

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

" EVALUACION DEL ACIDO 2,4-DICLOROFENOXIACETICO
EL ACIDO INDOLBUTIRICO EL ACIDO 2-DICOLOROETIL FOS-
FONICO Y UN EXTRACTO DE CORTEZA DE SAUCE COMO AGENTES
ENRAIZANTES EN ESQUEJES DE DOS VARIEDADES DE CLAVEL
(*Dianthus carvophilus* L.) "



EN EL ACTO DE INVESTITUDRA COMO
INGENIERO AGRONOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA, JULIO DE 1993

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

26
01
T(1420)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR:
Dr. ALFONSO FUENTES SORIA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA:

DECANO: Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA.
VOCAL I: Ing. Agr. MYNOR ESTRADA.
VOCAL II: Ing. Agr. WALDEMAR NUFIO REYES.
VOCAL III: Ing. Agr. CARLOS MOTA DE PAZ .
VOCAL IV: Br. MILTON ABEL SANDOVAL GUERRA.
VOCAL V: Br. JUAN GERARDO DE LEON MONTERROSO.
SECRETARIO: Ing. Agr. MARCO ROMILIO ESTRADA MUJ.

Guatemala, julio de 1993

Señores:

Honorable Junta Directiva.

Honorable Tribunal Examinador.

Facultad de Agronomía.

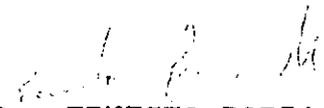
Universidad de San Carlos de Guatemala.

De conformidad con las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"EVALUACION DEL ACIDO 2,4-DICLOROFENOXIACETICO,
EL ACIDO INDOLBUTIRICO, EL ACIDO 2-DICOLOROETIL FOSFONICO
Y UN EXTRACTO DE CORTEZA DE SAUCE COMO AGENTES ENRAIZANTES
EN ESQUEJES DE DOS VARIEDADES DE CLAVEL
(*Dianthus carvophyllus* L.) "

Investigación presentada como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, espero merezca vuestra aprobación.

Respetuosamente,


Br. ERNESTO PORRAS MIRON

CONTENIDO

CONTENIDO	i
INDICE DE FIGURAS	iii
INDICE DE CUADROS	iv
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCION	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3. JUSTIFICACION	4
4. MARCO TEORICO	5
4.1. PROPAGACION VEGETATIVA	5
4.2. PROPAGACION DEL CLAVEL	5
4.2.1. La estaca del clavel	5
4.2.2. Fuentes de material vegetativo	6
4.3. USO DE REGULADORES DEL CRECIMIENTO	7
4.3.1. Las auxinas	7
4.3.2. El etileno	10
4.3.2.1. Efectos biológicos	12
4.3.2.2. Mecanismos de acción	12
4.3.3. El sauce, fuente orgánica de auxinas	14
4.3.4. Aplicación de reguladores	14
4.3.5. Permisibilidad de los productos a evaluar	15
5. OBJETIVOS	16
6. HIPOTESIS	17
7. METODOLOGIA	18
7.1. LOCALIZACION	18
7.2. MATERIALES	18

7.3.	MANEJO DEL EXPERIMENTO	19
7.3.1.	Recolección del material vegetativo	19
7.3.2.	Clasificación	19
7.3.3.	Aplicación de reguladores de crecimiento	20
7.3.4.	Siembra	20
7.4.	DISEÑO EXPERIMENTAL	21
7.5.	MODELO ESTADISTICO	23
7.5.1.	Modelo estadístico	23
7.5.2.	Variables y unidades experimentales	24
7.5.2.1.	Porcentaje de enraizamiento	24
7.5.2.2.	Peso seco de la raíz	24
7.6.	ANALISIS ESTADISTICO	24
7.7.	ANALISIS ECONOMICO	25
8.	RESULTADOS Y DISCUSION	26
9.	CONCLUSIONES	40
10.	RECOMENDACIONES	41
11.	BIBLIOGRAFIA	42
12.	APENDICES	44

INDICE DE FIGURAS

No.	TITULO	Pag.
1.	La estructura del Etephon	13
2.	Area bruta de tres unidades experimentales	21

