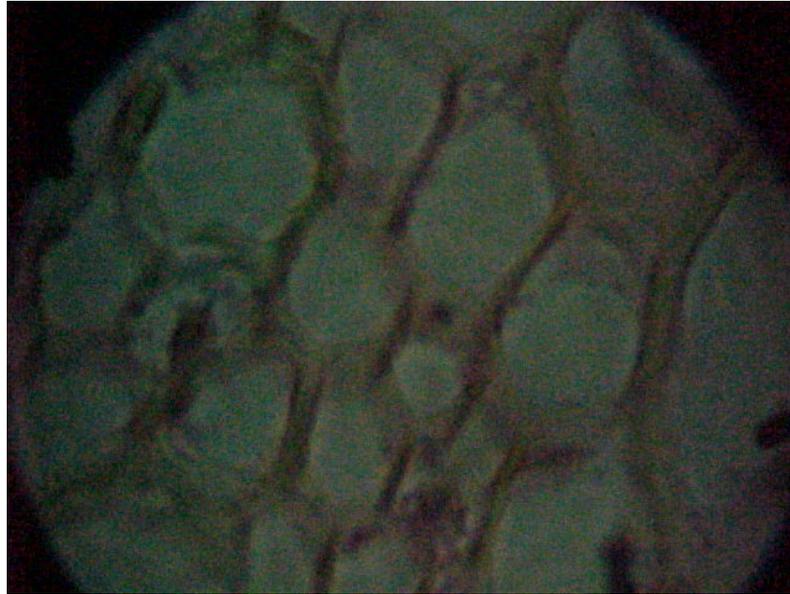


FIGURA No 11. Efecto del ácido salicílico con dosis 10^{-6} M durante el desarrollo celular de raíces de fríjol en invernaderos bajo condiciones de hidroponía.

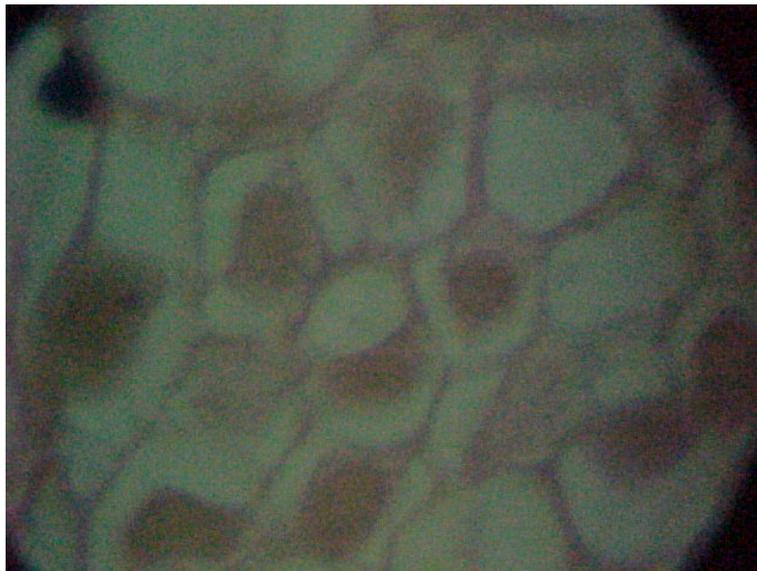


FIGURA No 12. Efecto del ácido salicílico con dosis 10^{-8} M durante el desarrollo celular de raíces de fríjol en invernaderos bajo condiciones de hidroponía.

