

2 ej 196



Universidad Nacional Autónoma
de México

Facultad de Ciencias

REGULADORES DEL CRECIMIENTO IV.
EFECTO DEL CYCOCEL, ETHREL Y ACIDO
INDOLBUTIRICO EN LA PRACTICA DEL
TRASPLANTE DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)

T E S I S

Que para obtener el título de

B I O L O G O

p r e s e n t a

MARTHA PATRICIA ROMAN PERUYERO

México, D. F.

1989

FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

INTRODUCCION

OBJETIVOS

ANTECEDENTES

1. Algunas consideraciones sobre la producción de frijol en México.....	1
1.1. Importancia del frijol.	
1.2. Producción de frijol en el país.	
2. El trasplante como una alternativa tecnológica para zonas de temporal.....	2
2.1. Algunas consideraciones sobre almácigos y trasplante.	
2.2. Ventajas de la técnica de trasplante.	
2.3. Datos históricos sobre el trasplante.	
3. Reguladores del crecimiento.....	8
3.1. Conceptos y definiciones.	
3.2. Importancia de los reguladores en la agricultura.	
3.3. Cycocel.....	10
3.3.1. Nomenclatura y propiedades físicas y químicas.	
3.3.2. Modo de acción.	
3.4. Ethrel.....	19
3.4.1. Nomenclatura y propiedades físicas y químicas.	
3.4.2. Modo de acción.	
3.5. Acido indolbutírico.....	26
3.5.1. Nomenclatura y propiedades físicas y químicas.	
3.5.2. Modo de acción.	

MATERIAL Y METODO

1. Ubicación y condiciones ambientales.....	32
2. Material biológico.....	32
3. Diseño experimental.....	32
4. Experimento I.....	33
5. Experimento II.....	34
6. Evaluación del efecto de los tratamientos.....	34
7. Análisis estadístico.....	37

RESULTADOS

1. Experimento I.	
1.1. Trasplante con reguladores v.s. Control trasplante.....	40
1.1.1. Ethrel.	
1.1.1.1. Capacidad de establecimiento.	
1.1.2. Acido indolbutírico.	
1.1.2.1. Capacidad de establecimiento.	
1.2. Control trasplante v.s. Siembra directa 1.	
1.2.1. Capacidad de establecimiento.	
2. Experimento II.	
2.1. Trasplante con reguladores v.s. Control trasplante.....	41
2.1.1. Cycocel.	
2.1.1.1. Capacidad de establecimiento.	
2.1.1.2. Capacidad de absorción racial.	
2.1.1.3. Rendimiento vegetativo.	
2.1.1.4. Rendimiento económico.	
2.1.2. Ethrel.	
2.1.2.1. Capacidad de establecimiento.	

2.1.2.2. Capacidad de absorción radical.	
2.1.2.3. Rendimiento vegetativo.	
2.1.2.4. Rendimiento económico.	
2.1.3. Acido indolbutírico.	
2.1.3.1. Capacidad de establecimiento.	
2.1.3.2. Capacidad de absorción radical.	
2.1.3.3. Rendimiento vegetativo.	
2.1.3.4. Rendimiento económico.	
2.2. Trasplante con reguladores v.s. Siembra directa 1.	44
2.2.1. Capacidad de absorción radical.	
2.2.2. Rendimiento vegetativo.	
2.2.3. Rendimiento económico.	
2.3. Control trasplante v.s. Siembra directa 1.	45
2.3.1. Capacidad de absorción radical.	
2.3.2. Rendimiento vegetativo.	
2.3.3. Rendimiento económico.	
2.4. Control trasplante v.s. Siembra directa 2.	45
2.4.1. Capacidad de absorción radical.	
2.4.2. Rendimiento vegetativo	
2.4.3. Rendimiento económico.	
3. Otras observaciones.	46

DISCUSION

1.- Experimento I.

1.1. Trasplante con reguladores v.s. Control trasplante.	52
1.1.1. Ethrel.	
1.1.2. Acido indolbutírico.	

2.- Experimento II.	
2.1. Trasplante con reguladores v.s. Control trasplante.....	54
2.1.1. Cycocel.	
2.1.2. Ethrel.	
2.1.2. Acido indolbutirico.	
2.2. Trasplante con reguladores v.s. Siembra directa 1.....	57
2.3. Control trasplante v.s. Siembra directa 1.....	58
2.4. . . . Control trasplante v.s. Siembra directa 2.....	58
2.5. Capacidad de absorción radical en los diferentes tratamientos de trasplante con reguladores, control y en la siembra directa.....	59
3. Otras observaciones.....	60
CONCLUSIONES	62
BIBLIOGRAFIA	64
APENDICE	

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1.	Eventos meteorológicos probables y el ciclo agrícola bajo el sistema tradicional y el trasplante.....	5
Tabla 2.	Tratamientos por inmersión de raíz a plantas de frijol trasplantadas a raíz desnuda. Experimento I.....	38
Tabla 3.	Tratamientos por aspersión foliar a plantas de frijol trasplantadas con cepellón. Experimento II.....	39
Tabla 4.	Efecto del Cycocel, Ethrel y Acido indolbutírico en plantas de frijol trasplantadas con cepellón, sobre la capacidad de absorción radical (cuantificación de exudados y su potencial osmótico).....	48
Tabla 5.	Efecto del Cycocel, Ethrel y Acido indolbutírico en plantas de frijol trasplantadas con cepellón, sobre algunos componentes del rendimiento vegetativo.....	49
Tabla 6.	Efecto del Cycocel, Ethrel y Acido indolbutírico en plantas de frijol trasplantadas con cepellón, sobre algunos componentes del rendimiento económico.....	50
Tabla 7.	Efecto del Cycocel, Ethrel y Acido indolbutírico en plantas de frijol trasplantadas con cepellón, sobre el tiempo de maduración de las semillas.....	51
Figura 1.	Diferentes caminos de la acción inhibitoria del Cycocel.....	13
Figura 2.	Camino biogenético de la giberelina y los posibles puntos de acción del Cycocel.....	14
Figura 3.	Proceso en el punto donde se dividen las vías de formación del Acido giberélico y el Acido abscísico, debido a factores ambientales.....	17
Figura 4.	Formación de Etileno a partir del Ethrel.....	22
Figura 5.	Formación de Etileno a partir del Ethrel.....	22
Figura 6.	Efecto del Cycocel, Ethrel y Acido indolbutírico, en plantas trasplantadas con cepellón, sobre el volumen de la raíz.....	APENDICE.
Figura 7.	Efecto del Cycocel, Ethrel y Acido indolbutírico, en plantas trasplantadas con cepellón, sobre el peso seco de la raíz.....	APENDICE.

- Figura 8. Efecto del Cycocel, Ethrel y Acido indolbutirico, en plantas trasplantadas con cepellón, sobre el peso seco de la planta (epicotilo)..... APENDICE.
- Figura 9. Efecto del Cycocel, Ethrel y Acido indolbutirico, en plantas trasplantadas con cepellón, sobre la longitud del tallo..... APENDICE.
- Figura 10. Efecto del Cycocel, Ethrel y Acido indolbutirico, en plantas trasplantadas con cepellón, sobre el peso seco de la semilla..... APENDICE.
- Figura 11. Efecto del Cycocel, Ethrel y Acido indolbutirico, en plantas trasplantadas con cepellón, sobre el número de semillas normales..... APENDICE.
- Figura 12. Efecto del Cycocel, Ethrel y Acido indolbutirico, en plantas trasplantadas con cepellón, sobre el número de vainas normales..... APENDICE.
- Figura 13. Efecto del Cycocel, Ethrel y Acido indolbutirico, en plantas trasplantadas con cepellón, sobre el número de vainas vanas..... APENDICE.
- Figura 14. Efecto del Cycocel, Ethrel y Acido indolbutirico, en plantas trasplantadas con cepellón, sobre el número total de vainas..... APENDICE.
- Figura 15. Efecto del Cycocel, Ethrel y Acido indolbutirico, en plantas trasplantadas con cepellón, sobre el número de semillas abortadas..... APENDICE.
- Figura 16. Efecto del Cycocel, Ethrel y Acido indolbutirico, en plantas trasplantadas con cepellón, sobre el número de rudimentos abortados..... APENDICE.

INTRODUCCION

El frijol es una de las especies de mayor importancia en la agricultura del mexicano. Sin embargo, se cultiva en su mayor parte, en tierras de temporal, donde la irregularidad de la lluvia, así como la falta de ésta, es uno de los principales problemas, que conllevan a una baja producción y por lo cual no se satisfacen los requerimientos básicos del país.

Dado lo anterior, es imprescindible buscar estrategias que representen vías alternas para el mejoramiento del proceso de producción de esta especie.

En este trabajo, se plantea la implementación de una técnica muy antigua: El trasplante; con una siembra previa en almácigo, el cual permite retener el cultivo si las lluvias del temporal se atrasan y obtener la cosecha antes de las primeras heladas. Así también se podrá sembrar variedades de ciclos largos que son más productivas, sin que se vean afectados por las heladas tempranas, como sucede a menudo cuando el temporal se atrasa, ya que, el frijol es una especie termófila.

Por otro lado, la aplicación de los reguladores del crecimiento se plantea, como una forma de eficientizar el trasplante. Los mecanismos que proporcionan mayor oportunidad de establecimiento después del trasplante, debido a que permiten una mayor resistencia a condiciones de agobio fisiológico son:

- Inhibición del crecimiento de la parte aérea de la planta.
- Promoción en el crecimiento radical.
- Reducción de la pérdida de agua, por transpiración.

Por medio de la aplicación de Cycocel, Ethrel y Acido indolbutírico, en diferentes cultivares, se han obtenido una gran variedad de respuestas; según los sitios de acción presentes en la especie; los efectos causados a ésta; estado fisiológico del organismo; condiciones ambientales; dosis y forma de aplicación.

Sin embargo, en la mayoría de los estudios, se han obtenido respuestas que permiten cumplir con el fin de este estudio, como son: Promoción de enraizamiento; inhibición del crecimiento sin afectar la tasa respiratoria y fotosintética; reducción de área foliar, incremento en la resistencia a condiciones adversas y en algunos casos incremento en la producción de fruto, entre otros.

OBJETIVO

Evaluar los efectos de los reguladores del crecimiento: Cycocel, Elhrel, Acido indolbutírico, bajo 2 formas de aplicación, en plantas de frijol trasplantadas a raíz desnuda y con cepellón sobre:

- Supervivencia de las plantas.
- Capacidad de absorción radical.
- Rendimiento vegetativo.
- Rendimiento económico.

ANTECEDENTES.

1. Algunas consideraciones sobre producción de frijol en México.

1.1. Importancia del frijol.

El frijol, igual que el maíz, juega un papel importante en la dieta del mexicano. Es una especie que desde la antigüedad se ha consumido tradicionalmente, por su exquisito sabor, su valor nutritivo y su fácil manejo tanto en su cultivo y almacenamiento, como en la preparación de los alimentos. El frijol puede crecer en la mayoría de los suelos y altitudes del país, llegando a ser uno de los cultivos que ocupa un mayor porcentaje de tierra laborable.

En 1963 el 44,63% de la superficie total cosechada de las tierras de labor (20 808 462 ha), fue utilizada para el cultivo de maíz y frijol, siendo 1 996 400 ha de frijol y 7 420 623 ha de maíz (71). Sin embargo, la mayor parte del cultivo del frijol se ha limitado a zonas de temporal, donde la irregularidad en la distribución de las lluvias durante el ciclo de cultivo, así como, los suelos poco profundos y generalmente de fuertes pendientes, hacen que se practique una agricultura para autoconsumo y sin inversiones en fertilizantes, plaguicidas, variedades seleccionadas, maquinaria agrícola, asesoría técnica y planeación, por lo que, no es de extrañarse que en algunos años se tenga un déficit de los granos básicos para la alimentación del mexicano (72).

En el país, la mayoría de las tierras laborables (80%), se encuentran bajo las restricciones antes expuestas y sólo el 20% son tierras de riego, donde se realiza una agricultura tecnificada, para el cultivo de especies como: algodón, cártamo, soya, melón chilé, ajonjolí y otras, que en su mayoría son de exportación (72).

En 1963, la superficie total cosechada bajo temporal fue de 15 936 227 ha, de las cuales se dedicaron para frijol 1 779,634 ha mientras que de las 4 845 235 ha manejadas en riego, sólo se sembraron de frijol 216 574 ha (72).

1.2. Producción de frijol en el país.

Los estados de mayor superficie cultivada en el país son Chihuahua, Durango, Guanajuato, Jalisco, Morelos, Sinaloa y Zacatecas, los cuales tienen períodos de cultivo otoño-invierno y primavera-verano, obteniéndose mayor producción en el último, dado que, la mayor parte de la superficie sembrada es de temporal (69 en los años correspondientes).

Veracruz, Puebla, Tamaulipas son también grandes productores, aunque en algunos años la superficie cosechable decrece debido a factores ambientales (69).

Con la información obtenida de los anuarios estadísticos (SARH) de los años de 1977 a 1981 y 1987, se puede comprobar que existen grandes superficies perdidas por factores naturales y éstas son, según los registros, en tierras de temporal principalmente.

En Zacatecas en 1981, se sembró un total de 536 539 ha, de las cuales se perdieron 60 983 ha, siendo el 99.9% (60 928 ha) de temporal y solamente 0.16% (55 ha) de riego. Aunque las pérdidas fueron grandes, la producción obtenida fue alta, gracias al riego utilizado en la mayor parte superficie cultivada. Sin embargo, en los estados donde la superficie sembrada con riego es mínimo, se pierde casi la totalidad de la cosecha, como es el caso de Aguascalientes, donde en el mismo año, se sembró una superficie de 49 391 ha y se cosecharon 14 692 ha por causa de factores naturales, principalmente sequía.

En Querétaro el caso es similar, de los 54 276 ha sembrados, 51 595 fueron de temporal, perdiéndose de éstas 42 125 ha por factores naturales, por lo que solamente se cosechó un total de 11 157 ha. En San Luis las pérdidas de superficie cosechable bajo temporal fueron de alrededor de 70%, reportándose siempre causadas por factores ambientales (69), aunque se reconoce que también intervienen factores técnicos y económicos.

La producción total de frijol en 1981, fue de 1 331 305 ton en una superficie total cosechada de 1 990 669 ha, siendo de riego 316 461 ha y de temporal 1 674 208 ha y en 1983 la producción de frijol fue de 1 281 706 ton, en una superficie total cosechada de 1 996 408 ha, sembrándose en zonas de riego 216 574 ha y en zonas de temporal 1 779 834 ha (69).

Como se puede observar la producción de frijol fue menor en 1983, y pesar de que la superficie cultivada fue mayor en ese año. La producción total programada de frijol descendió a pesar del aumento de superficie cultivada bajo temporal.

2. El trasplante como una alternativa tecnológica para zonas de temporal.

2.1. Algunas consideraciones sobre almácigos y trasplante.

El almácigo o tlachli (término ashuatl), es una pequeña extensión de terreno donde las plantas inician su desarrollo. Actualmente existen almácigos prefabricados de plástico, papel encerado, poliuretano, etc. Pero si se desean reducir costos de producción, también se pueden fabricar con cualquier material disponible, como: botes, cajas, recipientes de metal, plástico, madera y otros. También se pueden construir directamente en el suelo, en forma elevada o por debajo del nivel, siendo éste último, el que mayor protección brinda a las plantas.

Los almácigos que se construyen directamente en el suelo, deben estar separados de éste por medio del arena, gravilla, plástico, estiercol o vegetación, con la finalidad de no permitir el enraizamiento de las plantas durante su desarrollo y para que los chapines o cepellones se puedan desprender fácilmente, asegurando un manejo adecuado y rápido al momento del trasplante.

En las chinampas de Xochimilco, donde esta práctica es común para el cultivo de la mayoría de las especies, la capa separadora se hace con plantas acuáticas, la cual se pica y se extiende, llegando algunas veces a alcanzar un grosor de 10 cm. En este caso el colchón de plantas no sólo sirve de separador sino también como generador de calor, debido al proceso de descomposición y por último; como abono verde.

El tamaño del chapín varía según el tamaño de la semilla. El maíz requiere de chapines grandes (7 cm por lado aproximadamente), pero el frijol, tomate, lechuga y chile, se pueden sembrar en chapines menores (de 4 a 5 cm). Por lo regular en la práctica el tamaño se calcula con las dientes del hielzo (comunicación personal de chinamperos de Xochimilco, D.F.).

Para decidir el tamaño del chapín, también se debe tomar en cuenta, el tiempo que permanecerá la planta en él; para que su crecimiento no se vea afectado (como en cualquier sistema agrícola donde se realiza la siembra en almácigo). Sin embargo, se piensa que las plantas castigadas (por falta de sustrato) y que inhiben su crecimiento, en cierta forma responden mejor al trasplante, ya que, no se acaban (daban sobre el suelo), por la reducción en su tamaño (comunicación personal de chinamperos de Xochimilco, D.F.).

El trasplante es una práctica agrícola que consiste en el

transporte de plantas crecidas en un almácigo hacia el terreno definitivo, donde son plantadas para concluir su ciclo agrícola.

El trasplante se realiza en un lugar previamente preparado. En los chinampas el terreno se prepara mientras las plantas se encuentran creciendo en el almácigo (en cualquier sistema agrícola donde se realiza la siembra en almácigo).

2.2. Ventajas de la técnica del trasplante.

La siembra en almácigo y el trasplante, presentan ciertas ventajas sobre la siembra directa o tradicional. Algunas de estas ventajas se mencionan a continuación (33).

- Se utiliza menos semilla, dado que, se asegura una mayor germinación.
- Se ahorra fertilizante, debido a que, se fertiliza en el almácigo antes de la siembra.
- Se mejoran los cuidados contra plagas y se ahorra en plaguicidas durante la primera fase de la etapa vegetativa.
- El cultivo se puede proteger contra pájaros, roedores y factores ambientales como lluvia, granizo, calor excesivo, heladas, etc., ya que, los almécigos se pueden cubrir con paja, ramas, plástico, mallas y otros.
- Se puede asegurar una mayor uniformidad en la germinación, ya que, las condiciones ambientales son homogéneas dentro del almécigo.
- Al momento del trasplante, se pueden seleccionar las mejores plantas, asegurando un cultivo de mayor calidad.
- Se ahorran los primeros deshierbes. Cuando la planta se ubica en el terreno, tiene mayor talla y puede competir ventajosamente con las arvenses. En una siembra tradicional, es necesario mantener el frijol libre de malas hierbas los primeros 40 días, por que es la época en que compiten por nutrientes, aire y espacio; todo esto reduce rendimiento económico.
- Dado que, las plantas han adelantado su crecimiento en

el almácigo, el cultivo permanece menor tiempo en el terreno pudiendo utilizarse en forma intensiva. Por otro lado se puede asegurar el cultivo bajo condiciones de temporal, debido a que, se puede evitar las heladas tempranas que algunas veces sorprenden a los cultivos en floración o fructificación (tabla 1).