INDICE DE CUADROS

No.	TITULO	Pag.
1.	Análisis de los porcentajes de enraizamiento en la variedad Evora	27
2.	Prueba de Tukey para los porcentajes de enraizamiento de la variedad Evora	27
3.	Análisis de varianza para pesos de raíz de la variedad Evora	28
4.	Prueba de Tukey para las medidas de peso de raíz en la variedad Evora	29
5.	Resultado de cada tratamiento sobre la media del porcentaje y peso de las raíces	30
6.	Análisis de varianza de los porcentajes de enraizamiento en la variedad Danton mediante la transformación arcocoseno de la raíz cuadrada del porcentaje	31
7.	Prueba de Tukey a las medidas de los porcentajes de enraizamiento en la variedad Danton	31
8.	Análisis de varianza para los pesos de raíz de la variedad Danton	32
9.	Prueba de Tukey para las medias de los pesos de raíz de la variedad Danton	33
10.	Resultados de cada tratamiento sobre la media del porcentaje y peso de las raíces	34
11.	Costo marginal de la aplicación de reguladores para enraizar esquejes de la variedad Evora	36

12.	Tasa Marginal de Retorno en el uso de reguladores para enraizar esquejes de la variedad Evora	37
13.	Costo marginal de la aplicación de reguladores para enraizar esquejes de la variedad Danton	38
14.	Tasa Marginal de Retorno en el uso de reguladores para enraizar esquejes de la variedad Danton	39

EVALUACION DEL ACIDO 2,4-DICLOROFENOXIACETICO,
 EL ACIDO INDOLBUTIRICO, EL ACIDO 2-DICLOROETIL FOSFONICO
 Y UN EXTRACTO DE CORTEZA DE SAUCE COMO AGENTES ENRAIZANTES EN
 ESQUEJES DE DOS VARIETADES DE CLAVEL
 (*Dianthus caryophyllus* L.).

EVALUATION OF 2,4-DICHLOROPHENOXYACETIC ACID,
 INDOLBUTYRIC ACID, 2-DICHLOROETHYL PHOSPHONIC ACID,
 AND A WILLOW BARK EXTRACT, AS ROOTING AGENTS IN TWO
 VARIETIES OF CARNATION SEEDLINGS
 (*Dianthus caryophyllus* L.).

RESUMEN

Este trabajo pretende aportar alternativas para mejorar la producción de plantas de clavel a partir de esquejes. Los tratamientos que se evaluaron fueron ácido indolbutírico (IBA) en tres concentraciones (500, 1,000 y 1,500 ppm.), ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) también en tres concentraciones (20, 25 y 30 ppm.), ácido 2-dicloroetil fosfónico (etephon) en cuatro concentraciones (100, 200, 300 y 400 ppm.), un extracto de corteza de sauce y un testigo. Este trabajo fue realizado en el municipio de Tecpán del departamento de Chimaltenango.

Estos productos se evaluaron en dos variedades diferentes de clavel, Evora y Danton, durante el mes de febrero, que es la época más dura del año para el enraizamiento de los esquejes debido a las bajas temperaturas que se presentan en esa época. La segunda variedad tiene más dificultad que la primera para enraizar, y generalmente representa un problema para el agricultor.

Los resultados que se obtuvieron indican que el producto evaluado más indicado para inducir la formación de raíces es el IBA. En dosis

de 1,000 ppm. resulta excelente para enraizar esquejes de la variedad Evora. Pero en la variedad Danton esta dosis provoca resultados similares a los que provoca el testigo. Para esta variedad se recomienda utilizar IBA en dosis de 500 ppm.

De este experimento también se puede concluir que los tratamientos con Etephon producen efectos negativos en el enraizamiento de las dos variedades evaluadas. El extracto de corteza de sauce produjo efectos similares a los del testigo en ambas variedades. En cuanto al 2,4-D, si ayuda al enraizamiento de la variedad Danton en dosis de 25 ppm. Sin embargo en la variedad Evora esta dosis es nociva para el enraizamiento, y aunque una dosis de 20 ppm. promueve el enraizamiento, lo estrecho del rango hace que este producto sea difícil de manejar con fines de enraizamiento, pudiéndose con un pequeño descuido en la preparación de la solución, echar a perder todos los esquejes tratados.