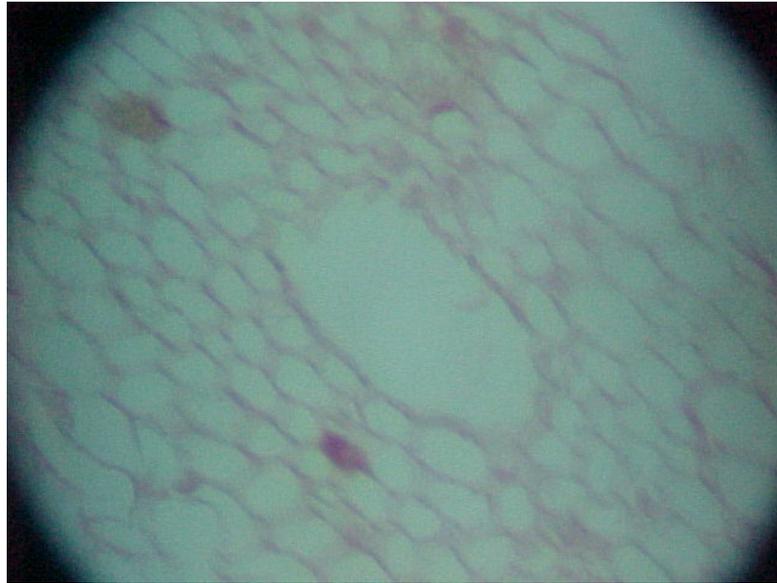


FIGURA No 13. Efecto del ácido salicílico en plantas testigo durante el desarrollo celular de raíces de trigo en invernaderos bajo condiciones de hidroponía.



FIGURA No 14. Efecto del ácido salicílico con dosis 10^{-8} M durante el desarrollo celular de raíces de trigo en invernaderos bajo condiciones de hidroponía.



FIGURA No 15. Efecto del ácido salicílico con dosis 10^{-6} M durante el desarrollo celular de raíces de trigo en invernaderos bajo condiciones de hidroponía.

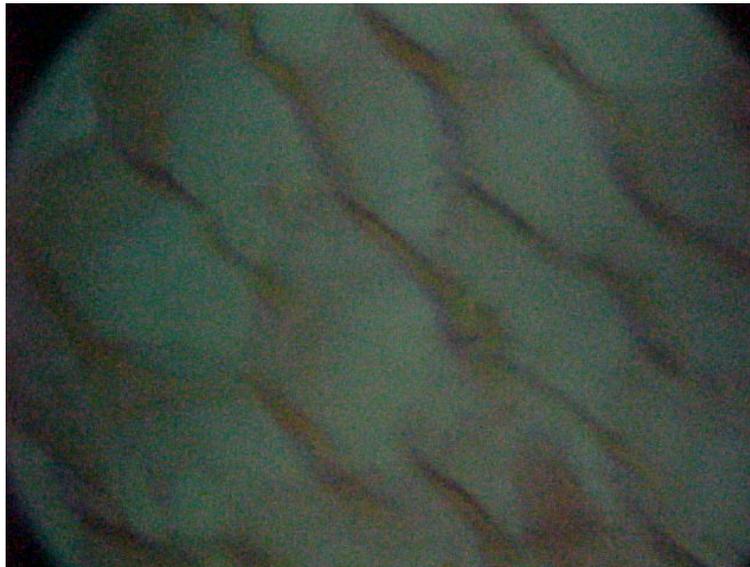


FIGURA No 16. Efecto del ácido salicílico con dosis 10^{-4} M durante el desarrollo celular de raíces de trigo en invernaderos bajo condiciones de hidroponía.

CONCLUSIONES

El ácido salicílico si afectó de manera significativa el área foliar de frijol en donde la mejor dosis fue 10^{-8} M con un 145%, mientras que en el trigo no fue significativa estadísticamente, pero el mayor porcentaje se obtuvo en la dosis 10^{-4} M con 36.36% mas que el testigo.

El ácido salicílico, actúa en forma positiva en el peso seco de hojas de plántulas de frijol y trigo.

El ácido salicílico, afectó de manera significativa estadísticamente la longitud de raíz en frijol en donde la mejor dosis fue 10^{-6} M, mientras que en trigo no fue significativamente estadísticamente, pero la mejor dosis fue de 10^{-4} M con un 8.08% mas que el testigo.

El ácido salicílico sí estimula el crecimiento del sistema radical, en plántulas de frijol y trigo.

BIBLIOGRAFÍA

Casseres E. (1984). *Producción de Hortalizas*. 3ra Edición. Interamericana de Cooperación para la Agricultura. San José. Costa Rica. Pág. 8, 71, 101,110-112, 114.

Castro, V.R. (1999). *Evaluación del efecto de la aplicación de calcio, magnesio y fitorreguladores (citocinas, giberelinas, ácido salicílico y brasinolidos) sobre incidencia de color de pericarpio de chile jalapeño variedad grande, en el valle del yaqui, Sonora. Ciclo O: I. 1998-1999*. Tesis de Licenciatura ITSON. Cd. Obregón Sonora. Pág. 128.