- Al cosecharse antes de lo normal (de 20 a 25 días) se pueden obtener mejores precios y mayor comercialización.
- Se pueden sembrar variedades de guía o semiguía (ciclo largo) que son más productivas. En una siembra tradicional éstas sólo se pueden sembrar cuando no hay atraso en el temporal, cuando esto sucede se pueden ver afectadas por heladas (tabla 1).
- Mayor aprovechamiento del agua de lluvia por las plantas. En una siembra tradicional el agua de las primeras lluvias se pierde por: escorrentías, infiltración, evaporación y un porcentaje muy bajo se utiliza en la germinación. El agua que fija una semilla de frijol variedad cacahuete para germinar es de 400 a 460 mg. Por lo tanto, al realizarse el trasplante una vez iniciado el temporal, el agua de éste lo aprovecha la planta para crecer y producir (tabla 1).

Tabla 1. Eventos meteorológicos probables y el ciclo agrícola bajo el sistema tradicional y el trasplante.

Mes	Evento meteorológico probable	Sistema tradicional	Trasplante
Mayo			almácigo
Junio	lluvias	siembra	trasplante
Julio	lluvias	crecimiento	crecimiento y floración
Agosto	canícula	floración	llenado de grano
Septiembre	lluvias, heladas	llenado de grano	cosecha
Octubre	heladas	cosecha	

2.3. Datos históricos sobre el trasplante.

No se sabe con exactitud el origen de la técnica del trasplante utilizando almácigos, pero existen diversos escritos realizados por cronistas, donde se hace mención de dicha técnica.

Burán (15) relata en su Historia de los Indios de la Nueva España, pasajes de la vida de los mexicas, donde menciona el uso de sementeras, como también se les llamaba a los almácigos, y los tipos de cultivos que en ellas sembraban. En esta obra se menciona que los mexicas hacían sementeras en las que sembraban maíz, frijol, chile y otras semillas que utilizaban. Se menciona también que transportaban sus sementeras, gracias a lo cual podían asegurar su alimentación en lugares distantes, desconocidos en cuanto a recursos y que dichas sementeras eran importantes como técnica de cultivo, bajo condiciones adversas de sequía. En sus escritos nunca menciona algunos aspectos que surtirían interesantes como sería la manera en que se realizaba el trasplante, en dónde y cuándo se trasplantaba, el tamaño de los almácigos y la forma de traslado.

Por otro lado, es conveniente analizar el concepto de almácigo (sementera) y chinampa, ya que, algunos historiadores los han confundido y por eso han atribuido el origen de la chinampa a los aztecas. De hecho, la confusión ha perdurado hasta nuestros días, y en gran parte es por las definiciones que se manejan sobre las chinampas.

Chinampa, del chinamilli; seto o cerca de caña; pa; en o sobre, que se traduce como: sobre el tejido de cañas (44).

El Dr. Hugo Leighl en 1937, en un análisis que hace de diferentes historiadores como: Fauce, Ojea, Burán, Clavijero, sobre el origen de las chinampas, hace la diferencia entre almácigo y chinampa y dice que los aztecas a su llegada al Valle de México ya conocían los almácigos, pero no se llamaban chinampas y las plantas cultivadas en ellos no llegaban a la madurez, sino que eran trasplantadas. También menciona, que por eso la leyenda de Acamapichtli, donde se hizo una sementera flotante y las plantas llegaban a la madurez se atribuye a la intervención divina (39).

Según Alcalá y Ramírez, las chinampas se hicieron inspiradas en las sementeras flotantes, por lo cual, después de la mitad del siglo XVIII nadie afirmó haber visto sementeras flotantes, pero sí chinampas fijas (1).

Tetzozomoc en 1598 menciona en su crónica, la construcción de las chinampas a finales del siglo XII y XIII o a principios del XIV;

tiempo en que los aztecas llegaron a Tequisquiác (antes de su asentamiento), "... y allí labraron camellones, llamárole chinamilli, ... y luego se fueron a Xaltocan donde hicieron camellones dentro del lago. En su chinamilli, sembraron maíz, huautli, frijol, calabaza, chichotl, jitamate..." (2).

Clavijero en 1780 menciona que una vez que los aztecas llegaron al Valle de México y fueron vencidos por los grupos ya establecidos, quedando restringidos a una isla; se vieron en la necesidad de formar campos y huertos flotantes sobre las aguas del lago, para obtener alimento (9).

Por otro lado, Durán menciona que la construcción de las chinampas por los mexicanos, se realizó en el tiempo de Acamopichilli (primer emperador mexicano) aproximadamente en 1318 (siglo XIV) cuando ya se encontraban asentados en el lago (15); copiando la técnica de los xochimilcas, primer pueblo náhuatl que llegó a la Cuenca de México. Chinampas que se construyeron, no sólo con fines agrícolas, sino primero para ampliar su extensión territorial y ubicar sus habitaciones (55).

Si bien los aztecas, no fueron los creadores de este sistema agrícola, fue en sus tiempos cuando llegó a su máximo esplendor debido, entre otras causas, a que el nivel del agua del lago era óptimo, a la gran organización de trabajo y a la fuerza político militar que ejercía, permitió el control del sistema hidráulico de los lagos, por medio de obras como: represas, acequias, diques, acueductos y otros; dado que, las fluctuaciones en el nivel del agua fue uno de los mayores problemas para el equilibrio del sistema chinampero (1,55).

Después de revisar la literatura sobre el tema, se puede llegar a la conclusión de que este modo de producción fue conocido por la mayoría de los pueblos que habitaron la Cuenca de México, dado que, las evidencias más antiguas encontradas son de principios de la Era, en Teotihuacán, y son un sistema de tlatales (camellones inundables) en el cual, también se cree se basó la economía de los Teotihuacanos (3).

En este trabajo, se trata a la chinampa por ser un sistema agrícola que utiliza en forma muy eficiente la técnica del trasplante, técnica que le confiere un gran potencial para la producción intensiva, ya que, permite que el cultivo esté por poco tiempo en el terreno. Además son las referencias más antiguas sobre esta técnica, de hecho algunos creen que la chinampa se originó como un refinamiento de los almáçigos.

3. Reguladores del crecimiento.

3.1. Conceptos y definiciones.

Los conceptos sobre reguladores del crecimiento han sido muy discutidos. Los diferentes criterios para clasificar a las sustancias que interfieren de algún modo en el crecimiento y desarrollo de las plantas, ha dificultado en gran forma el estudio de éstas.

Debido a lo anterior, Thimann en 1951 presidente de la Sociedad Americana de Fisiólogos Vegetales, propone un comité para considerar una nomenclatura uniforme de las sustancias del crecimiento. No fue hasta 1953, que se dió a conocer la nomenclatura donde se consideró que:

Los reguladores vegetales: son compuestos orgánicos diferentes a los nutrientes, los cuales en pequeñas cantidades promueven, inhiben o modifican algunos procesos fisiológicos en las plantas. El término es amplio, ya que, se refiere a sustancias que se producen dentro de la planta y a sustancias sintéticas. La regulación puede ser explicada adicionando la palabra regulador, al proceso que modifica.

Las hormonas o fitohormonas, son reguladores producidos por las plantas, las que en pequeñas concentraciones regulan los procesos fisiológicos vegetales y usualmente pasan dentro de la planta de un sitio de producción a un sitio de acción. Por lo regular sucede que los reguladores son llamados hormonas, esto es correcto si satisface los requerimientos de la definición de hormona (50).

Existen algunos términos discutidos y aceptados, que también cabe mencionar:

Precursor, término que se antepone al nombre de la fitohormona en la que se puede convertir. Tal es el caso del Ethrel al producir etileno.

Anti, se emplea en los compuestos que inhiben completamente la acción de una fitohormona. El Cycocel se ha considerado una anti-giberelina.

3.2. Importancia de los reguladores del crecimiento en la agricultura.

El descubrimiento de los reguladores del crecimiento, ha tenido una gran importancia en la agricultura, de hecho, representa un gran paso en la tecnología moderna de producción agrícola, pues han sido utilizados como: enraizadores, herbicidas, aceleradores del crecimiento, reguladores de la floración, mejoradores de las características del fruto, como modelos para sintetizar análogos que mejoren efectos biológicos y para facilitar mecanización de producción o cosecha.

Por lo tanto, el uso de los reguladores ha permitido alcanzar de manera indirecta un mejor rendimiento, ya que, evita o facilita diferentes procesos fisiológicos que conllevan a éste, como son: prevención del ocome, reducción de pudrición en frutos, prevención de la caída de éstos antes de la cosecha, homogenización de la madurez, precocidad de plantas, incremento en la resistencia a plagas y enfermedades, mayor adaptación a condiciones ambientales adversas, regulación en la composición química y características morfológicas de la parte de la planta económicamente importante e incremento en la asimilación de nutrientes, entre otros (comunicación personal de Duero en 1983).

Para los fisiólogos vegetales, ha sido un reto muy grande el estudio de estos compuestos, ya que, actúan sobre sistemas vivos, donde existen diferentes patrones genéticos, fisiológicos, químicos y morfológicos; que interactúan con el medio, por lo cual, se puede esperar diferentes respuestas.

Las aportaciones a este respecto, han indicado que las respuestas de las plantas, o la aplicación de dichos compuestos, ha dependido de la composición genética, fenología, estado fisiológico de la planta, tipo de regulador, sitios de acción presentes en la planta, dosis del compuesto, tipo de aplicación, manejo cultural y condiciones ambientales.

Por último es conveniente señalar, que en México, las investigaciones sobre reguladores del crecimiento, así como su producción es escasa. La mayoría de los productos y su biotecnología se importan, resultando éstas últimas en la mayoría de los casos de poco valor para los modos de producción del País (36).

3.3. Cycocel.

3.3.1. Nomenclatura y propiedades físicas y químicas (56).

Nombre químico	Cloruro de Cloroetiltrimetilamonio.
Nombre común	Cloromecuato o Cloruro de clorocolina (CCC), establecido por el British Standards Institute.
Nombre comercial	Cycocel, por Plant Growth Regulant American Cyanamid Company.
Fórmula estructural	$Cl-CH_2-CH_2-N(CH_3)_3 Cl$
Peso molecular	158,1
Estado físico, color	Sólido cristalino, blanco y con olor a amoníaco.
Solubilidad	Soluble en agua (74% a 20 °C) y en alcoholes bajos como metanol, insoluble en solventes polares.
Estabilidad	Las soluciones acuosas son químicamente estables y retienen su eficacia biológica; el material cristalino es muy higroscópico.

3.3.2. Modo de acción.

El Cycocel (CCC), se ha clasificado dentro de los inhibidores del crecimiento debido a su forma de acción. Los inhibidores del crecimiento, son un grupo de compuestos que de alguna forma inhiben parcial o completamente la acción de una hormona.

Dentro de los inhibidores se encuentra a los retardadores del crecimiento (42), compuestos orgánicos con los cuales las plantas responden reduciendo la tasa de elongación del tallo, sin mostrar efectos en la producción y desarrollo de hojas y sin inducir malformaciones (11).

La mayoría de los estudios realizados con CCC, han indicado que actúa como anti-giberélico (25,32,42,54,65,68) y en algunos casos

como anti-oxinico (27,75,79). Sin embargo, estos conceptos no debieron de ser aceptados, ya que, el término anti, se ha reservado para compuestos que interfieren con la acción de la fitohormona correspondiente; sobre la base de una inhibición competitiva (análogo químico que actúa como sustituto en reacciones bioquímicas) y no existen evidencias de que el CCC este estructuralmente relacionado con el Acido giberélico (AG) (12).

La acción del CCC sobre la giberelina se ha interpretado de diversas formas (figura 1) (54).

- a) Inhibición de la biosíntesis de giberelina endógena.
- b) Disminución en los niveles del compuesto o compuestos sobre los cuales la giberelina actúa o reacciona.
- c) Destrucción o inactivación de la giberelina.
- d) Interferencia en los sitios de acción de la giberelina en las células.
- e) Bloqueo de la respuesta fisiológica de las plantas a la giberelina.

Siendo la primera posibilidad (inhibición de la biosíntesis de la giberelina) la hipótesis más aceptada en la mayoría de los estudios realizados (20,25,32,54,60).

El Acido giberélico, es un compuesto terpenico, derivado del Acido mevalónico el cual se forma a partir de un acetato (6). Paley y colaboradores en 1965, explicaron la inhibición de la biogénesis del AG por el Cycocel, debido a un bloqueo que ocurre a nivel de la conversión del acetato a mevalonato (54). Aunque también se ha demostrado una inhibición en la formación de kaureno (probable intermediario en la biosíntesis de giberelina (13)) y de tres de otros compuestos terpenicos; al bloquear la reacción geranilgeranil pirofosfato (11,20). La inhibición en este nivel no se encontró en *Echinocystis macrocarpa*, donde el el Cycocel no tuvo efecto significativo en altas concentraciones (13) (figura 2).

Por otro lado, existen evidencias que indican que el CCC disminuye el contenido endógeno de las auxinas (75,80). En estudios con semillas de lechuga, el CCC invierte (en la luz) los efectos inhibitorios sobre la germinación y el crecimiento radical que tienen el Acido indolacético, indoles y cumoínas (27).

Otros trabajos sugieren que el Cycocel puede actuar a través de otras rutas metabólicas y no sólo a nivel de la biosíntesis de giberelina o de auxina (27,53). Cathey (8) distingue a los inhibidores de los retardadores, aduciendo que los retardadores

no son antigiberélicos sino antimetabólicos, ya que, existe una interferencia más general en los metabolismos celulares.

La acción antimetabólica del CCC se ha demostrado en experimentos con mitocondrios aisladas de raíces de plantulas de chícharo (Pisum sativum), donde se observó que interrumpe la fosforilación oxidativa, así como, la síntesis de AG, siendo la reducción de ATP disponible para el crecimiento y la disminución de ácido giberélico; la explicación de la acción reductora del crecimiento de este compuesto (32).

En células aisladas de hojas verdes de tabaco (Nicotiana glabrum), suspendidas en soluciones de CCC 10-3 M, se redujo significativamente la absorción de glicina y el transporte de oxígeno (24).

Así también, se ha demostrado que el Cycocel interrumpe en forma eficaz la asimilación de nutrientes y el crecimiento vegetativo en plantas de Lolium temulentum. También se pudo comprobar que mientras el crecimiento se detiene, la fotosíntesis continúa en forma apreciable y de este modo los azúcares libres disponibles para el crecimiento, son polimerizados en presencia del compuesto, para formar carbohidratos de reserva (76), lo cual puede traducirse en un mayor crecimiento en tubérculos y raíces.

Tal es el caso, del hinchamiento encontrado en puntas de raíces de vid (Vitis vinifera), reproducidas por estacas y tratadas con CCC. Sin embargo, dicho efecto se explicó por los altos niveles de citocininas registrados en la sabia de las plantas tratadas en su sistema radical (17).

Como se ha mencionado, la respuesta de las plantas tratadas con CCC, puede depender del tipo de aplicación, dosificación, momento de la aplicación y otros (10). En Antirrhinum majus y chícharo, se ha encontrado promoción del crecimiento radical con aplicaciones foliares, sin embargo, con aplicaciones al suelo no se observó dicho efecto. En este trabajo se concluyó que el Cycocel puede actuar como fuente de nitrógeno reducido y por lo tanto facilitar el crecimiento (32).

Plantas de frijol crecidas en soluciones de cultivo que contenían CCC (10-3 M) y otros reguladores del crecimiento, incrementaron el crecimiento, el número y el diámetro de la raíz, sin embargo, no tuvo efecto sobre la tasa relativa de crecimiento, tasa de asimilación neta y área foliar, aunque el crecimiento del tallo fue inhibido (78). En la variedad Alaska, el CCC en una concentración de 15 800 redujo la longitud del tallo en un 50% comparado con el control (30).

Por otro lado, se ha encontrado en algunas especies, que el compuesto funciona como un inhibidor selectivo del ácido ribonucleico (ARN) y síntesis de proteínas de las cuales depende

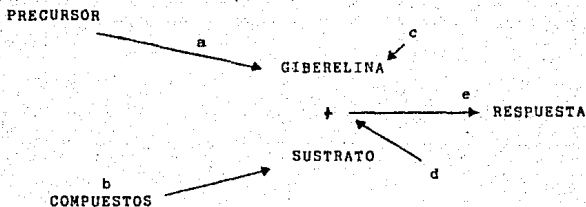


Figura 1. Diferentes caminos de la acción inhibitoria del Cycocel. Paleg y colaboradores 1965.
 a) inhibición de la biosíntesis de giberelina endógena; b) disminución en los niveles del compuesto o compuestos sobre los cuales la giberelina actúa o reacciona; c) destrucción o inactivación de la giberelina; d) interferencia en los sitios de acción de la giberelina en las células; e) bloqueo de la respuesta fisiológica de las plantas a la giberelina.

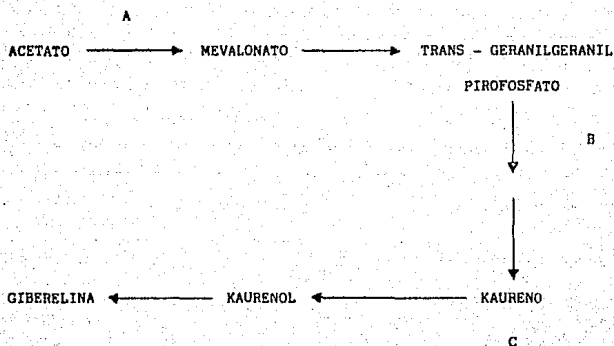


Figura-2. Camino biogénico de la giberelina y los posibles puntos de acción del Cycocel. A) Paleg, L. 1965; B) Clifford, D. R. y J. R. Lendon 1979; C) Harada, H. y A. Lang 1965.

el proceso de formación de raíces y otros órganos. En maíz (Zea mays) disminuye la tasa de incremento de nitrógeno que se registra con la edad, así como, el contenido de ARN, fósforo y clorofilo, propiciado una inhibición en el crecimiento del tallo y de la raíz haciéndose más patente al aumentar las concentraciones de CCC aplicadas. Debido a estos resultados, se concluyó que el CCC afecta varios caminos del metabolismo, durante los primeros fases del crecimiento (53).

Si bien, el Cycocel afecta los procesos del crecimiento, también en algunos cultivares de frijol y jitomate (Lycopersicon esculentum) acelera la iniciación floral y fructificación (7,17), incrementa el número de flores y frutos por planta (22) y en algunas especies, el tamaño de los últimos, lo cual se puede explicar por la reserva de carbohidratos (76) y la mayor obtención de nutrientes requeridos en la etapa de desarrollo floral, ya que, al retrasarse el crecimiento de los brotes vegetativos hay menor competencia nutricional (17).

Tal es el caso del aumento en el número de espigas y número de granos por espiga, encontrado en trigo (Triticum spp) tratado con CCC. En este experimento, se encontró que previene el acame y además, debido a la reducción en su tamaño, se pudo sembrar a menor densidad: 10 cm entre planta (22).

Así también, en diversas especies tratadas con CCC, se han obtenido una mayor tolerancia a condiciones ambientales adversas, como sequía, temperaturas altas o muy bajas, alcalinidad del suelo y excesiva humedad (4,19,43,59,65).

En un cultivar de jitomate donde se aplicó Cycocel, se observó que se facilita el trasplante mecanizado y aumenta la sobrevivencia de las plantas, debido a la reducción del tallo, así también, favorece el rendimiento cuando se presenta sequía; por que la reducción de la tallo permite que no sufran por agua. Sin embargo, cuando se presentaron bajas temperaturas no se observaron diferencias significativas entre las plantas tratadas con CCC y los testigo, ya que, el frío limitó el crecimiento en todas las plantas del cultivar (7).