1. INTRODUCCION

El cultivo del clavel toma cada vez más importancia gracias a los beneficios que da la exportación de este producto. Estos beneficios se pueden aumentar a medida que disminuyen los costos de producción.

Aunque el enraizamiento de estacas de clavel es relativamente sencillo, existen variedades como la Danton que presentan problemas para enraizar. Dándose pérdidas de esquejes por falta ó producción de raíces de mala calidad de hasta el 20% (13) aún con la ayuda de sustancias auxínicas (IBA). Y en la época de heladas (diciembre-marzo) estas pérdidas son aún mayores debido a las condiciones de baja temperatura que se presentan durante las noches.

Con el fin de minimizar las pérdidas provocadas por esquejes que no enraizan a la hora de la producción de nuevas plantas, este proyecto pretendió determinar si es factible utilizar el herbicida de propiedades auxínicas, 2,4-D y el etileno producido por el madurante Etephon, como reguladores del crecimiento para estimular la producción de raíces.

El experimento se llevó a cabo en Plantaciones Guadalupe donde actualmente se aplica ácido indolbutírico a 1,000 ppm. como regulador del crecimiento para lograr incrementar el porcentaje de esqueje enraizado y la calidad de la raíz. Este ácido tiene un costo de Q.2,140.00 el kg. y no siempre se encuentra disponible en el mercado.

Este experimento evaluó el ácido indolbutírico en la dosis utilizada actualmente por los agricultores (1,000 ppm.), una dosis por arriba (1,500 ppm.) y otra por debajo de la concentración utilizada (500 ppm.). También evaluará el ácido 2,4-diclorofenoxiacético en concentraciones de 20, 25 y 30 ppm.; el ácido 2-dicloroetil fosfónico en concentraciones de 100, 200, 300 y 400 ppm.; y una solución de extracto de corteza de sauce.

2. PLANTRAMIENTO DEL PROBLEMA

En el cultivo del clavel es importante la renovación de las plantas de los invernaderos. Esta renovación implica producir un gran número de plantas a partir de estacas vegetativas (esquejes). En muchas de las variedades, como la Evora, el enraizamiento de estas estacas no representa mayor problema. Sin embargo existen variedades como la Danton que no enraiza tan fácilmente. Cuando no se aplica ningún regulador del crecimiento los esquejes de esta variedad que se ponen a enraizar producen hasta más de un 50% de esquejes perdidos por falta y/o por producción de raíces de mala calidad.

Además la propagación de plantas se hace más necesaria durante los meses de enero y febrero con el fin de tener una buena cosecha para la venta de las fiestas de fin de año. Y es durante estos meses cuando la propagación de plantas se ve afectada por las bajas temperaturas nocturnas.

Para prevenir estas pérdidas, muchos productores de clavel utilizan ácido indolbutírico. Este producto es muy efectivo para enraizar los esquejes, sin embargo su precio es bastante alto (Q. 2,140.00 por kg.). Por lo que este trabajo pretende determinar si alguno de los reguladores a evaluar podría ser sustituto del ácido indolbutírico.

3. JUSTIFICACION

Entre los productos no tradicionales que ha ayudado al desarrollo del antiplano guatemalteco se encuentra el clavel de exportación. Si se sabe manejar, este cultivo llega a ser muy rentable. Los principales lugares donde se cultiva este producto son el municipio de San Juan Sacatepéquez del departamento de Guatemala y el de Tecpán del departamento de Chimaltenango.

En el cultivo del clavel es importante la renovación de las plantas de los invernaderos. Esta renovación implica producir un gran número de plantas a partir de estacas vegetativas (esquejes). En algunas de las variedades, como la Danton, estos esquejes no enraizan tan fácilmente, dándose hasta más de un 50% de esquejes perdidos por no enraizamientos ó raíces de mala calidad.

Para prevenir estas pérdidas, muchos productores de clavel utilizan ácido indolbutírico. Este producto es muy efectivo para enraizar los esquejes, sin embargo su precio es bastante alto (Q.2,140.00 por kg.) y no siempre se encuentra disponible en el mercado nacional.