Devore, M. G. (1969). *Química Orgánica*. Publicación Cultural. México D.F. Pág. 487.

Douglas, J.S. (1990). *Hidroponía. Como cultivar sin tierra*. 5ta. Edición. Editorial Ateneo. Buenos Aires, Argentina. Pág. 1-8

Edmond, J.T. (1984). *Principios de Horticultura*. 3ra. Edición. Compañía Editorial Continental S.A. de C. V. México D.F. Pág. 487.

Escamilla, A. R. (1999). *Valoración del ácido Salicílico aplicado en tomate (Lycopersicum esculatum Mill), en diferentes dosis y etapas de desarrollo en la planta bajo condiciones de campo del Valle del Yaqui, Sonora*. Tesis de Licenciatura ITSON. Cd. Obregón Sonora. Pág. 14,18.

Fersini, A. (1984). *Horticultura Práctica*. Editorial Diana. México D.F. Pág. 428, 436,470.

Gutiérrez, C.M.A. (1997). *Reguladores del crecimiento XIII: estudio del ácido salicílico en soya, algodón y tabaco*. Tesis de doctorado. Colegio de postgraduados Montecillo, México. Pág. 20-35.

Larque-Saavedra, A. Y M.T. Rodríguez. (1993). *Fisiología vegetal experimental*. Editorial Trillas. México D.F. Pág. 193.

López, T. M. (1994). *Horticultura*. Editorial Trillas. México D.F. Pág. 93, 96,120.

López, V. G. (1998). *Evaluación del efecto del ácido salicílico en melón (cucumis melo L.) "cv top mark bajo condiciones de campo e invernadero en el Valle del Yaqui, Sonora*. Tesis de Licenciatura ITSON. Cd. Obregón, Sonora. Pág. 25.

Maroto, B. J. V. (1989). *Horticultura Herbácea especial*. 3ra. Edición. Editorial Mundiprensa. Barcelona, España. Pág. 24-26.

Núñez, M. B. (1999). *Evaluación del efecto del ácido salicílico en tomatillo (physalis ixocarpa L.) "cv cerro gordo "y cebolla (Allinum cepa L.) "cv cojumatlán "*, en condiciones de hidroponía bajo invernadero. Tesis Licenciatura. ITSON. Cd. Obregón, Sonora.pág. 47-48.

Ortigosa, V. X. (1999). *Estudio con ácido salicílico en papaya y soya bajo condiciones de hidroponía*. Tesis de Licenciatura ITSON. Cd. Obregón, Sonora. Pág. 36.

Owens, K. (1998). *Buenas perspectivas para chile verde*. Revista Hortalizas Frutos y Flores. 1 (10): 7, 8,10.

Rivera, J. F y J. R. Pimienta. (1998). *103 ton/ha de chile*. Revista Hortalizas Frutos y Flores. 1 (2): 42,44.

Salisbury, B.F. y C.W. Ross. (1994). *Fisiología Vegetal*. Editorial Iberoamericana. México D.F. pág. 443.

Sánchez, C. F. y R. E. Escalante. (1983). *Hidroponía principios y métodos de cultivo*. Editorial PATUACH. México. Chapingo, México.pág. 11,13-21.

Valenzuela, M. A. (1999). *Evaluación del efecto del ácido salicílico en pepino (cucumis sativus L.) "cv poisentt 76" bajo condiciones de campo e invernadero, en el Valle del Yaqui, Sonora*. Tesis de Licenciatura ITSON. Cd. Obregón, Sonora. Pág. 51.

Zapata, N. M. (1992). *El pimiento para pimentón*. Ed. Mundi prensa. Pág. 38-40.

ANEXOS



Foto 3. Exposición de raíces de frijol bajo condiciones de hidroponía.



Foto 4. Exposición de raíces de trigo bajo condiciones de hidroponía.



Foto 5. Medición de longitud de raíz en plántulas de frijol.



Foto 6. Crecimiento de plántulas de frijol a 5 semanas bajo tratamiento de hidroponía