En la variedad Brittle Wax del frijol, en Chrysanthemum prifolium y Petunia hybrida, se comprobó que el CCC (500 mg/250 ml de agua aplicada en riego), incrementa la tolerancia a la sequía. Las plantas tratadas permanecieron turgidas después de 30 días del último riego, en cambio las plantas control murieron en los días críticos (19).

En otro estudio con plantas de frijol variedad Brittle Wax, aplicando en el agua de riego 62.5 a 1000 ppm de CCC o con una dispersión foliar de 500 a 2 000 ppm, se observó que el índice de transpiración disminuyó notablemente, así como, el peso de la parte aérea y de la raíz, en los tratamientos que se aplicó el

CCC al suelo. Sin embargo en todos los tratamientos por aspersión aumentó el peso de la raíz. El rendimiento de las vainas se redujo únicamente con la concentración de 2 000 ppm (60).

En experimentos donde el CCC fue aplicado a plantas de frijol variedad Harvester (619 mg por maceta), se observó reducción en la transpiración en un 23% disminución de la longitud, peso seco del tallo y área foliar. La reducción del uso del agua en la planta se atribuyó a la reducción del área foliar, ya que, no fue alterada la tasa de respiración por unidad de área foliar o peso seco del brote (4).

Mishra y Pradhan encontraron que en jitomate tratado con CCC, se reduce la apertura estomatol en un 80%, un día después del tratamiento (43). En otras pruebas con esta especie, se ha encontrado que incrementa la resistencia a la difusión y al agobio de agua; disminuye la tasa respiratoria, área foliar (4,59) y peso seco del fruto, incrementando en estos la concentración de Ca, Mg, K y P (59).

En variedades de maíz y sorgo (*Sorghum vulgare*) susceptibles y resistentes a la sequía (cuando se trataron las semillas con CCC con 4 000 ppm por inmersión, durante 20 minutos), se reduce el crecimiento vegetativo, pero en cuanto a la transpiración sólo reduce la pérdida de agua en las variedades susceptibles. Esta relación de disminución del desarrollo vegetativo y reducción en la tasa de transpiración en variedades susceptibles se explica considerando al CCC como un antigiberélico, "... la giberelina actúa sobre el sistema de DNA y RNA como un desrepressor y considerando que el CCC es un antagonista de la giberelina, se podrían explicar los resultados bajo la hipótesis de que el CCC interactúa con los mecanismos genéticos, de tal modo, que las plantas que ya poseen genotipos resistentes a la sequía no opera, por sí lo hace en las susceptibles, aquí por desrepresión génica como su antagonista la giberelina" (65).

La reducción del crecimiento y de la transpiración, podría deberse a la síntesis de Ácido abscísico (ABA), provocada al bloquearse la síntesis de AG. En forma natural el AG se involucra en los células por condiciones ambientales. Galston y Davies en 1969 propusieron que la longitud de días cortos bloquea la síntesis de AG formando el ABA, derivado también del mevalonato, con lo cual, se inhibe el crecimiento y se induce el letargo (figura 3) (6).

El ABA antagoniza los efectos de AG y promueve el cierre estomatol. Por lo tanto, se podría pensar que el CCC al inhibir la síntesis de AG, desencadena la síntesis de ABA, dando como respuesta, inhibición del crecimiento de la planta (lo cual ayuda a conservar la energía) y reducción en la pérdida de agua. Mecanismos que proporcionan a la planta una mejor oportunidad de supervivencia durante el periodo de sequía (83).

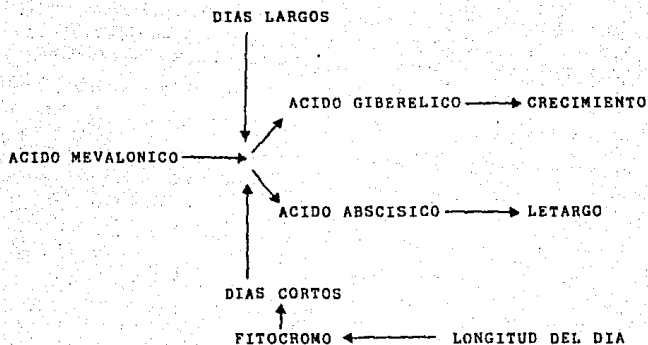


Figura 3. Proceso en el punto donde se dividen las vías de formación del Acido giberélico y el Acido abscísico, debido a factores ambientales. Bidwell, R. G. 1987

Por otro lado, diversas investigaciones han observado que las plantas tratadas con Cycocel presentan mayor resistencia a plagas de insectos y enfermedades bacterianas y fungosas (10,12). Sin embargo, esta característica no puede atribuirse al CCC, ya que, el compuesto no ha demostrado poseer actividad insecticida, fungicida ni bactericida en las pruebas realizadas. Es más probable que el producto haga que las plantas desarrollen suficiente resistencia al ataque de los insectos y de organismos patógenos (12).

3.4. Ethrel.

3.4.1. Nomenclatura y propiedades físicas y químicas (56).

Nombre químico	Acido 2-Cloroetilfosfónico.
Nombre común	Ethrel.
Nombre comercial	Ethrel y Florel por Plant Growth Regulator - Amchem Products, Inc; CEPHA por Plant Regulator - GAF Corporation.
Formula estructural	$\text{Cl CH}_2 \text{ CH}_2 - \text{P} - \text{OH}$ OH
Peso molecular	144.5
Estado físico y color	Sólida cerosa a temperatura ambiente, blanca.
Solubilidad	En agua es muy soluble, en acetona soluble, en solventes polares ligeramente y en kerosene y diesel insoluble.
Estabilidad	Es muy estable a pH 3 o menores. Incompatible con sales alcalinas.

3.4.2. Modo de acción.

El Ethrel es un compuesto que se descompone en pH mayor de 4 (86) y en temperaturas altas (37,38), liberando etileno, fósforo y cloro. Como el citoplasma celular tiene un pH por encima del valor de estabilidad, el Ethrel al penetrar a la célula, libera etileno. La velocidad de su liberación es directamente proporcional al incremento de pH (86).

Es compleja la forma de acción del etileno en las plantas, ya que, interfiere en los procesos de crecimiento; interactuando con las auxinas y giberelinas, así también, promueve la formación de ABA y es un factor importante en el climaterio (incremento súbito

es intenso de la tasa respiratoria en el fruto al momento de llegar a la madurez) (57).

El mecanismo por el cual sucede la degradación del Ethrel para formar etileno, fue explicado por Caszard y Swan en 1963. Ellos sugieren que existe un ataque nucleofílico sobre el fosfato diambión por una molécula de agua o un OH⁻ y una liberación del Cl⁻, permitiendo la formación directa de fosfato y cloro. El mecanismo no explica como se remueve el grupo fosfato o como se forma el etileno (Figura 4) (86).

La evolución de etileno a partir del Etéfon, se ha demostrado en hojas, tallos, inflorescencias y frutos de manzanilla olivo (Olea guironea L.). Después de la aplicación de Etéfon, los niveles de etileno aumentan dentro de los órganos tratados, ocurriendo la abscisión cuando éstos se presentan. La respuesta de abscisión de los diferentes órganos, así como, la conversión encontrada, dependen del tiempo de aplicación y de la concentración de Etéfon. En este estudio los tratamientos se aplicaron en la base de los órganos con la cual se observó, que el ascenso del Etéfon es lento y la traslocación a su sitio de acción es limitada, así también, la respuesta es localizada, o menuda limitada a los órganos tratados (37,38).

Se ha sugerido, que no solo el Ethrel puede producir etileno, todas las moléculas que poseen un grupo - CH₂ - CH₂ - en su centro, pueden ser atacadas en un extremo por un electrón, liberando el grupo mencionado, y por el otro extremo, atacado por un electrófilo. Esta reacción fue observada en el metilal, considerado un precursor del etileno (figura 5) (86).

En peciolo de frijol, se comprobó que el Ácido naftalenacético, Ácido 2,4, diclorofenoxiacético, Ácido indolacético, Ácido giberélico y algunos omanosidos, pueden producir etileno en el interior celular. Esta conclusión se debió a que la estimulación de la abscisión, relacionada con la presencia endógena de etileno después de haber aplicado los químicos mencionados, pudo ser reducida por ventilación (el etileno es un hidrocarburo gaseoso (83)) (66).

A pesar de que se ha sugerido que el Ácido giberélico puede producir etileno, en estudios con Coleus spp. donde se dieron tratamientos con auxinas y AG, se observó que la aplicación de auxinas cerca de la zona de abscisión del peciolo acelera la caída, mientras que a distancia la retrasa. El AG no tiene efecto sobre la abscisión cuando es aplicado en el peciolo, pero sí cuando es aplicado en el ápice del tallo, lo que corresponde con un aumento en la auxina difusible en el tallo (siendo directamente proporcional el incremento de auxina difusible, con el aumento en la tasa de abscisión). Se concluyó que la acción del AG sobre la abscisión, es una consecuencia de los altos

niveles de auxina difusible, inducida por el tratamiento con giberelina (47).

Por lo anterior, si la aplicación de auxinas acelera la abscisión debido a la estimulación de la síntesis de etileno, esto puede ser el principio fundamental de la acción inhibitoria de las auxinas en altas concentraciones (68).

Se ha sugerido, que el etileno interfiere en el transporte y metabolismo de las auxinas (61,68). La cantidad de auxina difusible en plantas tratadas es cerca de la mitad que la de las plantas no tratadas. Sin embargo, se comprobó que no actúa a nivel de destrucción de auxinas, ya que, no aumenta la descarboxilación ni interfiere con el transporte, pues no se encuentran grandes cantidades de éstas en los sitios de producción (81). En el endocarpo de frijol y en secciones de Rhago, se observó que el etileno actúa a nivel de la biosíntesis de la auxina (68), lo cual podría ser un mecanismo de autoregulación.

Parece ser que también existe una relación entre el etileno y el bloqueo de la síntesis de AG, que desencadena la biosíntesis de ABA. Como se mencionó (en el apartado de Cycocel), ambos compuestos no pueden estar presentes al mismo tiempo en cantidades bioactivas y la síntesis de uno bloquea la síntesis del otro (figura 3) (6).

Esta relación se ha encontrado en durazno (Prunus persica), donde los niveles endógenos de AG3 descienden, cuando los frutos senescen (87), etapa del desarrollo cuando se incrementan los niveles de etileno y de ABA (6). Con la aplicación de etefón de 37.5 a 150 ppm, se observó una reducción en la retención de los frutos, siendo eliminado este efecto con la aplicación de AG3 de 50 a 100 ppm (87).

En forma natural el aumento en la síntesis de etileno, está asociada con la respiración climatérica de algunos frutos carnosos (69). Se hecho, la aplicación de etileno inicia el climatérico, el cual está asociado al proceso de maduración de los frutos. En el crecimiento del fruto juegan un papel importante las auxinas y los giberelinas, pero el etileno es indispensable para lograr la maduración. En este proceso hay un bloqueo en la síntesis de clorofila, se detiene la fotosíntesis y se expresan los pigmentos carotenoides. Esta involucrada de manera directa el ABA (57).

En uvas variedad Coward, tratadas con Etefón a 50, 100 y 200 ppm, se observó que no hubo diferencias en el porcentaje de maduración. Sin embargo, los sólidos solubles y la fuerza necesario para cortar las bayas disminuyó con el aumento en la concentración de Etefón y el incremento del tiempo a la cosecha (24, 48 y 72 horas después de la aplicación). Así también, con

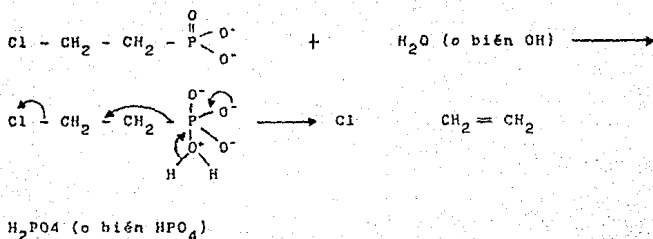


Figura 4. Formación del Etileno a partir del Ethrel.
Yang, S. F. 1969.

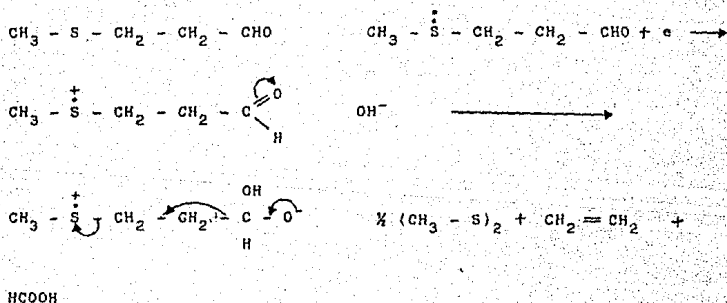


Figura 5. Formación de etileno a partir del metional. Yang,
S. F. 1969.

altas concentraciones incremento significativamente el peso de los boros (33).

Con aspersiones de 75 y 150 ppm de Etefón y 1 000 ppm de AG. a árboles de durazno variedad Redhoven, se observó que el "ennegrecimiento", resultado de la catálisis enzimática de la oxidación de compuestos polifenólicos en los frutos, lo que puede dar lugar a deterioro no sólo en color, sino también en olor, sabor y valor nutricional; disminuye en relación a las plantas no tratadas. Este efecto es más notorio en los tratamientos que se realizaron con fecha más cercana al inicio de la formación del fruto. Anteriormente los métodos tradicionales para controlar el ennegrecimiento enzimático incluía desnaturalización de los compuestos polifenólicos, excluyendo oxígeno, adición de agentes reductores como el ácido ascórbico y dióxido sulfúrico, y controlando el pH, pero el uso de los reguladores del crecimiento como el Etefón, ha dado mejores resultados en durazno, ciruela (Prunus cerasifera), manzana (Malus sylvestris) y cereza (Prunus avium) (58).

Dado que, el Ethrel funciona en los tejidos vegetales como un antiabscisínico y antiauxínico, es de esperarse que las respuestas de las plantas tratadas, sean de inhibición del crecimiento, actuando sobre la síntesis del ácido desoxirribonucleico (ARN) y la división celular en el meristemo apical (40,60).

El etileno desempeña un importante papel en la transcripción y duplicación del código genético, incorporándose en el ARN (61).

Así tenemos que aplicaciones de Etefón y Cycocel en diferentes etapas del desarrollo de vid tuvieron como respuesta un atraso del inicio de la brotación. Esta fue diferente según la dosis y el momento de aplicación (31).

Sin embargo, existe un gran número de estudios con Ethrel, donde se han observado diferentes respuestas de crecimiento, tales como:

El incremento en el número de panículas de árboles de mango (Mangifera indica), cuando se aplicó Ethrel en 500 y 1000 ppm con aspersiones sencillas y triples, desde un mes antes de la época normal de inicio de la brotación (48).

Incremento del peso seco de uvas, cuando se aplicó Etefón en 0.50, 100 y 200 ppm, en una etapa cercana a la madurez del fruto. El aumento del peso seco fue mayor al incrementarse las concentraciones (33).

En tejidos de aguacate (Persea spp.), plátano (Platanus spp.) y en endospermo de frijol, sometidos a tratamientos con etileno y oxinas, se observó que el etileno no tiene efecto inhibitorio en la síntesis de ARN y proteínas. Tampoco tiene efecto sobre la permeabilidad de los tejidos, pero algunas veces mejora la

absorción de sustancias disueltas (69). Lo cual podría ser la explicación de la promoción de crecimiento en algunas especies.

En Citrus reticulata (mandarina, variedad Dancy) tratada por aspersión con 200 y 250 ppm de Etefón, se incrementó el tamaño del fruto y el valor de la cosecha. El tratamiento fue menos efectivo bajo condiciones de tensión de agua, en el cual no se observó abscisión foliar. El Ethrel fue más efectivo cuando se aplicó a frutos que tenían un diámetro de 15 mm (52).

Ahora bien, esta serie de características de las plantas tratadas con Ethrel, han sido también manejadas para favorecer trasplantes de alta calidad.

Toha y Kretchman (80), hicieron un estudio al respecto, tratando tomates trasplantados, con Etefón de 100 a 500 ppm, cuando los yemas florales fueron visibles pero no habían abierto. Obteniendo como resultado, la abscisión de los primeros frutos, formación de raíces adventicias sobre el tallo e incremento con el contenido de materia seca. Así también, observaron que la maduración del fruto fue uniforme y más temprano que las plantas no tratadas y las que no fueron podadas. En general, las plantas tratadas con Etefón presentaron mejor color y fueron más firmes, siendo más convenientes para el trasplante, dado que, después de éste se recuperaron rápidamente, presentando un crecimiento más rápido que las que no se trataron. Los autores concluyen que parece haber una relación entre la edad del trasplante al tiempo de aplicación y el tiempo entre la aplicación y la cosecha.

En otro estudio, donde el Etefón fue utilizado también para mejorar el trasplante, práctico que parece importante en tomate para uniformizar el cultivo, la cosecha y para retener la planta

si las condiciones climáticas y del suelo no son favorables. Se aplicó por aspersión foliar, Etefón a 300 ppm, a diferentes variedades de tomate trasplantado, indicando los resultados, que la mayor parte de las variedades mostraron proliferación de raíz y un incremento en el diámetro del tallo. Se observó que el rendimiento de frutos en el trasplante, cuando se aplica Etefón, no se afecta adversamente. Concluyendo que la gran proliferación de raíces puede ser la razón de que las plantas trasplantadas y tratadas con este regulador crecen más rápido. También indicaron que los cultivares de tomate responden a diferentes tratamientos en diferentes épocas de trasplante (23).

La acción diferencial en la promoción del crecimiento radical, ha quedado demostrado también en estudios con estacas de rango tomadas de plantas de dos meses de edad y con cortes de quayaba (Pisidium guajava) y Syzya aqueum de árboles establecidos. Los cortes fueron depositados en soluciones de Etefón 40 ppm o en acetileno 100 ppm por 24 horas. Algunas de las estacas fueron sumergidas 30 segundos en soluciones de Ácido indolacético (2 500

ppm) o Acido indolbutirico (2 500 ppm). En mango el Etefón, incremento 41% el número de raices, 48% cuando se combinó con Acido indolacético y 76% con Acido indolbutirico. El acetileno fue menos efectivo. Los cortes de guayaba no enraizaron en ausencia de auxinas y en S. aqueum el Etefón también inhibe el crecimiento (67).

3.5 Acido indolbutirico.

3.5. Nomenclatura y propiedades fisicas y quimicas (56).

Nombre quimico	Acido 3 indolbutirico.
Nombre común	IBA (con las sibilas en Ingles) AIB (en español).
Nombre comercial	Reglone por la Anchem Products, Inc. (Sin embargo, este producto está formado por el Acido indolbutirico y el Acido naftalenacético).
Fórmula estructural	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{N} \end{array} \quad \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \text{COOH}$
Peso molecular	203.3
Estado fisico, color y olor	Cristales, blancos o ligeramente amarillos, con un ligero olor.
Solubilidad	Soluble en acetona, alcohol etílico o isopropílico y eter. Es prácticamente insoluble en agua y cloroformo.
Estabilidad	Altamente estable.