Esta investigación pretendió determinar si es factible utilizar el herbicida de propiedades auxínicas 2,4-D o el Etephon o un extracto de corteza de sauce como sustitutos del IBA en el enraizamiento comercial de clavel (*Dianthus caryophyllus* L.). La razón de buscar un sustituto es presentar al productor de clavel otra alternativa a utilizar en el enraizamiento de esquejes de clavel.

4. MARCO TEORICO

4.1.- PROPAGACION VEGETATIVA

Dentro de las raíces adventicias hay unas que se producen por lesión. Al lesionar se produce la muerte de células y el xilema queda expuesto. La cicatrización de una lesión se da en tres pasos:

- 1.- Formación de una placa necrótica (suberina) que tapa la herida y el xilema se sella con gomas. Este sellado previene de la desecación.
- 2.- División de células tras la placa. Estas pueden formar una capa de células parenquimatosas llamada callo.
- 3.- En las células próximas al cambium vascular y el floema se empiezan a iniciar raíces adventicias.

En el clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) las raíces adventicias salen de una capa de células parenquimatosas que están dentro de una capa de células parenquimatosas que están dentro de una vaina de fibras. Las puntas de las raíces en desarrollo al llegar a esta banda de células fibrosas impenetrable no la perforan si no que se vuelven hacia abajo, emergiendo por la base de la estaca. (8)

4.2.- PROPAGACION DEL CLAVEL

4.2.1.- La estaca del clavel.

La estaca del clavel es una estaca de tallo herbáceo y comunmente se le llama esqueje. Para enraizar necesitan calor y humedad tanto en el ambiente como en el sustrato.

Los invernaderos destinados a la propagación de clavel por medio de esqueje deben tener temperaturas que oscilen entre 18 y 27 grados centígrados y deben mantener una elevada humedad relativa. El sustrato debe estar desinfectado y bien drenado.

Es por eso que durante el enraizamiento debe tener control sobre la temperatura y la humedad relativa. Las temperaturas excesivas aún por cortos períodos tiene alta probabilidad de provocar daños fatales. No se debe permitir bajo ninguna circunstancia la marchitez del esqueje, por lo que se debe neblinar constantemente y con más énfasis durante las horas de calor. También es conveniente desinfectar y arrancar las hojas enfermas, aunque en enraizadores nebulizados la incidencia de enfermedades se reduce, quizá por el constante lavado a que se someten los materiales.

Las estacas de clavel se pueden almacenar en bolsas plásticas durante varias semanas, entre -0.5 y 0.5 grados centígrados y hasta por cinco meses si se les coloca en cajas forradas con polietileno, no herméticamente y con una pequeña cantidad de musgo esfagnífero ó turboso húmedo. (8)

4.2.2.- Fuentes de material vegetativo.

En la propagación del clavel existen tres fuentes para obtener el material vegetativo:

- 1.- Brotes laterales del tallo floral. Esta fuente ya casi no se usa por el poco control que existe sobre enfermedades y porque generalmente los esquejes que aquí se obtienen son muy pequeños y débiles para la propagación.

- 2.- Obtener dentro de la plantación esquejes de buen tamaño. Esta técnica es un poco más utilizada aunque sigue teniendo el problema de no poderse ejercer un control sobre las enfermedades.
- 3.- La más usada es tener invernaderos con plantas dedicadas exclusivamente a la producción de esqueje. Así se puede ejercer control sobre las enfermedades más fácilmente y obtener esquejes de buen tamaño. (9)

4.3.- USO DE REGULADORES DEL CRECIMIENTO

Los reguladores del crecimiento son sustancias que en pequeñas concentraciones alteran el funcionamiento de ciertos procesos metabólicos de la planta. Y las hormonas vegetales son reguladores que se producen dentro de la planta en cierto lugar y actúan en otro. (2)

Es recomendable la aplicación de hormonas para acelerar y aumentar la formación de raíces. Los mayores resultados se han obtenido de ácido naftalenacético (NAA) e IBA. El NAA al 25% en talco es un excelente promotor de raíces. Las aplicaciones en talco y en aerosol son más recomendables porque evitan la diseminación de enfermedades.