El Acido indolbutirico (AIB), es una auxina sintética del grupo de los indoles (46), lo cual presenta un núcleo con un doble enlace, una cadena lateral que posee un grupo carboxilo y átomos de carbono entre el núcleo y el grupo carboxilo. Condiciones esenciales, que se creía, deben presentar las moléculas con actividad auxínica (5). A pesar de que el AIB, es más conocido en su forma sintética, también se ha encontrado en forma natural en algunas especies (46).

3.5.2. Modo de acción.

El mecanismo de acción de las auxinas sintéticas, es típico al ácido natural (ácido indolacético), aunque se han encontrado ciertas diferencias entre las auxinas sintéticas, debido a las propiedades secundarias de sus moléculas (5,63). Tal es el caso de las primeras que se sintetizaron, como el ácido indolacético (AIA), ácido naftalenacético (ANA) y el ácido indolbutírico (AIB). El primero es muy activo, pero su molécula se destruye fácilmente por oxidación, así también, es muy soluble y se descompone rápidamente en los tejidos. El ANA, presenta un margen muy pequeño entre el umbral de su actividad y de su toxicidad, aunque su molécula es muy estable y de lenta traslocación (se sabe que una auxina de lento movimiento es muy activa (40)). El AIB, es también muy estable y de lenta traslocación, por lo que queda más tiempo en el sitio de aplicación, siendo su acción más localizada que el AIA, pero no presenta un margen pequeño entre su toxicidad y actividad (5).

Las auxinas intervienen en diferentes procesos del crecimiento y desarrollo vegetal, siendo su acción principalmente sobre la división y elongación celular. Aunque también se ha encontrado que controlan otros fenómenos como: diferenciación celular, dominancia apical, geotropismo, partenocarpia, abscisión de hojas y frutos, entre otros (46).

El crecimiento, en el sentido más amplio del término, es un aumento de masa, tamaño o ambas. El aumento en masa está dado por la división celular, fenómeno que se realiza en los meristemas apicales y laterales de las plantas. Seguida de esta división, se realiza la elongación celular, la cual da lugar al aumento de tamaño. El crecimiento implica ambos fenómenos, sin embargo, existen algunos casos en los que no hay elongación, como en la formación del gametofito en una microspora, pero siempre se añaden sustancias al sistema; protoplasma y membranas celulares (16).

Es en los meristemas del brote (tallo, ramas y hojas) donde se ha encontrado mayor concentración de auxinas (45), relacionando ésta con las actividades mitóticas (46), típicas del tejido meristemático y por lo cual recibe su nombre (Meristo: del griego, divisible) (16).

Las auxinas están presentes durante todo el ciclo celular y no únicamente durante la síntesis de ADN como se había sugerido (46,68). En numerosos estudios se ha encontrado que la aplicación de las auxinas en bajas concentraciones incrementa la síntesis de ARN, ADN y proteínas, siendo este incremento directamente proporcional con el tiempo y el crecimiento celular (26,45,74).

Por otra parte, una de las primeras teorías y todavía la más aceptada, sobre la acción de las auxinas en la primera fase de elongación, postula que incrementan la plasticidad de las paredes celulares, disminuyendo de esta forma la presión de turgencia y

asi, el agua puede penetrar a la célula por ósmosis, provocando su expansión (74,84).

Como tambien se ha observado que durante la elongación las paredes no se adelgazan, se sugiere que las auxinas tienen una acción especifica en su formación (45,46). Relacionando ésto con la formación de enzimas especificos que ayudan a la inserción de nuevos elementos en la membrana (26,45,74,84). De hecho, se ha comprobado que la auxina no puede causar respuesta en el crecimiento utilizando ARN y proteínas ya existentes. La auxina regula el incremento de los ácido nucleicos antes de un incremento en el peso fresco del tejido (26).

En frutos de Vitis vinifera variedad Black corinth, tratados con auxinas, giberelinas y citocininas, se registraron incrementos de ARN y ADN por unidad de peso, en el primer y segundo día después del tratamiento, lo que se relaciona con la división y elongación celular registrada. Se señala una absorción de agua, pues se encontró aumento en el peso fresco, pero no en el peso seco de las bayas. Concluyendo que el ARN y proteínas sintetizadas después de los tratamientos, pudieran actuar en la síntesis de enzimas necesarias en la elongación celular y en la absorción de agua (74).

Tambien la acción de la auxina está relacionada con un aumento en la respiración, fenómeno imprescindible en el crecimiento. La explicación de este hecho, se ha encontrado en cultivos de tejidos, donde existe un aumento en la respiración, asociada con un incremento en potasio, por lo que, se piensa que la auxina facilita la penetración de ciertos iones y de algunos metabolitos implicados en este proceso (46).

Por medio de la microscopia electrónica, se han encontrado envaginaciones de membrana (pinocitos) en células donde se aplicó auxina, lo cual ha esclarecido el hecho de la absorción de agua y de los iones mencionados. Facilitar la entrada de ciertos iones, permite el bloqueo en la penetración o acción de otros, como es el caso del calcio que inhibe los procesos de lignificación. Se ha encontrado que la auxina promueve la diferenciación del tejido xilemático (46).

Aunque es bien sabido, que las auxinas se producen en los meristemas del brote (45,85), su acción en el crecimiento radical, junto con las citocininas, es sumamente importante. El transporte de las auxinas del tallo a la raíz, es polarizado, en dirección basipétalo (del ápice a la base del tallo) y en dirección acropétalo (de la base al ápice de la raíz), a través de células parenquimatosas y del tejido vascular, principalmente del floema (45,80,85). El movimiento en los tallos es mayor que en las raíces, es por esto que en las últimas actúa de forma tan eficiente (45). De hecho una de las primeras aplicaciones de los

auxinas fue para enraizar esquejes de plantas herbáceas y leñosas y se realizaron con AIB, AIA, y ANA (5,14,45).

Las auxinas en la raíz actúan a nivel de los tejidos meristemáticos; apical de la raíz y en el periciclo (14,80). En la formación de raíces están involucradas algunas sustancias y factores ambientales, los cuales no han sido definidos en su totalidad (84). Por mucho tiempo se ha buscado a las sustancias o factores que interaccionan con la auxina para la formación de las raíces, encontrando que los carbohidratos y algunas sustancias nitrogenadas son importantes en este proceso, aunque no parecen ser los únicos (5,21,28,84).

En tallos de Rosa sinensis L. variedad Red hibiscus y en Alumonda cathartica, se mostró que para la formación de raíces son necesarios dos factores: auxinas y un factor que se encuentra en las hojas. Un análisis químico de la base de los cortes, mostró que el contenido de azúcares y de sustancias nitrogenadas era más alto en los cortes con hojas, que en las defoliadas. Así también, que la acción de las hojas en el proceso de formación de raíz puede ser regulada con estos compuestos. Se concluyó que no existe una sustancia especial como la rizocalina, en la formación de raíces (49), sustancia mencionada en varias investigaciones como factor importante en el enraizamiento (28).

En cortes de madera de diferentes especies de Tilia, se probó el AIB en altas concentraciones, con el fin de promover el enraizamiento. Se comprobó que las especies que tienen hojas más grandes (mayor área foliar) y tallo de diámetro mayor (mayor reserva de carbohidratos), enraizan más eficientemente. Pero también depende de la época del año en la que se hizo el corte, lo que también está relacionado con la reserva de carbohidratos (28).

En estacas de nogal (Juglans spp), obtenidas de partes aéreas de los árboles con desarrollo de 1 a 2 años y tratadas con AIB a 40, 80 y 2 500 ppm (24 horas), y 7 500 y 12 500 ppm (5 segundos), se observó que la concentración de 12 500 ppm fue la más eficiente para promover el enraizamiento, siendo este mayor en las estacas cortadas de las partes basales de las ramas (82). En las partes basales se ha encontrado mayor cantidad de carbohidratos que en las apicales, donde la concentración de sustancias nitrogenadas es más alta. En diversos estudios sobre propagación por estacado, se ha observado que una de las condiciones necesarias para promover el enraizamiento es una alta cantidad de carbohidratos (como fuente de energía) y baja concentración de sustancias nitrogenadas (base de los ácidos nucleicos) (21).

Las características genéticas de las especies también juegan un papel importante en el enraizamiento. Existen variedades de fácil enraizamiento y otras de difícil, sin embargo, la aplicación de auxinas principalmente de AIB puede ayudar al

enraizamiento en los variedades difíciles o mejorar la calidad en las de fácil (18,63,67). En diferentes cultivares de crisantemos, tratados con AIB y AIA a 2 500, 3 000, 3 500 y 4 000 ppm por inmersión rápida de la base de las estacas, se obtuvieron mejores resultados (en peso seco, longitud y número de raíces) con AIB y mayor enraizamiento en el crisantemo variedad Tinsel (63).

En estacas de mango tratadas con diferentes compuestos y auxinas, se observó un incremento del enraizamiento con todos los tratamientos, principalmente con AIB (incremento del 76%). Sin embargo, en cortes de guayaba sometidos a los mismos tratamientos, sólo se observó enraizamiento en las tratadas con auxinas (67).

También en estacas de benzamino (*Ficus benzamiana* L.), se probaron varios tratamientos con auxinas (AIB, Rootone y Fitocine) más lesionada, obteniendo con AIB 2 000 ppm más lesionada, la mayor calidad de enraizado (18). En algunas especies de difícil enraizamiento se presenta un anillo continuo de esclerexas rodeando al tejido vascular, el cual funciona como una barrera anatómica para la emisión de raíces. La aplicación de auxinas ocasiona una gran expansión y proliferación de células en la corteza, floema y el cambium, que provoca rupturas en los anillos de esclerenquima. Las rupturas también se pueden realizar por medio de lesiones o cortes en los tallos principalmente de madera vieja. Los tejidos cortados se estimulan y entran en división, debido a una acumulación de auxina y carbohidratos en el área y a un incremento en la respiración. Esto también está relacionado con una producción de etileno, el cual promueve la formación de raíces (21).

En ocho variedades de sarmientos (*Vitis* spp.) tratadas con AIB y Rootone a 1 000 ppm, con o sin lesión, se observó un aumento del 100% de enraizamiento y en el número de raíces por planta, bajo condiciones de invernadero, sin embargo, en campo sólo dos variedades (Saint George y Teleki) sobresalieron en relación al control. Las diferentes respuestas de estas variedades tratadas y crecidas en diferentes condiciones (invernadero y de campo), están dadas por factores ambientales (64). Se sabe que la acción de la auxina depende de la temperatura, luz, pH y O₂ (45), relacionándose la respuesta de los sarmientos tratados, principalmente con la luz y la temperatura (64).

En coliflor (*Brassica oleracea*), los tratamientos con AIB a 2 000 y 5 000 mg/l fueron efectivos en el enraizamiento y crecimiento de brotes y hojas. Sin embargo, se obtuvieron diferencias en las tasas de crecimiento según la época del año, lo cual se relacionó con la intensidad luminosa registrada en las diferentes estaciones. En verano el éxito de las aplicaciones fue superior (65).

Finalmente cabe mencionar, que aunque las auxinas son imprescindibles en el crecimiento de los órganos, también se ha comprobado que en altas concentraciones lo inhiben, debido a un incremento excesivo en la síntesis de ARN ribosomal, lo que causa un bloqueo, provocando en algunos casos malformaciones o muerte del tejido (26). En varios estudios al respecto, se ha señalado que esta inhibición puede ser causada por el etileno formado a partir de la auxina; inhibiendo la síntesis de ARN y ADN (60), pero este hecho no tiene bases firmes, ya que, en la mayoría de los investigaciones se ha comprobado que el etileno también promueve la síntesis de ARN, ADN y proteínas (26,69). Aunque sí sucede que inhibe la síntesis o metabolismo auxínico (68, 81,88), como fue señalado en el apartado de Ethrel.

La respuesta de las plantas, tanto a la inhibición, como a la promoción del crecimiento dependen del compuesto y la concentración utilizada, así como, de la especie tratada, entre otros factores. En frijol, chicharo y calabaza (Cucurbita spp.), la aplicación de auxinas inhibió el crecimiento del tallo (40), pero en plantas de jitomate trasplantado, se ha obtenido una respuesta diferencial: El ANA (250 ppm) inhibió el crecimiento, pero en combinación con el AIB en una solución de 50 ppm cada uno, promovieron el desarrollo de la planta, al igual que los tratamientos de AIB (50 ppm) solo (51).

MATERIAL Y METODO

1. Ubicacion y condiciones ambientales.

Este trabajo se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Fisiología Vegetal, en el Centro de Botánica del Colegio de Postgraduados, Chapingo, Estado de México.

Las plantas germinaron y se desarrollaron a la intemperie, hasta que se realizó el trasplante en macetas de plástico, después de lo cual, fueron colocadas dentro de un invernadero.

2. Material biológico.

El material biológico utilizado fue Phaseolus vulgaris L. variedad Cacahuate 72, proporcionado por el Laboratorio de Fisiología Vegetal, Centro de Botánica del Colegio de Postgraduados.

Esta variedad es de hábito determinado; tipo mata (29), con un ciclo de vida de aproximadamente 90 días; flor rosada; semilla grande, alargada, de color crema con rayos rosas (70). La cual se seleccionó, ya que, para la Cuenca de México bajo condiciones de temporal, se sugiere sembrar Cacahuate 72, Canario 107, Bayomex, Bayo 107, Ojo de Cabra 400, Amarillo 153, Flor de Mayo, Negro 150 y Negro Puebla. Siendo las de hábito indeterminado las más recomendables, cuando las lluvias se atrasan, debido a que las de guía (hábito determinado) o semiguía tienen un ciclo de vida más largo y pueden ser dañadas por heladas tempranas. Por otro, Cacahuate 72, presenta mayor resistencia a Antracnosis, Roya y Mosaico común (70).

3. Diseño experimental.

Se realizaron 2 experimentos, bajo un diseño completamente al azar (41), con 10 repeticiones de cada tratamiento incluyendo las siembras directas 1 y 2.

4. Experimento 1.

Frijol trasplantado a raíz desnuda y tratado por inmersión radical, durante 15 minutos en la solución de Ethrel y Acido indolbutírico correspondiente (Tabla 2).

La siembra se realizó en un almacigo rústico, construido con ladrillos y plástico. Se dividió en 3 secciones para sembrar en forma escalonada con una diferencia de 10 días entre siembra y siembra, con el fin de facilitar el manejo de las plantas al momento del trasplante.

En cada sección del almacigo, se colocaron 20 Kg de suelo y se hicieron cuatro surcos de 4 cm de profundidad, sembrándose 33 semillas de frijol por surco (132 semillas en total). Al mismo tiempo, en macetas de plástico que contenían 7 Kg de suelo, en una proporción de 2:1 de suelo orgánico y arena de río, se llevó a cabo una siembra directa (SD1), que consistió en sembrar una semilla en cada maceta.

El almacigo se mantuvo con buena humedad (3 l de agua en cada sección de 20 Kg de suelo, cada tercer día), hasta la remoción de las plantas, para aplicar los tratamientos. La cantidad de agua regada en la siembra directa fue proporcional a la del almacigo (1 l de agua en cada maceta, cada tercer día). Esta cantidad se regó también a las plantas trasplantadas a partir de éste.

Veinte días después de la siembra, las plantas del almacigo fueron removidas y seleccionadas tomando en cuenta su desarrollo. Ya se ha mencionado que una de las ventajas del trasplante es que se pueden seleccionar las mejores plantas.

Las raíces de las plantas fueron lavadas y una vez desnudas se sumergieron en las soluciones de Ethrel y Acido indolbutírico (Tabla 2), durante 15 minutos. El control (CT) fue sumergido en agua el mismo tiempo. Las concentraciones utilizadas se seleccionaron con base en estudios (23,37,38,73,77, mencionados en Antecedentes), tomando en cuenta el tipo y tiempo de aplicación.

El trasplante se realizó colocando una planta por maceta, las que se prepararon previamente con suelo húmedo. Después del trasplante se aplicó 1 l de agua en cada maceta para mantener el suelo con buenas condiciones. El riego se siguió haciendo cada tercer día, hasta finalizar el experimento. El trasplante se realizó a las 18:00 horas, para facilitar por la noche la recuperación de las plantas.

El día del trasplante se realizó una siembra directa (SD2), que

se interpreta, como la siembra tradicional al momento de iniciar el temoral.

5. Experimento II.

Frijol transplantado con cepellón y tratado por aspersión foliar con las soluciones de Cycocel, Ethrel y Acido indolbutírico correspondientes (Tabla 3).

En este experimento, se utilizó un almácigo comercial de poliuretano, el cual está formado por 128 cavidades cónicas que permitieron extraer las plantas con su correspondiente parte de suelo (12 gr, que se llamo cepellón).

La siembra se efectuó humedeciendo previamente la tierra y colocando una semilla en cada cavidad. El mismo día, se realizó una siembra directa (SD1), en macetas de plástico con 7 Kg de suelo (ver experimento I).

El almácigo se mantuvo con buena humedad al igual que la siembra directa, efectuándose los riegos en forma proporcional, como se mencionó en el experimento I.

A los veinte días después de la siembra, se realizó la única aplicación de los reguladores del crecimiento, sobre ambas superficies de las hojas; utilizando una bomba de aspersión manual. Las concentraciones de Ethrel fueron menores en relación al experimento I. Las concentraciones de CCC se determinaron tomando en cuenta estudios previos de este regulador, aplicado a frijol (19,69). A las plantas control (CT) se les aplicó agua de igual forma.

Los tratamientos se aplicaron a las 9:00 horas, tomando en cuenta la apertura estomatal diurna para facilitar la penetración de los reguladores del crecimiento. Las plantas sembradas directamente no fueron tratadas con reguladores.

El mismo día (de la aplicación de los reguladores) por la tarde se realizó el trasplante con cepellón a macetas con 7 Kg de suelo húmedo. También se efectuó una siembra directa (SD2) en macetas con 7 Kg de suelo (ver experimento I).

6. Evaluación del efecto de los tratamientos.

Se tomaron en cuenta los siguientes parámetros por planta:

A. Fisiológicos.

A.1. Capacidad de establecimiento de las plantas, después del trasplante (sobrevivencia).

A.2. Capacidad de absorción radical, por medio de la cuantificación de exudados y su potencial osmótico.

B. Algunos componentes del rendimiento.**B.1. Vegetal.**

B.1.1. Volumen de la raíz.

B.1.2. Peso seco de la raíz.

B.1.3. Peso seco de la planta.

B.1.4. Longitud de la planta (del epicótilo).

B.2. Económico.

B.2.1. Peso seco de las semillas.

B.2.2. Número de semillas normales.

B.2.3. Número de vainas normales.

B.2.4. Número de vainas vanas.

B.2.5. Número total de vainas.

B.2.6. Número de semillas abortadas.

B.2.7. Número de rudimentos abortados.

Para realizar la evaluación se dividió cada tratamiento (consistente en 10 plantas) en 2 lotes.

Lote 1.

Veinte días después del trasplante se tomaron 4 plantas al azar de cada tratamiento. La fecha de este muestreo se decidió debido

al interés de evaluar el efecto de los reguladores en los primeros días de transcurrido el trasplante; sobre el crecimiento de la planta y su capacidad de absorción radical, por medio de los parámetros mencionados con anterioridad.

La capacidad de absorción radical, se determinó por medio de la cuantificación de exudados. Los macetas de cada tratamiento se saturaron de agua y se cubrieron con una campana individual, para evitar la evaporación y disminuir la transpiración. Transcurridas 12 horas, se cortaron los tallos a nivel del nudo cotiledonario, para obtener el exudado del hipocotilo; por presión de raíz (34). El exudado se colectó durante 8 horas y se acumuló en viales graduados para medir su volumen. Posteriormente, se les determinó su potencial osmótico, en una cámara psicrométrica C - 52 (Wescor, Inc.) conectada a un macrovoltímetro MK - 33T (Wescor, Inc.) por el método de depresión del punto de rocío (34), para relacionarlo con la capacidad de absorción de las plantas.

Una vez realizado lo anterior, las raíces se extrajeron del suelo y se limpiaron muy bien. Posteriormente se determinó el volumen de cada una por desplazamiento de agua, utilizando una probeta de 500 ml o de 1 000 ml según el tamaño de la raíz.

Para determinar el peso seco de la raíz y de la planta (epicótilo), se secaron ambas partes, durante 72 horas a una temperatura de 70 °C, en una estufa aerada Precision Scientific Thelco, después de lo cual se pesaron.

La longitud del tallo se tomó desde el corte (nudo cotiledonario) siguiendo el tallo principal hasta la última yema apical.

Lote 2.

Formado por los 6 plantas restantes de cada tratamiento. Sobre este material se determinaron los componentes del rendimiento económico, una vez que las plantas alcanzaron su madurez fisiológica (vainas secas). El riego se suspendió cuando se presentaba el 95% de vainas secas.

Se contó el total de las vainas por planta y las vainas normales y vanas. A los vainas normales se les contó el número de semillas normales, abortada y el número de rudimentos abortados. Las semillas normales, se molieron y se llevaron a peso constante, en una estufa Blue - M Electronic Company, con una temperatura de 80 °C; para después determinar su peso seco en una balanza electrónica digital Sartorius 1212 MP, con un margen de 30/300 g y una precisión de 0.001/0.005 g.

7. Análisis estadístico.

Se aplicó un análisis de varianza y prueba de T student, en los parámetros que se observaban con cierto efecto; tanto un gradiente en relación a las concentraciones, como valores de los medios altos, debido a que son pruebas estadísticas confiables para detectar diferencias mínimas (0.005, 0.01 y 0.05). Los parámetros que no fueron analizados estadísticamente, se analizaron por observación de los gráficos y medias de cada tratamiento.

Tabla 2. Tratamientos por inmersión de raíz a plantas de frijol trasplantadas a raíz desnuda. Experimento I.

Ethrel	500 ppm
	1000 ppm
	1500 ppm
	2000 ppm
Acido Indolbutirico	125 ppm
	250 ppm
	500 ppm
	750 ppm
Control Trasplante (sin reguladores)	
Siembra directa 1	
Siembra directa 2	

Ethrel; formulado en México bajo licencia de Anchen Productos.

Acido indolbutirico; Merck.

Tabla 3. Tratamientos por aspersión foliar a plantas de frijol trasplantadas con cepellón. Experimento II.

Cycocel	100	ppm
	250	ppm
	500	ppm
	1000	ppm

Ethrel	100	ppm
	250	ppm
	500	ppm
	1000	ppm

Acido indolbutírico	125	ppm
	250	ppm
	500	ppm
	750	ppm

Control trasplante (sin reguladores)

Siembra directa 1

Siembra directa 2

RESULTADOS

1. Experimento 1.

A continuación se exponen los resultados únicamente de capacidad de establecimiento, debido a que no sobrevivieron las plantas trasplantadas a raíz desnuda y tratadas con reguladores. Así también, se hizo una comparación entre el Control trasplantado y la Siembra directa.

1.1. Trasplante con reguladores v.s. Control trasplante.

1.1.1. Ethrel.

1.1.1.1. Capacidad de establecimiento.

Después del trasplante, las plantas tratadas con Ethrel, presentaron inmediatamente síntomas de debilitamiento. Al día 15 después del trasplante se observó la oscureción y amarillamiento en los hojas y tallos, acentuándose a mayor concentración del regulador. El día 17 después del trasplante, se encontró el 100% de mortandad en todos los tratamientos con Ethrel, a diferencia de las plantas control que se encontraban vivas aunque con debilitamiento.

1.1.2. Acido indolbutírico.

1.1.2.1. Capacidad de establecimiento.

No se observaron síntomas de debilitamiento, después del trasplante. Transcurridos 3 días, se presentaron los primeros síntomas de marchitez, aumentando el grado y el porcentaje de plantas marchitas, en relación directa con las concentraciones. En el día 10 después del tratamiento, solo el 75% de las plantas tratadas con 125 ppm sobrevivían.

1.2. Control trasplante v.s. Siembra directa 1.

1.2.1. Capacidad de establecimiento.

La germinación fue más uniforme y rápida en los sembrados en el almácigo, que las de siembra directa. Después de transcurridos 15 días del trasplante, los únicas plantas sobrevivientes fueron las control, con algunos síntomas de marchitez, pero en relación a la siembra directa, el desarrollo del follaje disminuyó notoriamente. Al momento de esta evaluación (35 días después de la siembra) las sembradas directamente habían formado las 4 primeras hojas trifoliadas y los trasplantados tenían presentes únicamente las 2 primeras.

2. Experimento II.

A continuación se expondrán los resultados de las evaluaciones realizados en los diferentes tratamientos con reguladores en forma comparativa con el control trasplantado y las siembras directas.

2.1. Trasplante con reguladores v.s. Control trasplante.

2.1.1. Cycocel.

2.1.1.1. Capacidad de establecimiento.

Igual que en las plantas control, el establecimiento de las plantas trasplantadas con CCC fue inmediato y no presentaron síntomas de marchitez. Sin embargo, en estas últimas el desarrollo del follaje fue más lento conforme aumentaron las concentraciones y en relación al control.

2.1.1.2. Capacidad de absorción radical.

Solo en el tratamiento 1 000 ppm se obtuvo mayor cantidad de humedad que en las plantas control. No se observa un comportamiento regular en relación a las concentraciones y el potencial osmótico (Tabla 4).

2.1.1.3. Rendimiento vegetativo.

Las plantas de los tratamientos con Cycocel, no presentaron diferencias en cuanto a volumen y peso seco de la raíz, y peso seco de la planta, en relación al control trisecundado, a excepción de la longitud que se incrementó con los tratamientos de CCC, donde se observa que es mayor el diámetro la dosis (Tabla 5 y Figuras de la 6 a la 9).

2.1.1.4. Rendimiento económico.

Al igual que en el crecimiento vegetativo, algunos componentes del rendimiento como peso y número de semillas normales, vainas normales, vainas vanas, total de vainas, semillas abortadas y rudimentos no se vieron modificados significativamente. Sin embargo, se observa una ligero disminución en el número de semillas normales en relación al control, siendo más notorio este efecto a concentraciones bajas, lo cual repercutió en el peso de la semilla, única variable en la que se observó un comportamiento definido (Tabla 6 y Figuras de la 10 a la 16).

2.1.2. Ethrel.

2.1.2.1. Capacidad de establecimiento.

El establecimiento de las plantas tratadas con Ethrel después del trasplante, fue inmediato. Se observaron síntomas de amarillamiento en las hojas de las plantas tratadas con la concentración de 1 000 ppm. Al igual que en las plantas tratadas con Cycocel; el desarrollo del follaje disminuyó en relación al control, siendo más evidente a concentraciones altas (Tabla 4).

2.1.2.2. Capacidad de absorción radical.

En las plantas tratadas con este regulador se obtuvo mayor cantidad de exudado que en CCC, AIB y el control, lo cual estuvo en relación directa con el volumen de la raíz (Tabla 5), pero no así con el peso seco de ésta que fue menor. Se observó un comportamiento definido en la cantidad de exudado y el potencial osmótico; a menor cantidad de exudado, mayor potencial osmótico y en relación inverso el volumen de exudado con las concentraciones de Ethrel (Tabla 4).

2.1.2.3. Rendimiento vegetativo.

Se observó un incremento en la longitud del tallo, peso seco de la planta, así como en el volumen de la raíz, siendo más evidente al disminuir las concentraciones. Sin embargo, solo el volumen de la raíz se vio incrementado significativamente (la excepción de CCC 1 000 ppm que disminuyó) en relación al control (tabla 5 y figuras de la 6 a la 9).

2.1.2.4. Rendimiento económico.

En estos tratamientos, los componentes del rendimiento como peso y número de las semillas, vainas normales, vainas vanas, total de vainas, semillas abortadas y rudimentos, no se ven afectados significativamente. En el tratamiento 250 ppm, se observó un incremento en el número total de vainas y vainas normales, no obstante, el número de semillas no formadas (rudimentos) fue mayor, así como el número de vainas vanas, por lo que no se obtuvo mayor producción de semilla, como se esperaría (tabla 6 y figuras de la 10 a la 16).

2.1.3. Acido indolbutírico.

2.1.3.1. Capacidad de establecimiento.

No se observaron síntomas de debilitamiento después del trasplante y tratamiento. Transcurridos 3 días, se presentaron síntomas de marchitez en el 30% de las plantas tratadas con 750 ppm. Sin embargo, contrario a lo que sucedió en Cycocel, en las plantas tratadas con AIB el desarrollo de follaje fue más rápido conforme aumentaron las concentraciones.

2.1.3.2. Capacidad de absorción radical.

No se observó relación del volumen de exudados obtenidos y su potencial osmótico. Se obtuvo mayor cantidad de exudado que en las plantas control, lo cual se relacionó con el volumen de la raíz, que fue mayor en estos tratamientos (tabla 4).

2.1.3.3. Rendimiento vegetativo.

En los tratamientos con Acido indolbutírico, no se observó un patrón de comportamiento definido en el rendimiento vegetativo, aunque se observa un incremento

o concentraciones menores, igual que en los tratamientos con Cycocel y Ethrel, se determinaron valores más altos que en las plantas control, sin embargo, no son estadísticamente significativos (tabla 5 y figuras de la 6 a la 9).

2.1.3.4. Rendimiento económico.

En las plantas tratadas con AIB a 500 y 750 ppm disminuyó el número de vainas normales, disminuyendo de esta forma el número de semillas normales y por lo tanto, el peso de éstas. Los tratamientos de 125 ppm y 250 ppm no presentaron diferencias significativas en relación al control en esta variable (tabla 6 y figuras de la 10 a la 16).

2.2. Trasplante con reguladores v.s. Siembra directa 1.

2.2.1. Capacidad de absorción radical.

Las plantas sembradas directamente presentaron mayor capacidad de absorción radical; la cantidad de exudado colectado en éstas fue muy alta, en relación a la de los tratamientos con reguladores, lo cual estuvo relacionado al crecimiento radical (tablas 4 y 5).

2.2.2. Rendimiento vegetativo.

El peso seco y volumen de la raíz, así como, el peso seco de la planta y la longitud de ésta, disminuyó significativamente en las plantas tratadas con reguladores del crecimiento, en relación con las plantas sembradas directamente (tabla 5 y figuras de la 6 a la 9).

2.2.3. Rendimiento económico.

Las plantas sembradas directamente aumentan significativamente los componentes que disminuyen el rendimiento como, vainas vanas, semillas abortadas (a excepción del número de rudimentos). Sin embargo, los componentes aumentan el rendimiento como, vainas normales, semillas normales y el componente final; peso de las semillas, no presentaron un aumento importante con respecto a los tres reguladores aplicados, donde se reducen los valores de estas variables, a excepción de Ethrel 250 ppm que no presenta diferencias en cuanto a semillas normales y

peso de éstas y Ethrel 1 000 ppm y A18 125 ppm en semillas normales (Tabla 6 y figuras de 10 a la 16).

2.3. Control trasplante v.s. Siembra directa 1.

2.3.1. Capacidad de absorción radical.

La capacidad de absorción de las plantas sembradas directamente fue predominantemente mayor que las trasplantadas sin tratamiento con reguladores (CT). La cantidad de exudado colectado en el CT fue menor y su potencial osmótico mayor (Tabla 4).

2.3.2. Rendimiento vegetativo.

Las plantas trasplantadas disminuyeron notoriamente el rendimiento vegetativo en relación a las plantas sembradas directamente. Esta se observó en las variables volumen de la raíz, peso seco de la raíz, peso seco y longitud de la planta (Tabla 5 y figuras de la 6 a la 9).

2.3.3. Rendimiento económico.

A pesar de la disminución del rendimiento vegetativo, no se observaron diferencias significativas en cuanto a peso seco de la semilla, semillas y vainas normales. El número total de vainas fue incrementado en la S11, pero éstas fueron vainas vanas, por lo que también se observó un aumento en las semillas abortadas (Tabla 6 y figuras de la 10 a la 16).

2.4. Control trasplante v.s. Siembra directa 2.

2.4.1. Capacidad de absorción radical.

No hubo diferencias en la cantidad de exudado obtenido en ambos tratamientos, sin embargo el potencial osmótico fue mayor en las plantas trasplantadas (Tabla 4).

2.4.2. Rendimiento vegetativo.

El rendimiento vegetativo de la siembra directa 2 fue menor en todos los parámetros medidos, pero sobre todo en la longitud del tallo. Cabe mencionar que al realizar esta evaluación, la S12 tenía 20 días menos de edad que las

plantas trasplantadas, dado que, estas fueron sembradas en el biotopo.

2.4.3. Rendimiento económico.

El total de vainas es mayor en la SB2, sin embargo, la cantidad de semillas y de vainas no formadas (cobertadas y vanas respectivamente) fue más alto, por lo que el peso de las semillas disminuyó significativamente en relación al control (tabla 6 y figuras de la 10 a la 16).

3. Otras observaciones.

En el experimento II, se observaron diferentes comportamientos en cuanto a la maduración de la semilla (ciclo agrícola), obteniendo de esta forma 4 cosechas a diferentes tiempos (tabla 7).

Como el parámetro que se tomó en cuenta para suspender los riegos fue el porcentaje de vainas llenas y la suspensión de la floración; los riegos suministrados y la cantidad de agua proporcionada a las plantas tampoco fue uniforme.

Cosecha 1.

Las plantas cosechadas en el primer bloque presentaron un 95% de vainas llenas el día 60 después de la siembra, a partir del cual no fueron regadas; cosechándose del día 75 al 90 después de la siembra (55 y 60 días después de haber sido trasplantadas).

Cosecha 2.

En las plantas cosechadas en el segundo bloque, se suspendió el riego de 1 l de agua por planta, el día 60 igual que en la cosecha 1, pero como se encontró solo el 50% de vainas llenas, se prosiguió el riego durante 10 días más (hasta el día 70 después de la siembra), suministrándose 500 ml de agua por planta, ya que, se observó que con esta cantidad se mantenía con buena humedad hasta el siguiente riego. La cosecha se realizó a partir del día 80, finalizándola el día 85 después de la siembra (65 días después de haber sido trasplantadas).

Cosecha 3.

De igual forma se procedió con las plantas cosechadas en el tercer bloque, pero el riego de 1 l de agua cada tercer día, se

suspendió el día 65 y a partir de esta fecha se suministraron 9 riegos de 500 ml hasta el día 85, en el cual se suspendieron, ya que, se encontraba el 90% de vainas llenas. La cosecha se realizó a los 100 días de haber sido sembradas y a los 80 días de trasplantadas.

Cosecho 4.

Las plantas cosechadas en el cuarto bloque fueron las sembradas directamente (SD1 y SD2). En la siembra 1 se suministraron mayor número de riegos y mayor cantidad de agua, esto fue por que se regó 1 l de agua desde el día de la siembra, por otro lado, no fue hasta el día 70 cuando se suspendió el riego. El día 85, se decidió suspender el riego de 1 l de agua, pero se suministraron otros 3 riegos de 500 ml. Cabe aclarar, que en la SD1 no se presentaron en forma marcada los periodos de floración, formación de fruto y llenado de éste, ya que, estos fenómenos eran constantes. Por lo tanto, la suspensión del riego fue decidida por la presencia de vainas maduras (secas), las cuales se fueron cosechando, concluyendo ésta hasta el día 110 (20 días de cosecha) y debido a que concluían los 90 días (3 meses) a partir del trasplante, que en condiciones de temporal habría sido el inicio de las lluvias.

En la SD2, se procedió de igual forma que en la SD1 en relación a los riegos, sin embargo, se cosechó al momento de la cosecha final de la SD1 y no en su madurez fisiológica completa, como en la mayoría de las siembras tradicionales sucede (cosecha forzada en algunas ocasiones, debido a factores climáticos) y con esto poder evaluar la producción que se obtiene con tal cosecha.

Con esto se puede observar que las plantas trasplantadas y tratadas con CCC, Ethrel y AIB, aceleran la maduración entre 15 y 20 días en relación al Control trasplante. Así también, este madura 10 días antes que la SD1. Como la SD2 se cosechó tomando en cuenta también los 90 días después del trasplante, no se evaluó esta diferencia de maduración.

Por otra parte, se observó que las plantas tratadas con reguladores del crecimiento, no fueron atacadas por las plagas mosquita blanca, manador y medidor, a diferencia de los otros tratamientos.

Tabla 4. Efecto del Cycocel, Ethrel y Acido indolbutírico en plantas de frijol trasplantadas con cepellón, sobre la capacidad de absorción de raíz (cuantificación de exudados y su potencial osmótico)

Tratamiento		Cantidad de exudado(ml)	Potencial osmótico(barias)
Cycocel	100 ppm	0.07	-8.90
	250 ppm	-	-
	500 ppm	0.05	-2.60
	1000 ppm	0.10	-4.00
Ethrel	100 ppm	0.30	-1.73
	250 ppm	0.20	-1.73
	500 ppm	0.10	-2.93
	1000 ppm	0.08	-4.66
Acido indolbutírico	125 ppm	0.10	-5.33
	250 ppm	-	-
	500 ppm	0.10	-2.20
	750 ppm	0.05	-4.00
Control trasplante		0.05	-9.7
Siembra directa 1		1.00	-2.5
Siembra directa 2		0.05	-3.7

Tabla 5. Efecto del Cycocel, Ethrel y Acido indolbutírico en plantas de frijol trasplantadas con cepellón, sobre algunos componentes del rendimiento vegetativo. Promedio de 4 plantas.

Tratamientos	Peso seco de la raíz g.	Volumen de la raíz ml	Peso seco de la planta g	Longitud de la planta cm
Cycocel 100 ppm	1.65	37.50	3.48	27.58
200 ppm	1.11	31.25	3.28	23.37
500 ppm	1.23	53.75	3.35	22.12
1000 ppm	2.67	52.50	3.06	24.00
Ethrel 100 ppm	2.08	73.75	5.27	29.75
250 ppm	1.56	51.25	4.68	27.75
500 ppm	2.17	53.75	4.26	24.75
1000 ppm	0.55	26.25	1.59	16.50
Acido indol- butírico 125 ppm	2.77	47.50	4.13	33.00
250 ppm	1.29	35.00	3.19	27.62
500 ppm	1.56	55.00	3.93	32.88
750 ppm	1.52	40.00	2.78	29.12
Control Trasplante	1.05	38.75	2.92	19.00
Siembra directa 1	4.14	106.25	12.48	45.12
Siembra directa 2	0.38	22.50	1.21	10.00

Tabla 6. Efecto del Cycocel, Ethrel y Acido indolbutírico en plantas de frijol trasplantadas con cepellón, sobre algunos componentes del rendimiento económico. Promedio de 6 plantas.