Los excesos de reguladores que aceleran la formación de raíces pueden lograr el efecto contrario y hasta matar la planta. (9)

4.3.1.- Las auxinas

Sin la auxina, aplicada o endógena, no se da la división de células y por lo tanto tampoco la formación de raíces. (8)

Las auxinas son sustancias reguladoras del crecimiento que provocan en la planta los efectos del ácido indolacético (IAA). Entre

los efectos del IAA tenemos la inducción de la formación de raíces. Tanto el IAA sintético como el natural mostraron buenos resultados en provocar raíces adventicias, aunque el ácido indolbutírico (IBA) y el naftalenacético (NAA) son más efectivos. (9)

Según Mendoza (12), se logran los mismos resultados independientemente si se trata de IAA o IBA en dosis de 2,000, 4,000 u 8,000 ppm.

Anteriormente habían ciertos hechos conocidos sobre las estructuras químicas que conferían actividad auxínica a los compuestos. Cuando la auxina llega al lugar donde actúa, debe reaccionar con algún sustrato. Para lograr esta reacción, el compuesto debía tener:

- 1.- Un grupo carboxilo.
- 2.- Una carga parcial positiva en el anillo o en alguna otra parte de la molécula.
- 3.- La distancia entre el grupo carboxilo y la carga parcial es de 5.5 Å necesariamente para que el compuesto tenga actividad auxínica.

Hoy en día se considera que la actividad auxínica proviene de dos o tres puntos de interacción con su sustrato a través de enlaces débiles, fuerzas de Van der Waals, atracción electrostática, enlaces de hidrógeno o la formación de complejos de transferencia de carga.

(2)

La aplicación de auxinas a muchas plantas y tejidos vegetales provoca un aumento en el contenido de ARN y diferenciación celular.

Muchos compuestos fenoxi promueven la formación de raíces cuando se emplean en concentraciones bajas. En concentraciones más elevadas tienden a producir raíces gruesas y atrofiadas. Además su límite de toxicidad se aproxima a la concentración óptima para la iniciación de raíces. Los compuestos fenoxi (2,4-D, 2,4,5-T y el MCPA) hacen que los tejidos de la planta vuelvan a ser meristemáticos (14).

El 2,4-D es un herbicida hecho a base de ácido 2,4 diclorofenoxiacético. Este compuesto fenólico tiene actividad de auxina, estimula la producción de raíces en concentraciones bajas, pero tiene la desventaja de inhibir el desarrollo del tallo. En concentraciones mayores es tóxico para la planta. (8)

Este ácido promueve el enraizamiento de ciertas especies, pero por su potencia y facilidad de desplazamiento tiende a inhibir el desarrollo de los brotes y a originar daños en ellos, sobre todo cuando se usa mucho del producto químico (14).

Sin embargo estudios realizados por Alzate (1) reportaron que el 2,4-D no tiene un efecto importante en la formación de raíces de plántulas de clavel producidas a partir de células de pétalo. Sin embargo aquellas plantas que se desarrollaron en un medio con 2,4-D a 0.1 ppm. fueron fenotípicamente superiores a las plantas del medio testigo.

El mecanismo de acción del 2,4-D es como el de una auxina, pero más fuerte y persistente que las naturales. Se supone que el 2,4-D satura de auxinas a las células donde entra y provoca trastornos que pueden ser letales.

Como resultado de éstos transtornos disminuye la división celular meristemática apical y radical, aunque las células de otros tejidos siguen creciendo desordenadamente.

Otra causa posible de estos resultados puede ser que el 2,4-D aumenta el nivel de ARN en las células donde penetra, lo que induce a esta a la división celular exagerada.

Los preparados comerciales de 2,4-D vienen en ester o amina. La formulación ester es liposoluble y por eso no necesita penetrar por un estoma como la formulación amina sino que lo hace directamente a través de la cutícula. La formulación amina es muy soluble en agua, lo cual es excelente para la aplicación a bajo volumen.

El 2,4-D se absorbe en suelos orgánicos, pero no en suelos ligeros y arenosos donde se lixivian fácilmente. (14)

4.3.2.- El etileno

Es un compuesto simple, gaseoso, que provoca un amplio rango de respuestas en las plantas. Se produce en las hojas. Según A.D. Hanson y H. Kende casi la totalidad del etileno producido en la planta proviene del aminoácido metionina. Su síntesis es fuertemente provocada por la auxina y la presencia de este en cantidades significativas afecta la acción de las auxinas. Es por eso que se sospecha que existan complejas interacciones entre ambos reguladores. A su vez el dióxido de carbono actúa como un inhibidor competitivo del etileno, al menos en lo que se refiere a la senescencia vegetal. (2)

El etileno se produce en cantidades apreciables en tejidos vegetales. El hongo *Penicillium digitatum* es un productor prolífico de etileno.

Un gran problema en el estudio del etileno es el de separar sus efectos de los de las auxinas. Ahora está claro que el ácido indolacético (IAA) causa producción de etileno en los tejidos y que muchos de los efectos que se atribuían al IAA realmente son efectos secundarios causados por el etileno que se produce como resultado de la estimulación por el IAA.

Las auxinas exógenas estimulan los tejidos de las plantas a producir etileno, y es posible que otros reguladores del crecimiento ejerzan sus efectos en las plantas usando como intermediario al etileno. (14)

Es difícil estudiar independientemente los efectos del IAA de los del etileno pues la aplicación de auxinas conlleva la producción de etileno en las raíces. (2)

Estudios realizados en Australia reportan que el uso de auxinas, ácido 1H indol-3-butanoico (IBA) a 1,000 ppm y el precursor del etileno, ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico fomentó en forma considerable la producción de raíces en hipocotilos de *Vigna radiata*. (10)

Sin embargo, en experimentos hechos con estacas de nochebuena variedad "Paul Mikkelson" y "Ecke White" se estimuló el enraizamiento. Por otro lado, pruebas realizadas en Pony Tail con Etephon reportaron resultados muy buenos para el enraizamiento de tallos.

En los tejidos exteriores el etileno casi nunca logra llegar a concentraciones efectivas porque lo acarrea el viento. Sin embargo, bajo el suelo, el etileno que se va produciendo por la auxina sí logra

llegar a concentraciones efectivas. Es por eso que se sospecha que el etileno tenga gran importancia como mediador de los efectos de la auxina en la raíz. (14)

4.3.2.1.- Efectos Biológicos:

Estimular la germinación y crecimiento de brotes. En la papa, la aplicación de etileno a intervalos breves estimula la germinación pero tratamientos más largos la suprimen.

También estimula el crecimiento de granos, bulbos, estacas de madera dura y suave y raíces. Los tratamientos hechos después de la brotación ó germinación inhiben el crecimiento de brotes y hojas.

Leavy y Kedar encontraron que el Etephon induce el hinchamiento de las bases de las hojas e inicia la formación de bulbos en la cebolla durante condiciones de luz no inductivas. (14)

El Etephon aplicado a la base del tallo de Breucaena guatemalensis en dosis de 750 ppm indujo a la formación de raíces. En ese experimento los resultados que se obtuvieron al utilizar etileno fueron superiores a los que se obtuvieron con IBA. (11)

4.3.2.2.- Mecanismo de acción:

En la estimulación de la germinación y la brotación se sugieren dos mecanismos:

- a.- Puede estimular el desplazamiento de enzimas hidrolíticas hacia los tejidos de almacenamiento.
- b.- También es posible que el etileno producido durante el crecimiento de una yema, pueda servir para controlar la movilización de reservas alimenticias en los tejidos circundantes.

En la regulación del crecimiento se sugieren varias teorías que explican el modo de acción del etileno:

- a.- Probablemente el etileno es importante para la transcripción y traducción del código genético ADN-ARN-Proteínas (división celular) y puede influir en el contenido de ARN de la célula, al igual que algunas de las otras hormonas.
- b.- Al aplicar etileno a los tejidos vegetales se aumentan los niveles de peroxidasas y otras enzimas hidrolíticas importantes para el crecimiento.
- c.- El etileno regula el crecimiento modificando; (i) el transporte y (ii) el metabolismo de las auxinas.
- d.- El etileno estimula sistemas enzimáticos importantes asociados con las membranas de las células, haciendo que estas excreten enzimas importantes para el crecimiento.