Tratamientos		Peso seco de de la semilla g	Semillas normales #	Vainas normales #	Vainas veras #	Total de vainas #	Semillas abortadas #	Rudimentos #
Cycocel	100 ppm	9.40	25.83	9.50	4.00	13.80	3.20	18.80
	250 ppm	9.66	28.50	4.00	4.00	15.00	1.80	22.50
	500 ppm	9.95	30.30	11.00	8.33	18.17	4.5	20.20
	1000 ppm	10.50	28.83	9.60	4.16	13.80	1.70	19.20
Ethrel	100 ppm	9.95	27.66	9.33	3.66	13.00	4.70	15.30
	250 ppm	11.53	32.66	12.50	8.50	21.00	3.30	25.70
	500 ppm	9.20	25.50	9.16	2.83	12.00	2.20	18.20
	1000 ppm	9.28	31.40	11.40	4.80	16.20	4.30	21.40
Acido indol- butírico	125 ppm	10.73	31.50	9.66	5.00	14.66	3.00	14.30
	250 ppm	9.63	27.66	11.50	6.83	18.33	3.50	25.20
	500 ppm	7.66	24.50	8.83	5.33	14.16	2.50	19.30
	750 ppm	7.04	23.00	8.00	5.33	13.33	1.80	16.50
Control trasplante		11.83	32.50	11.66	4.16	15.80	2.80	22.50
Siembra directa 1		12.50	34.60	12.83	14.16	27.00	5.80	29.30
Siembra directa 2		8.00	30.50	10.00	8.16	18.16	8.30	15.80

Tabla 7. Efecto del Cycocel, Ethrel y Acido indolbutírico en plantas de frijol trasplantadas con cepellón, sobre el tiempo de maduración de las semillas. Promedio de 6 plantas.

Tratamiento		Agua regada (litros).	Suspensión del riego (días a partir de la siembra).	Cosecha (días a partir de la siem bra).	Cosecha (días a partir del tras plante).
Cosecha 1	E. 100 ppm E. 250 ppm AIB 500 ppm AIB 750 ppm CCC 100 ppm CCC 250 ppm CCC 500 ppm CCC 1000 ppm	19.20	60	80	60
Cosecha 2	E. 1000 ppm E. 500 ppm AIB 125 ppm AIB 250 ppm	20.75	70	85	65
Cosecha 3	Control trasplante	24.750	85	100	80
Cosecha 4	Siembra directa 1 Siembra directa 2	47.500 38.000	90 70	110 90	90 90

CCC Cycocel E. Ethrel AIB Acido indolbutírico

DISCUSION

Como se ha mencionado en este trabajo, la respuesta de los reguladores del crecimiento, depende del compuesto, concentración, tipo de aplicación, tiempo de aplicación, genotipo de la planta tratada, condiciones fisiológicas de ésta y condiciones ambientales.

Lo que se discutirá a continuación serán las respuestas de las plantas de frijol variedad Cacahuatl 721 bajo condiciones de invernadero; sometidas a tratamientos con Cycocel; Ethrel y ácido Indolbutírico a diferentes concentraciones; dos tipos de aplicación y condiciones fisiológicas diferentes, ya que, el trasplante se realizó a raíz desnuda y con cepellón, por lo cual se puede presentar diferencias en los fenómenos hídricos en la planta.

1. Experimento 1.

1.1. Traspante con reguladores y, s. Control trasplante.

1.1.1. Ethrel.

En las plantas trasplantadas a raíz desnuda y tratadas por inmersión de raíz en Ethrel, se obtuvo un 100% de mortandad, que pudo ser debida a las concentraciones utilizadas y al tiempo de inmersión. Se observó que el amarillamiento, abscisión foliar y muerte de las plantas fue directamente proporcional con la concentración y el tiempo transcurrido después de la aplicación.

El Ethrel al penetrar a la planta libera etileno. La liberación no es inmediata, es proporcional al tiempo y dependiendo de la cantidad de etileno liberado (que también está en relación directa con la cantidad de Ethrel aplicado) y acumulado en los tejidos, se puede obtener las respuestas de abscisión (37,39,86).

Se ha sugerido que puede haber una relación del etileno con el ácido abscísico (ABA). En procesos de maduración y de abscisión, donde están presentes el ABA y el etileno, hay un bloqueo en la síntesis de clorofilo, se detiene la fotosíntesis y se expresan los pigmentos caroténicos (lo cual da el color amarillo de los órganos), inmediatamente prosigue la abscisión (57), que va precedida de formación de celulosa sintetizada por el etileno (26).

1.2.2. Acido indolbutírico.

Los tratamientos con AIB, igual que los de Ethrel, promovieron en las plantas marchitamiento (amarillamiento y oscurecimiento), abscisión foliar y muerte.

Se sabe que todas las moléculas que poseen un grupo - CH₂ - CH₂ - en el centro, como es el caso del AIB, pueden producir etileno, como el Ethrel (84). En frijol se ha observado que existe un aumento de etileno en los tejidos después de aplicar auxinas (66). Por lo anterior, la respuesta obtenida fue quizá, debida a las grandes cantidades de etileno liberado, dadas las concentraciones y el tiempo de inmersión de las raíces.

En estos tratamientos, también se observa que el porcentaje de marchitamiento, estuvo en relación directa con el tiempo transcurrido después de la aplicación y con la concentración aplicada, dado que, las plantas tratadas a menor concentración 125 ppm, presentaron menor porcentaje de mortandad.

Es conveniente señalar que los efectos que causaron ambos reguladores en las concentraciones utilizadas, pudo deberse al tipo de aplicación (inmersión de la raíz). En numerosos estudios, se ha observado que el Ethrel y el AIB aplicados radicalmente promueven la formación de raíces, debido a que, son de lenta traslocación, actuando en forma limitada en el órgano tratado (37,38,45). Sin embargo, las raíces pueden ser más susceptibles que los tallos a tales concentraciones, dado que, están dentro del suelo y el etileno producido dentro de ellas no se difunde tan fácilmente al exterior, conservándose la mayor parte y actuando en forma letal (6).

2. Experimento II.

2.1. Trasplante con reguladores v.s. Control Trasplante.

En cada apartado se discutirán primero las respuestas de las plantas tratadas con las diferentes concentraciones del regulador correspondiente e inmediatamente se compararán con el control.

2.1.1. Cycocel.

La capacidad de establecimiento de las plantas trasplantadas con cepellón y tratadas con Cycocel, fue inmediato, lo cual pudo ser resultado entre otras causas, del atraso observado en el crecimiento. Esta respuesta ha evitado el volcamiento (dobles sobre el suelo) de diferentes especies después del trasplante, así como una rápida recuperación del estrés sufrido debido a éste, ya que, la reducción en la talle en los primeros días después del trasplante, permite que no sufran por agua (7).

Si se correlaciona el rendimiento vegetativo con el económico, en los tratamientos con CCC, se puede observar que el peso de la raíz y disminuye con el incremento del peso seco y la longitud de la planta, lo cual sucede a bajas concentraciones. Tales respuestas podrían deberse a que como el compuesto interrumpe el crecimiento, sin bloquear la fotosíntesis; los azúcares disponibles para el crecimiento, pueden formar carbohidratos de reserva (77), que en este caso pudieran ser utilizados para el crecimiento de la semilla y de la raíz.

Sin embargo, como en relación al control se encontró una ligera disminución en el número y peso de semillas normales y un incremento en el rendimiento vegetativo (en todas las variables utilizadas), se puede interpretar la acción del CCC de la siguiente forma: El CCC pudo actuar como fuente de nitrógeno reducido, promoviendo el crecimiento de la planta (32), principalmente raíz. No obstante, aunque incrementa el crecimiento, se ha observado que no tiene efecto sobre la tasa de asimilación neta (7), por lo que el rendimiento de la semilla puede disminuir. Por otra parte, la raíz es un órgano que demanda energía para su crecimiento, entonces la energía almacenada en la planta, pudo ser utilizada para el crecimiento radical y no para el crecimiento de vainas y semillas.

Cabe aclarar, que las diferencias encontradas no fueron estadísticamente significativas, debido quizá a que las concentraciones se encontraron por abajo del rango óptimo.

de acción para esta especie.

3.1.2. Ethrel.

Los síntomas de amarillamiento en las hojas de las plantas tratadas con la solución de 1 000 ppm, puede tener su origen en la liberación de etileno, dentro de los tejidos. Se ha observado que en aplicaciones de Ethrel, el etileno liberado se acumula en los órganos tratados (en este caso en las hojas), promoviendo la formación de ABA, lo cual da lugar a la formación de pigmentos caroténicos e inhibe la fotosíntesis (37,38).

Por otro lado, igual que en los tratamientos con CCC, se observó una disminución en el desarrollo del follaje con el incremento en las concentraciones. Respuesta explicable, ya que, el etileno liberado puede interferir con el metabolismo de las auxinas y giberelinas (57) y de esta forma disminuye la síntesis de ADN en el meristemo apical.

En cuanto al rendimiento, se observó que al disminuir las concentraciones de Ethrel, aumenta el volumen de la raíz, peso seco y longitud de la planta, así como, los componentes que favorecen el rendimiento económico (número de semillas y de vainas normales) al igual que el peso seco de las semillas, con lo cual queda demostrado el efecto inhibitorio del Ethrel en altas concentraciones, como ha sucedido en diversas investigaciones. En maíz trasplantado, reduce la longitud de los entrenudos y el rendimiento del grano en un alto porcentaje (73).

Sin embargo, el compuesto ha sido utilizado para promover el crecimiento radical (80), dando óptimos resultados, tal como sucedió en este estudio (en volumen de la raíz, pero donde se observó también una relación directa de esta variable y la longitud de la planta (en bajas concentraciones), lo cual contradice los efectos inhibitorios del crecimiento, observados en otras especies. En trabajos con jitomate, donde esta relación se dio, se sugirió que la proliferación de raíces, puede ser la causa de que las plantas crezcan más (23).

Por otro lado, no se observaron diferencias significativas del rendimiento económico, respecto a las concentraciones. Resultados que están de acuerdo con otras investigaciones de frijol, donde se ha demostrado que no modifica el rendimiento de las vainas, semillas y la caída de flores (29). Así también que no tiene efecto inhibitorio en la

de acción para esta especie.

2.1.2. Ethrel.

Los síntomas de amarillamiento en las hojas de las plantas tratadas con la solución de 1 000 ppm, puede tener su origen en la liberación de etileno, dentro de los tejidos. Se ha observado que en aplicaciones de Ethrel, el etileno liberado se acumula en los órganos tratados (en este caso en las hojas), promoviendo la formación de ABA, lo cual da lugar a la formación de pigmentos caroténicos e inhibe la fotosíntesis (37,38).

Por otro lado, igual que en los tratamientos con CCC, se observó una disminución en el desarrollo del follaje con el incremento en las concentraciones. Respuesta explicable, ya que, el etileno liberado puede interferir con el metabolismo de las auxinas y giberelinas (57) y de esta forma disminuye la síntesis de ADN en el meristema apical.

En cuanto al rendimiento, se observó que al disminuir las concentraciones de Ethrel, aumenta el volumen de la raíz, peso seco y longitud de la planta, así como, los componentes que favorecen el rendimiento económico (número de semillas y de vainas normales) al igual que el peso seco de las semillas, con lo cual queda demostrado el efecto inhibitorio del Ethrel en altas concentraciones, como ha sucedido en diversas investigaciones. En maíz trasplantado, reduce la longitud de los entrenudos y el rendimiento del grano en un alto porcentaje (73).

Sin embargo, el compuesto ha sido utilizado para promover el crecimiento radical (80), dando óptimos resultados, tal como sucedió en este estudio (en volumen de la raíz, pero donde se observó también una relación directa de ésta variable y la longitud de la planta (en bajas concentraciones), lo cual contradice los efectos inhibitorios del crecimiento, observados en otras especies. En trabajos con jitomate, donde esta relación se dió, se sugirió que la proliferación de raíces, puede ser la causa de que las plantas crezcan más (23).

Por otro lado, no se observaron diferencias significativas del rendimiento económico, respecto a las concentraciones. Resultados que están de acuerdo con otras investigaciones de frijol, donde se ha demostrado que no modifica el rendimiento de las vainas, semillas y la caída de flores (29). Así también que no tiene efecto inhibitorio en la

síntesis de AIB, ADN y proteínas en el pericarpo del fruto (68).

Comparando los diferentes tratamientos de Ethrel con el control, se puede observar que solo se obtuvieron efectos estadísticamente significativos en el volumen de la raíz y longitud de la planta (con bajas concentraciones), sin afectar significativamente el número y peso de la semilla.

La promoción del crecimiento vegetativo como respuesta a los aplicaciones del Ethrel, no es raro. De hecho, uno de los primeros efectos observados, fue el de estimular la germinación y el crecimiento de brotes, estimulando el desplazamiento de enzimas hidrolíticas y de reservas alimenticias en los tejidos circundantes (64). Así también, se ha comprobado en Frijol, que mejora la absorción de sustancias disueltas (66), los cuales pudieron ser utilizadas por las plantas de estos tratamientos, para su crecimiento vegetativo y no para el crecimiento de vainas y semillas, debido a que al momento de la aplicación de Ethrel las plantas se encontraban en la etapa de crecimiento vegetativo.

Es pertinente señalar, que los tratamientos con 500 y 1 000 ppm disminuyeron el crecimiento (longitud del tallo y el volumen de la raíz) en relación al control. Así como se ha comprobado que el etileno (en bajas concentraciones) puede actuar promoviendo el crecimiento. También existe un gran número de estudios, donde en altas concentraciones actúa bloqueando la acción de las auxinas y otras sustancias promotoras del crecimiento.

Por lo tanto, si los tratamientos con 500 y 1 000 ppm disminuyen el crecimiento sin afectar producción, son los más convenientes para el trasplante, así como, para obtener mayor producción por hectárea, pues se podría sembrar a mayor densidad.

2.1.3. Ácido indolbutírico.

Al igual que en los tratamientos con CCC y Ethrel, los síntomas de marchitez en las plantas tratadas con altas concentraciones de AIB, pueden ser debidas al etileno liberado dentro de los tejidos foliares, el cual actuó de manera proporcional con la concentración y el tiempo después de la aplicación. Sin embargo, a diferencia con los otros compuestos, el AIB aceleró la aparición de follaje, conforme aumentaron las concentraciones, lo que corrobora los

resultados de otras investigaciones, donde se ha demostrado que interviene promoviendo el crecimiento (26,45,46,85).

La promoción en el crecimiento vegetativo, se puede explicar dado la acción que presentan los auxinas aplicados o bajas concentraciones, en la promoción de síntesis de ADN y proteínas, indispensables para la división, elongación y diferenciación celular (26,45,46,74), procesos básicos en el crecimiento y desarrollo vegetal. No obstante, como ya se ha mencionado, en altas concentraciones las auxinas pueden inhibir estos procesos; hecho demostrado en este trabajo, dado que, el rendimiento vegetativo disminuyó al aumentar la dosis. La inhibición se ha explicado de varias formas:

- Que el etileno liberado bloquee la acción auxínica (57,81,88) o que éste inhiba la síntesis de ARN y ADN (60).
- Que ocurra un bloqueo a nivel de transcripción del ADN y formación de proteínas, debido al excesivo ARN mensajero sintetizado (26).

Analizado el rendimiento económico, se puede observar que el AIB en altas concentraciones, afectó en forma significativa el número de vainas normales, repercutiendo sobre el número y peso de las semillas. Esta relación de menor rendimiento vegetativo y baja producción, puede tener su explicación en la relación fuente - demanda. En frijol las hojas son las regiones de producción de fotosintatos (fuente) y los sitios de demanda son las flores, vainas, semillas, etc. (29). Por lo tanto, la fuente (el número de ramas y hojas) pudo ser el factor limitante para la producción de vainas y semillas normales. Afectando a nivel del crecimiento de las vainas y no a nivel de abscisión de flores y vainas jóvenes, ya que, el número total de vainas no disminuyó, pero el número de vainas aumentó. En términos de producción, las vainas viejas y las cuidas pueden ser semejantes, pero en cuanto a consumo energético; las vainas viejas abaten más la eficiencia en la utilización de fotosintatos, por lo cual no se permite el crecimiento de vainas y semillas normales (26), como sucedió en este experimento.

3.2. Trasplante con reguladores v.s. Siembra directa I.

La reducción en el rendimiento vegetativo de las plantas trasplantadas y tratadas con los reguladores del crecimiento, se debió al trasplante y no al efecto de los reguladores, ya que, éstos en general incrementaron el crecimiento en relación al control.

Así también, la respuesta obtenida en los componentes del rendimiento económico, puede tener su explicación en el trasplante (analizado en el apartado 2.3.) a excepción de los tratamientos con AIB a 500 y 750 ppm en los cuales se observó una disminución en el componente final del rendimiento (peso de la semilla), explicado en el apartado 2.1.3.

2.3. Control trasplante v.s. Siembra directa 1

El trasplante con cepellón disminuye el rendimiento vegetativo, comparado con la SMI, lo cual puede ser explicado por la limitación del sustrato, durante sus primeros veinte días de crecimiento en el almácigo. No obstante, con el trasplante no se ven afectados los componentes que favorecen el rendimiento económico, o sea el número de vainas normales, número y peso de semillas.

La formación de vainas en frijol, está en función del crecimiento vegetativo (formación de ramas y hojas). Sin embargo, la demanda es muy alta, por lo que un gran número de vainas se pierden; presentando abscisión temprana o interrumpiendo su crecimiento y de esta forma la energía disponible alcanza para el crecimiento normal de vainas y semillas, que vienen siendo solo una parte del total producido (29,62).

El trasplante incrementó la abscisión temprana de vainas (esto se midió indirectamente, tomando en cuenta el número total de vainas presentes por planta), lo que permitió que la energía fuera canalizada a la formación de vainas normales y no se desperdiciara en el crecimiento interrumpido de las vainas vanas, como sucedió en la siembra directa, donde se puede observar altas cantidades de éstas, semillas abortadas y rudimentos, y un crecimiento de vainas y semillas normales igual que en las plantas trasplantadas.

2.4. Control trasplante v.s. Siembra directa 2.

Al sembrar directamente un lote de plantas el mismo día del trasplante (SD2), nos dio datos sobre el rendimiento vegetativo y económico que podríamos esperar al realizar una siembra tradicional al iniciar el temporal con una cosecha a los 90 días (ciclo de vida del frijol cacahuate 72) y poder comparar ésta con el trasplante.

En los resultados resalta la disminución del rendimiento vegetativo de las plantas S02 en relación al trasplante (C1), lo cual es obvio, ya que, al momento de la evaluación, la S02 tenía una edad de 20 días y las trasplantadas de 40 días, debido a que estas fueron sembradas en el almácigo 20 días antes. Ahora bien, es pertinente analizar las ventajas que en esta etapa del cultivo (20 días después de ser instaladas en el terreno definitivo) presentan las plantas trasplantadas, ventajas en crecimiento, como el ahorro de deshierbes, ya que, la planta puede competir ventajosamente con las arvenses; así también el aprovechamiento del agua de lluvia para crecer y para el llenado de vainas (tabla 1) (35); como se pudo comprobar con este experimento, ya que, la S02 presentó mayor número de vainas vanas, aunque el número total de vainas fue mayor, ocasionando una fuerte disminución en el número y peso de las semillas.

Es importante mencionar, que el tiempo a la cosecha, después de la siembra (mencionado en el apartado 3, y en la tabla 7), pudo afectar el resultado del rendimiento económico, pues la S02 fue cosechada 10 y 20 días más joven que el Control Trasplante y la S01 respectivamente. Sin embargo es válido analizar la producción obtenida en este tiempo (90 días), ya que, bajo temporal no podría darse un lapso mayor para realizar la cosecha, sin arriesgarse a las heladas tempranas.

2.5. Capacidad de absorción radical en los diferentes tratamientos de trasplante con reguladores, control trasplante y en la siembra directa 1.

La capacidad de absorción radical, se midió por medio de la cuantificación de exudados, obtenidos por presión de raíz, tomando también el potencial osmótico de dichos exudados, para relacionar éstos con la capacidad de absorción de las raíces, por lo tanto,

En relación al volumen de exudado obtenido en los diferentes tratamientos, se puede observar que fue proporcional al volumen y peso seco de la raíz. En las plantas sembradas directamente, se obtuvo mayor cantidad de exudado que en las trasplantadas, debido al aumento radical, que provee a la planta de mayor superficie para obtener agua del suelo. En las plantas tratadas con reguladores, principalmente con Ethrel, se obtuvo mayor cantidad de exudado, que en los control, lo cual también se encontró relacionado con el volumen de la raíz.

En cuanto al potencial osmótico encontrado en los diferentes exudados, se puede observar más negativo (mayor potencial osmótico) a menor volumen de exudado, esto significa que la solución está menos diluida (potencial de agua más negativo).

En los plantas donde se encontró un alto potencial osmótico (más negativo), se espera que sean más eficientes en la absorción de agua del suelo al interior del xilema, ya que, al encontrarse un potencial osmótico alto en el interior del vaso (potencial de agua fuertemente negativo), se forma un gradiente osmótico, el cual permite la entrada del agua al xilema, puesto que el agua se mueve de alto potencial a bajo potencial de agua (6).

No obstante, en el trasplante con reguladores y sin reguladores, la reducción del tallo, así como el crecimiento radical en relación a la SDI, fue determinante en la absorción y flujo ascendente del agua, y en la cantidad de éste, pero no afectó significativamente el peso de la semilla.

3. Otras observaciones.

Es importante hacer mención de la maduración temprana que se presentó en los plantas tratadas con reguladores del crecimiento, respecto al control trasplantado y de éste con la siembra directa, aunque no fue un parámetro establecido, pero el acortamiento del ciclo puede traer beneficios para el cultivo de frijol, variedad Cacahuate 72, bajo temporal.

En diversos estudios se ha comprobado la acción del etileno ($CH_2 = CH_2$), sobre la madurez de las plantas. Se sabe que todas las moléculas que presentan un grupo $-CH_2 - CH_2-$ pueden liberar etileno (87) y presentar esta respuesta. Los compuestos utilizados en este trabajo, presentan en su molécula dicho grupo, por lo cual no es de extrañarse que aceleren la madurez.

La aplicación de etileno, directa o indirectamente para manipular la maduración, ha abierto gran cantidad de posibilidades para la agricultura, tales como: lograr cosechas tempranas, programación de las épocas para las cosechas, concentración de la madurez para facilitar la cosecha, entre otras (57).

En frijol la aplicación de Ethrel, ha tenido como objetivo, acelerar o uniformar la maduración, evitando así el peligro de heladas tempranas y pérdida de la cosecha; dando óptimos resultados con 400 ppm (57), como ha sido comprobado en este trabajo también en las concentraciones 100, 250, 500 y 1 000 ppm, al igual que los tratamientos con Cycocel y Acido

indolbutirico, lo cual es sumamente importante en siembras bajo temporal, como se mencionó (Tabla 7).

Por otro lado, es importante mencionar que el trasplante sin la aplicación de reguladores del crecimiento, también da la posibilidad de cosechar temprano (por lo menos 10 días antes), o de concluir el ciclo agrícola sin peligro de los helados tempranos; dado que, fueron sembradas veinte días antes en el almácigo. En este trabajo, las plantas trasplantadas maduraron 10 días antes que las sembradas directamente y sólo estuvieron en el terreno definitivo (en este caso en las macetas) 80 días; 10 días menos que las siembras directas y por lo tanto se presenta una ventaja de 20 días en total, en relación a éstas siembras (Tabla 7).

Así también cabe mencionar, la resistencia de las plantas tratadas con reguladores al ataque de algunas plagas que se presentaron. Ya se mencionó, que a menudo se ha encontrado en plantas tratadas con Cycocel, resistencia a algunas plagas y enfermedades aunque no se reportan propiedades plaguicidas, bactericidas o fungicidas en este compuesto. En las plantas tratadas con Ethrel y Acido indolbutirico, no se reportan respuestas de resistencia a plagas, sin embargo, también en estos tratamientos se encontraron menores ataques de las plagas mencionadas. Cabría hacer más estudios al respecto, pues representa una gran posibilidad en la agricultura, dada la incidencia de plagas, cada vez mayor.

CONCLUSIONES

- Los reguladores del crecimiento Ethrel y Acido indolbutirico, aplicados por inmersión de raíz, durante 15 minutos, afectan en forma letal a plantas de frijol trasplantadas a raíz desnuda.
- El trasplante con cepellón disminuye el crecimiento.
- El trasplante con cepellón no afecta el rendimiento económico.
- Los tratamientos con Cycocel por aspersión foliar, a plantas de frijol trasplantadas con cepellón, no afectan significativamente el rendimiento vegetativo y económico. Sin embargo, se observa incremento en el crecimiento y disminución del peso de la semilla.
- Las plantas tratadas con Ethrel a 1 000 ppm por aspersión foliar, disminuyen el crecimiento, sin verse afectadas en su producción en relación al control, por lo que son más convenientes para el trasplante.
- El Acido indolbutirico en altas concentraciones (500 y 750 ppm), aplicado por aspersión, foliarmente; disminuye la producción y no afecta significativamente el crecimiento, aunque se observa un incremento en éste en relación al control.
- La capacidad de absorción radical, es dependiente del crecimiento radical y de la planta, siendo en las plantas sembradas directamente, donde mayor cantidad se obtuvo. El potencial osmótico fue mayor a menor volumen de exudado.
- Las plantas tratadas con los reguladores del crecimiento, acortaron su ciclo de vida, se cosecharon 15 y 20 días antes que el control trasplantado y 25 y 30 días antes que la siembra directa.
- Mayor resistencia a plagas en las plantas tratadas con los reguladores del crecimiento.

SUGERENCIAS

- Seria conveniente hacer más estudios, aumentando o probando nuevas dosis, ya que, se observan tendencias favorables (mayor producción, menor crecimiento) en los tratamientos de Cycocel y Ethrel. Las cuales podrian dar la posibilidad de obtener mayor producción por hectáreas, dado que, se podría sembrar a mayor densidad. Con las dosis aplicadas, no se obtienen diferencias estadísticamente significativas.
- Asi tambien, para evaluar de manera confiable, la resistencia a plagas, de las plantas tratadas con Cycocel, Ethrel y Acido indolbutírico.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Alzate y Ramirez, J. A. 1831. Memoria sobre agricultura. Gaceta de Literatura II: 382 - 399.
- 2.- Armillas, P. 1949. Notas sobre el sistema de cultivo en Mesoamérica: de riego y humedad en la Cuenca del rio Balsas. Anales del Instituto Nacional de Antropología e Historia. 3: 85 - 113.
- 3.- Armillas, P. 1971. Gardens on Swamps. Science. 174: 653-661.
- 4.- Barret, J. E. y T.A. Nell. 1979. Effects of growth retardants on plant water use. Plant Growth Regulator Working Group. 6: 69 - 74.
- 5.- Beauchesne, R. G. 1973. Las hormonas de enraizamiento. En: Reguladores del crecimiento. Oikos - Tau. Español.
- 6.- Bidwell, R. G. 1987. Fisiología Vegetal. AGT Ed. México.
- 7.- Borkowski, J. 1977. Traktowanie Rozmady Pomidorow W Inspekcje Roztworem CCC W celu Ułatwienia Mechanicznego Sadzenia. Ogrodnictwo. 12: 312.
- 8.- Cathey, H. M. 1964. Physiology of growth retarding compound. Ann. Rev. Plant. Physiol. 15: 271 - 302.
- 9.- Clavijero, I. J. 1982. Historia antigua de México (1780). Porrúa, México.
- 10.- Clereci, M. S. 1977. Factibilidad económica de la aplicación del cloruro de cloro colina en la producción de linaza (Linum usitatissimum L.) en Apodaca, N.L. Monterrey, U.A.N.L. Tesis.
- 11.- Clifford, B. R. y J. R. Lenton. 1979. Recent developments in the use of plant growth retardants. Monograph 4. Ed. British Plant Group Botggrade Square, London.
- 12.- Cynamid International, S. A. Cycocel Regulador del

crecimiento de las plantas. Información Técnica. American Cyanamid Company. New Jersey, U.S.A.

- 13.- Dennis, D. T., C. D. Upper, y C. A. West, 1965. An enzymatic site of inhibition of gibberellin biosynthesis by Awo-1618 and other plant growth retardants. *Plant Physiology* 40: 948 - 952.
- 14.- Desaynard, B. 1973. Introducción general sobre las aplicaciones agronómicas de los reguladores del crecimiento. En: Reguladores del crecimiento. Oikos - Tau, Barcelona, España.
- 15.- Durán, B. 1967. Historia de los Indios de la Nueva España V. II. Porrúa, México.
- 16.- Esau, K. 1976. Anatomía Vegetal. Omega, Barcelona, España.
- 17.- Evans, M. L. 1974. Rapid responses to plant hormones. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 25: 195 - 223.
- 18.- Feregrino, D. J. 1984. Prueba de enraizadores químicos (AIB rootone F y fito - cime) en la propagación de benzamina (Ficus benzamina L.) bajo media sombra en Monterrey, N.L. U.A.R.L. Tesis.
- 19.- Halevy, A. H. y B. Kessler. 1963. Increased tolerance of bean plants to soil drought by means of growth-retarding substances. *Nature* 197: 310 - 311.
- 20.- Harada, H. y A. Lang. 1965. Effects of some (2-chloroethyl) ammonium chloride analogs and other growth retardants on gibberellin biosynthesis in fusarium moniliforme. *Plant Physiology* 40: 176 - 183.
- 21.- Hartman, H. T. y D. E. Keeter. 1964. Propagación de las plantas. Principios y prácticas. CECSA, México.
- 22.- Humphries, E. C. y W. Bond. 1969. Experiments with CCC (2-Chloroethyl trimethylammonium chloride) on wheat: Effects of spacing, nitrogen and irrigation. *Ann. Appl. Biol.* 64 (3): 375 - 384.
- 23.- Jaworski, C. A., S. C. Phatak y A. Liptay. 1980. Diferencial cultivar responses of tomato transplants to Elthephon. *Hort. Science* 15 (5): 647 - 648.
- 24.- Jyung, W. H., D. R. Dilley., S. H. Wittwer y M. J. Bokovac. 1965. Mode de action of some growth in tobacco leaf cell. *Plant Physiology* 40 (supple): xiii.
- 25.- Kende, H., H. Minnewann y A. Lang. 1963. Inhibition of

gibberellic acid biosynthesis in Fragarium
montiflorum by Gms 1618 and CCC. Naturw
issenschaften 30: 549 - 560.

- 26.- Kay, J. L. 1969. Hormones and nucleic acid metabolism. Ann.
Rev. Plant. Physiol. 20: 449 - 474.
- 27.- Khan, A. A. y M. E. Feibert. 1965. Inhibition of lettuce
seed germination and root growth by indoles and
coumarin and reversal by Cycocel. Plant
Physiology 40 (suppl.): vii.
- 28.- Klobe, M. B. y S. M. Salt. 1979. Effect of indolbutyric acid
and sampling dates on the roots of four Tillia
Lam. Scientia Horticulturae. 11: 391 - 397.
- 29.- Kohashi - Shibata, J. 1978. Fisiología. En: Contribuciones
conocimiento del frijol (Phaseolus spp.) en
México, Ed. E. M. Engleman, Rama de Botánico,
Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- 30.- Kurazshi, S. y R. A. Muir. 1963. Mode of action of growth
retarding chemicals. Plant Physiology 30: 19-
24.
- 31.- Lagarda, M. A. Efecto de la aplicación del ácido giberélico,
ethephon y cycocel en la brotación de la vid.
Chapingo, Colegio de Postgraduados. Tesis de
maestría.
- 32.- Long, A. 1970. Gibberellins: Structure on metabolism. Ann.
Rev. Pl. Physiol. 121: 537 - 570.
- 33.- Lane, R. P. y L. F. Floto. 1979. Effect of Ethephon on
ripening of 'Coward Muscadine Grapes' Hort.
Science 14 (16): 727 - 729.
- 34.- Larqué - Saavedra, A. 1980. Presión de la raíz y análisis
del estado del sistema. En: El agua en las
plantas. Fisiología vegetal experimental. Colegio
de Postgraduados, Chapingo, México.
- 35.- Larqué - Saavedra, A. 1981. El trasplante de maíz y frijol,
una posibilidad para las zonas agrícolas
temporaleras. En: Symposium, El trasplante de Maíz
y frijol, Colegio de Postgraduados, Chapingo,
México.
- 36.- Larqué - Saavedra, A. El uso de las hormonas vegetales en la
agricultura mexicana. Ciencia y Desarrollo (en
prensa).

- 37.- Lovee, S. y G. C. Martin. 1981. In vitro studies on ethephon induced abscission in olive I. The effect of application period and concentration on uptake, Ethylene evolution and leaf abscission. J. Amer. Soc. Hort. Science, 106 (1).
- 38.- Lovee, S. y G. C. Martin. 1981. In vitro studies on ethephon induced abscission in olive II. The relation between Ethylene evolution and abscission of various organs. J. Amer. Soc. Hort. Science, 106 (1): 19 - 26.
- 39.- Leight, H. 1937. Chinampas y almárgos flotantes. Colaboración especial para el Instituto de Biología, U.N.A.M. VIII.
- 40.- Letham 1978. Phytohormones and related compound a compresive tratise. Elsevier/North Holand.
- 41.- Little, T. M. y F. J. Hills. 1981. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Trillas, México.
- 42.- Lockhart, J. A. 1962. Kinetic studies of certain anti-gibberellins. Plant Physiology 37 (6): 759 - 764.
- 43.- Mishra, D. y G. C. Pradhan. 1972. Effect of transpiration reducing chemicals on growth, flowerin and stomatal opening of tomato plants. Plant Physiology 50: 271 - 274.
- 44.- Molina, A. 1970. Vocabulario en lengua castellana y mexicana 1585. Porrúa, México.
- 45.- Moore, T. C. 1979. Biochemistry and Physiology of plant hormones. Springer Verlag, New York, U.S.A.
- 46.- Morel, G. 1973. Propiedades fisiológicas y forma de actuar de las auxinas y giberelinas. En: Reguladores del crecimiento. Dikos - Tan. Barcelona, España.
- 47.- Muir, R. M. y J. G. Valdovinos. 1965. Gibberellin and auxin I, relationships in abscission. Plant Physiology 40 (Supl.) xxvi.
- 48.- Núñez, E. R. 1979. Efectos del Ethrel sobre la floración en mango (Mangifera indica L.) c.v. Haden. Chapingo, México. E.N.A. Tesis de licenciatura.
- 49.- Oberbeek, U. J., A. G. Salon y L. E. Gregory. 1946. An analysis of the function of the leaf in the

- process of root formation in cuttings, American Journal of Botany 33: 100-107.
- 50.- Oberbeek, H. J., H. R. Gibe, y Went, 1954, Nomenclature of chemical plant regulators, Plant Physiology 29: 307 - 308.
- 51.- Dropeza, E. A. 1980. Comportamiento de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) de la aplicación al suelo de ac. naltionacético (NAA), ac. indolbutírico (IBA) durante el trasplante, Monterrey, N.L., I.T.E.S.H., Tesis de licenciatura.
- 52.- Otto, J. J. 1981, Effects of Ethephon, Gibberellin and B.H. on fruiting of 'dancy' Tangerines, J. Amer. Soc. Hort. Science 106 (5): 597 - 600.
- 53.- Pain, S. K. y J. K. Datta, 1976, Studies of the Physiology growth and metabolism of maize (*Zea mays* L.) The effect of 2 - chloroethyltrimethyl ammonium chloride (CCC) on the growth and metabolism of the seedling, Indian Agric 20 (3): 211 - 219.
- 54.- Paleg, L., H. Kende, H. Mannemann y A. Lang, 1965, Physiological effects of gibberellic acid, VIII Growth retardants on barley endosperm, Plant Physiology 40: 165 - 169.
- 55.- Palerm, A. y E. Wolf, 1960, Agricultura y Civilización en Mesoamérica, S.E.P. Diana, México.
- 56.- Plant Growth Regulator Working Group, 1977, Plant growth regulator, Hand Book, Agricultural Research Center Sugar.
- 57.- Pascua, B. S. 1976, Efecto de la aplicación de 3 concentraciones de Ethephon en 3 diferentes épocas de madurez de una variedad de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Cadereyta Jiménez, N. L. Monterrey, N.L. Tesis de licenciatura.
- 58.- Paulsen, T., J. Vanderstoep y G. W. Foton, 1979, Effects of Gibberellic ac. and Ethephon on enzymatic browning of 'Redhaven' peaches, Hort. Science 14 (6): 711-713.
- 59.- Pill, W. G., U. N. Lamberth y T. H. Hinckley, 1979, Effects of cycocel and nitrogen on tomato water relations, ion composition and yield, Can. J. Plant. Sci. 59: 391 - 397.
- 60.- Plout, Z., A. H. Holey y E. Shmueli, 1964, The effect of

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

growth and transpiration of bean plant growth under various irrigation regimes. Israel Jour. Agric. Res. 14 (4): 153 - 158.

- 61.- Pratt, H. K. y J. Goeschl. 1969. Physiological roles of ethylene in plants. Ann. Rev. Plant. Physiol. 20: 541 - 584.
- 62.- Prieto, R. V. 1981. El orden y la ubicación de los flores. Su relación con el rendimiento y sus componentes en frijol (Phaseolus vulgaris L.) de hábito determinado c.v. cacahuate 72. Chapingo, México. U.A.CH. Tesis de licenciatura.
- 63.- Rodríguez. S.E. 1980. Efectos del ácido indol-3-butírico y ácido naftolenacético sobre el enraizamiento de estacas de crisantemo (Chrysanthemum morifolium Rosat.) Chapingo, México. U.A.CH. Tesis de licenciatura.
- 64.- Rodríguez, T. J. 1983. Evaluación del enraizamiento de estacas de B portainjertos de vid (Vitis spp) utilizando ácido indolbutírico (AIB) y Rootone, bajo condiciones de Marín, N.L. Monterrey, N.L. U.A.N.L. Tesis de licenciatura.
- 65.- Rojas Garcidueñas, M. y B. Gamez. 1978. Efecto del cloromequat en cultivares resistentes y susceptibles a sequía de cereales de primavera. XVI Informe de Investigación 1977 - 1978.
- 66.- Rubinstein, B. y F. B. Abeles. 1965. Relationship between ethylene evolution and leaf abscission. Plant Physiology 40: (suppl.) xxvi.
- 67.- Sacher, Y. A. y S. O. Sominen. 1969. Comparative studies of auxin and ethylene on permeability and synthesis of RNA and protein. Plant Physiology 44: 1371-1377.
- 68.- Sadhu, M. K. y S. Bose. 1981. Notas sobre promoción de enraizamiento de árboles frutales. Plant Growth Regulator 7: 6.
- 69.- S.A.R.H. - D.O.E.A. Anuarios estadísticos de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. 1977, 1978, 1979, 1980, 1981 y 1987.
- 70.- S.A.R.H. 1981. Guía para la Asistencia Técnica Agrícola. Área de influencia del campo agrícola experimental. I.N.I.A., CIAHEC, Campo Agrícola

Experimental, Valle de Mexico, Chapingo, Mexico, Follido.

- 71.- S.A.R.H. - R.G.E.A. 1983. Información agropecuaria y forestal. 1 - 3.
- 72.- S.E.F. 1980. Guía de planeación y control de las actividades agrícolas. Fondo de cultura Económica. México. 20 - 30.
- 73.- Solano, C. E. 1983. Resistencia a la sequía VII: Efecto del Cycocel y Ethrel en el trasplante de maíz (Zea mays L.) en condiciones de temporal. E.N.E.F. Zaragoza, U.N.A.M. Tesis de licenciatura.
- 74.- Soleimani, A., W. M. Kliever y R. J. Wenver. 1970. Influence of growth regulators on concentration of protein and nucleic acids in "Black Corinth" grapes. J. Amer. Soc. Hort. Science 75: 143 - 146.
- 75.- Stanislawski, J. J. 1970. Effect of growth regulators on some biochemical and physiological processes in cereals III. Comparison of the effect of 6 benzylaminopurine, gibberellin A3, and 2-chloroethyltrimethylammonium chloride on the content of indole - 3 - acetic acid in cereals during the sprouting and shooting period. Plant Growth Regulators, Chemical abstracts 72: 240.
- 76.- Stoodart, J. L. 1964. Chemical changes in Lolium temulentum L. after treatment with (2-chloroethyl) trimethylammonium chloride. En: Summary of papers presented at the CCC research symposium, Ginebra, Suiza. Cynamid International, New Jersey, U.S.A. 51 - 511.
- 77.- Taha, A. A., D. W. Kretchman y C. A. Jaworski. 1980. Effect of Daminozide and Ethephon on Transplant quality, plant growth and development, and yield of processing tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Science 105 (5): 705 - 709.
- 78.- Tognoni, F. A. y A. H. Holeyv. 1965. Growth analysis of bean plants an affected by root absorbed growth substances. Plant Physiology 40 (suppl.) xiii.
- 79.- Tolbert, N. E. 1964. Mode of action of CCC. En: Summary of papers presented at the CCC research Symposium, Ginebra, Suiza. Cynamid International, New Jersey, U.S.A. 11 - 13.
- 80.- Torrey, J. G. 1976. Root hormones and plant growth. Ann.

Rev. Plant Physiol. 27: 435 - 459.

- 81.- Valdovinos, G. J., E. Leland y T. E. Jensen, 1970. Plant Growth Substances. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- 82.- Villar, M. M. 1985. Enraizamiento de estacas de nogal de castillo (Juglans pecanifolia L.) tratadas con ácido indolbutírico (AIB) a una temperatura de 22 °C en la base. Chapingo, México. U.A.CH. Tesis de licenciatura.
- 83.- Wain, F. B. 1981. El control químico del crecimiento de las plantas. En: Los reguladores de las plantas y los insectos. CONACYT, México.
- 84.- Weaver, R. 1980. Reguladores del crecimiento de las plantas agrícolas. Trillas, México.
- 85.- Werner, D. J. y S. Jonna, 1979. The effect of indolbutyric acid and Kinetin on shoot induction of cauliflower leaf cuttings. Scientia Horticulturae II: 357-363.
- 86.- Yang, S. F. 1969. Ethylene evolution from 2-chloroethyl phosphonic ac. Plant Physiology 44: 1202 -1204.
- 87.- Youn, E. y L. J. Edgerton. 1979. Effects of Ethephon and Gibberellin acid, on thinning peaches. Hort. Science 14 (6) 713 - 714.
- 88.- Zeevaert, J. A. 1965. The growth retardant CCC as an inhibitor of gibberellin production in immature Pharbitis seeds. Plant Physiology 40 (suppl.) ixxv.

APENDICE

Efecto de los reguladores sobre el peso seco de la raíz

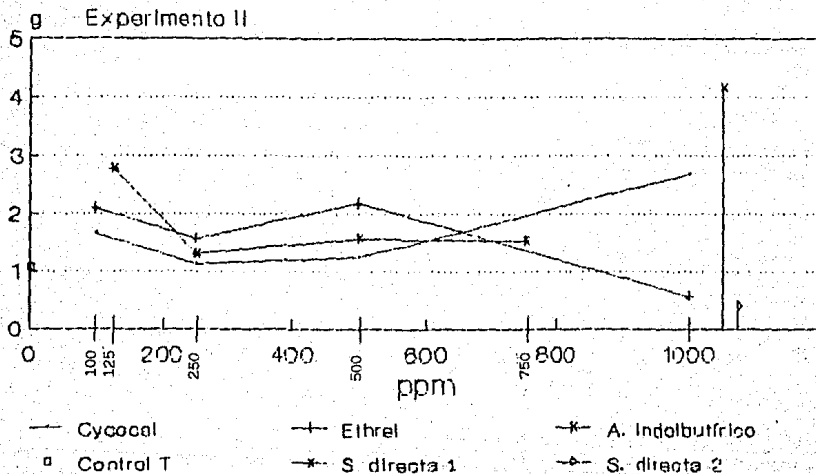


Figura 6

Efecto de los reguladores sobre el peso seco de la planta

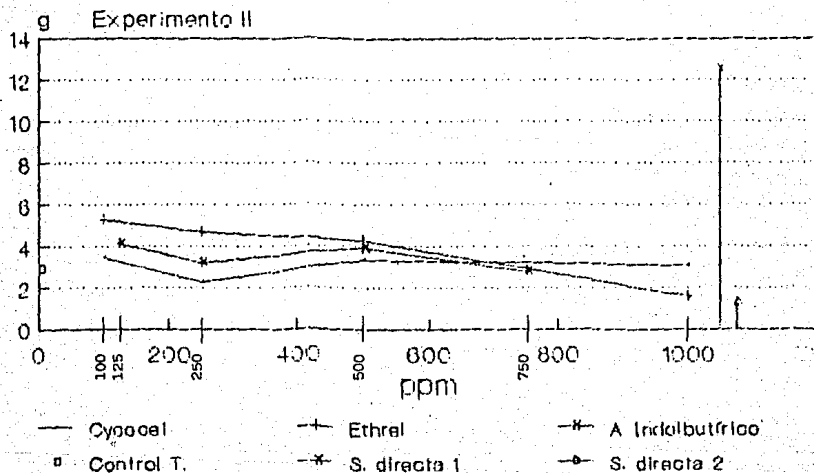


Figura 6

Efecto de los reguladores sobre la longitud de la planta

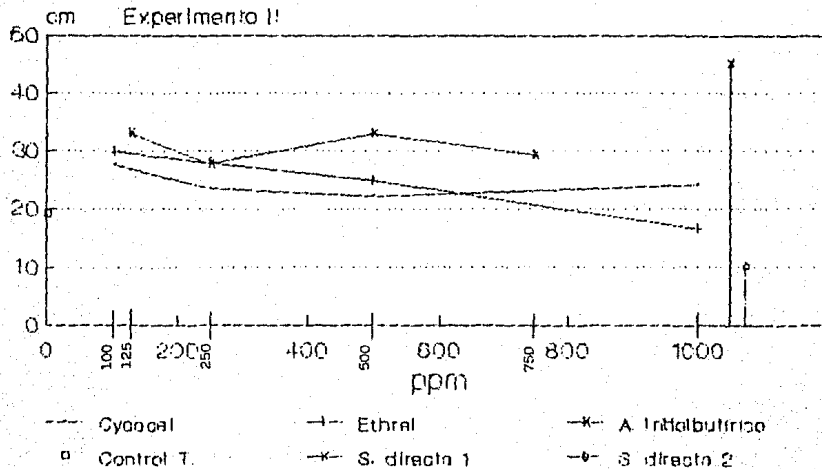


Figura e

Efecto de los reguladores sobre el volumen de la raíz

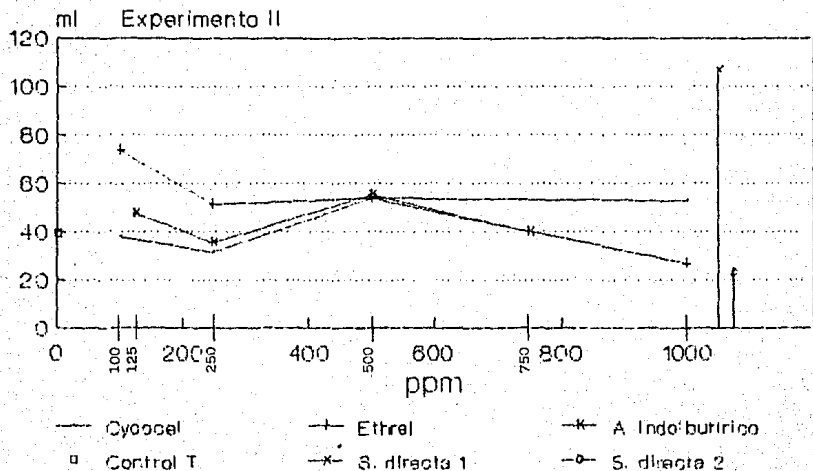


Figura 7

Efecto de los reguladores sobre el peso seco de la semilla

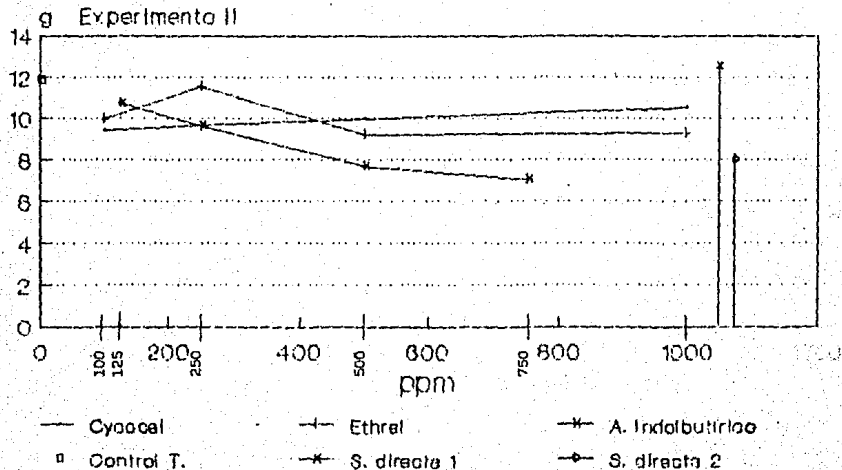


Figura 10

Efecto de los reguladores sobre el número de semillas normales

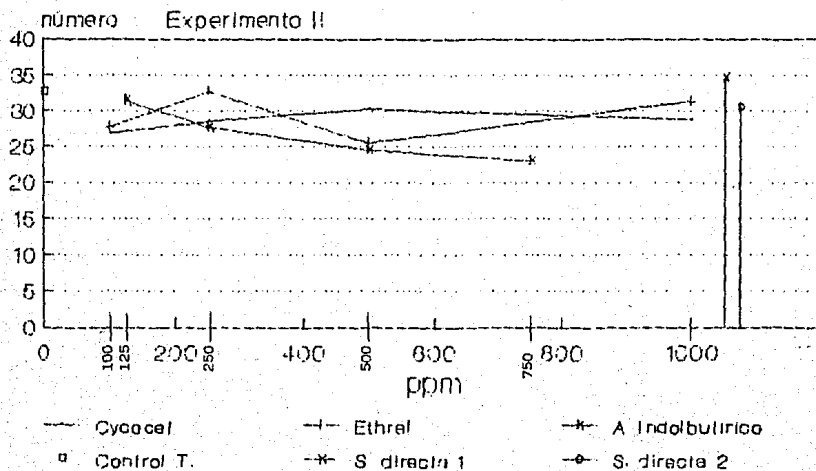


Figura 11

Efecto de los reguladores sobre el número de vainas normales

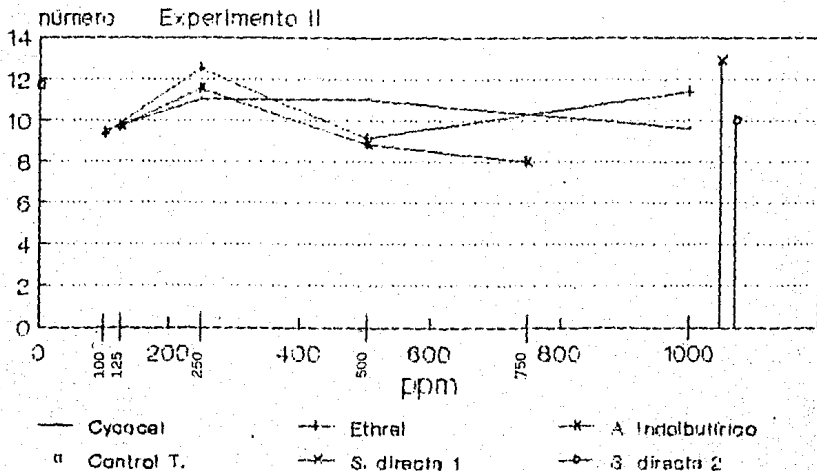


Figura 12

Efecto de los reguladores sobre el número de vainas vanas

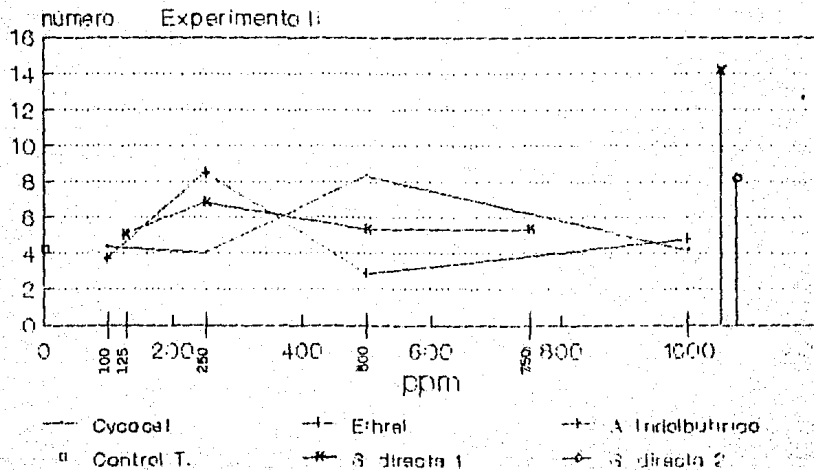


Figura 13

Efecto de los reguladores sobre el número total de vainas

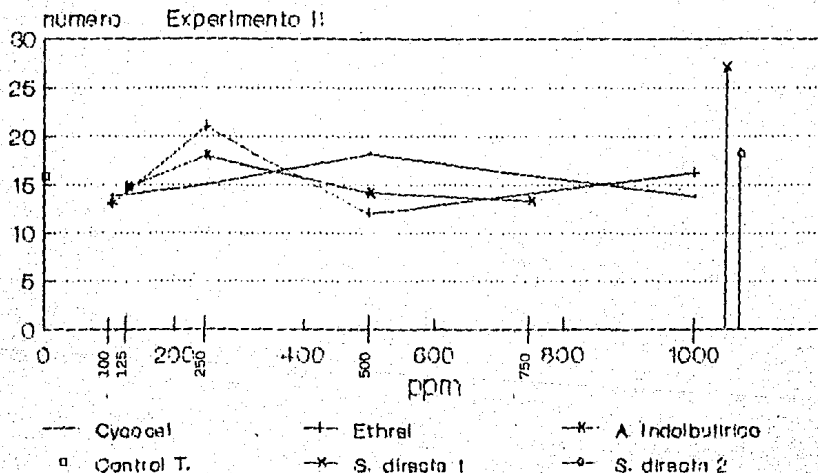


Figura 14

Efecto de los reguladores sobre el número de semillas abortadas

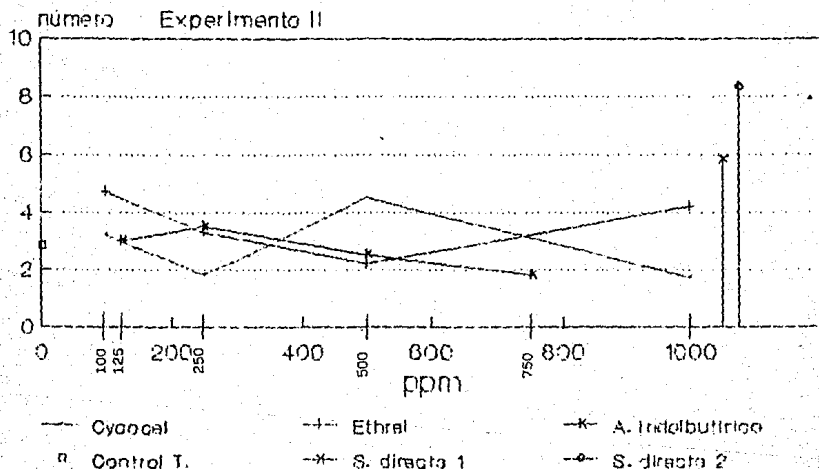


Figura 15

Efecto de los reguladores sobre el número de rudimentos

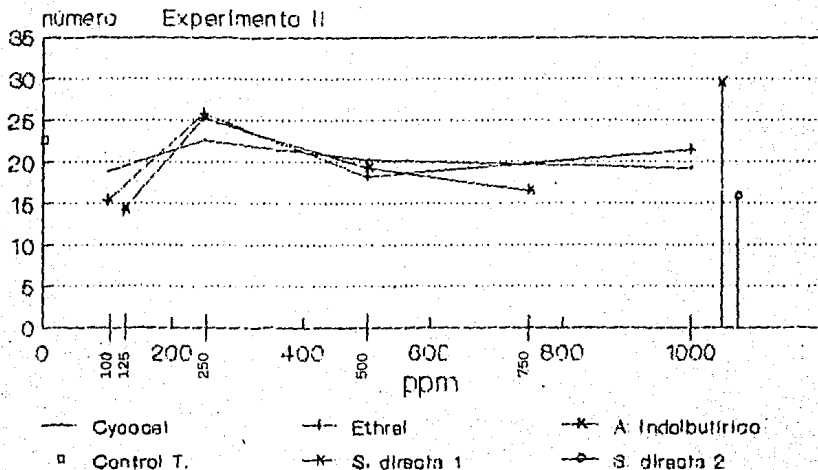


Figura 16