El Etephon es un material comercialmente disponible y proporciona un método adecuado para la aplicación de etileno en el terreno. El Etephon se descompone en los tejidos vegetales y libera etileno cerca del sitio de acción.

La estructura del Etephon es:

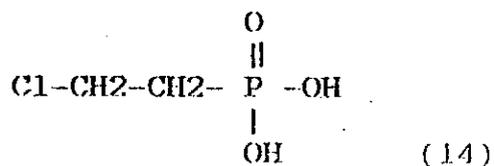


Figura 1

El ácido 2-cloroetil fosfónico tiene varios nombres comerciales como ethrel, ethephon, CEPHA, florel, flordimex, etc. Viene en un concentrado transparente y soluble en agua. No es inflamable y tiene

un pH igual a 1. La toxicidad aguda oral en ratas DL 50 es de 4,000 ppm. y la dermal es superior a las 5,000 ppm.

Es muy probable que la reacción por la que el ácido 2-dicloroetil fosfónico produce etileno sea una reacción simple que no necesita de enzimas. Produciendo además iones fosfato y cloro. (4)

4.3.3.- El Sauce, fuente orgánica de auxinas:

El sauce es un árbol cuyas ramas siempre se han caracterizado por producir raíces con mucha facilidad. Para mejorar el enraizamiento y el pegue de estacas de muchas especies en muchos lugares se ha utilizado una solución de extracto de corteza de sauce. La idea de hacer una solución de este tipo es aprovechar las auxinas que se encuentran almacenadas en la corteza. (3)

4.3.4.- Aplicación de reguladores.

Existen muchos métodos para aplicar cantidades suficientes de reguladores de crecimiento a las estacas de tallos. Sin embargo los tres métodos que en la actualidad han llegado a usarse ampliamente son el remojo en solución diluida, la inmersión rápida y el espolvoreado. Existen otros métodos como el que utiliza pasta de lanolina y la inyección e inserción de palillos de dientes remojados en auxina.(14) Los métodos de aplicación de reguladores más utilizados son:

A.- Remojo en solución diluida. Bajo este tratamiento la estaca debe dejarse remojar por la base durante 24 hrs. en concentraciones de 20 a 200 ppm. (8) Aunque las concentraciones y el tiempo de remojo

dependen de la especie. En especies leñosas resultará óptimo un remojo de 1 a 2 hrs. en una solución de 100 ppm. o bien, un remojo de 10 a 24 hrs. en una solución de 5 ppm.

B.- Inmersión rápida en solución concentrada. En estos tratamientos la estaca debe permanecer alrededor de 5 seg. en contacto con la solución. La cual oscila entre 500 y 10,000 ppm. del producto. Si la concentración resulta excesiva se provocara amarillamiento, caída de las hojas, necrosis y hasta la muerte del esqueje. (8) Este método tiene la ventaja de requerir menos equipo en el remojo que el método anterior.

No conviene almacenar los reguladores por mucho tiempo. Por eso lo mejor es preparar exactamente la solución necesaria para las estacas y descartar el resto. (14)

4.3.5.- Permisibilidad de los productos a evaluar.

Tanto el IBA, el 2,4-D y el Etephon están registrados en Guatemala bajo los números 180.1099, 180.142 y 180.300 respectivamente. (6) Esto implica que el producto ha sido sometido a estudios de teratogenicidad, mutagenicidad y cancerogeneidad por parte de instituciones oficiales u otras de reconocido prestigio científico. (7)

5. OBJETIVOS

- 5.1.- Comparar los efectos de tres niveles de ácido 2,4-D, de IBA, de Etephon, sauce y un testigo sobre el porcentaje de enraizamiento y el peso de las raíces de esquejes de clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) variedad Evora.
- 5.2.- Comparar los efectos de tres niveles de ácido 2,4-D, de IBA, de Etephon, sauce y un testigo sobre el porcentaje de enraizamiento y el peso de las raíces de esquejes de clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) variedad Danton.
- 5.3.- Hacer un análisis de costo marginal por cada variedad para establecer cual de los productos resulta más ventajoso a utilizar.

6. HIPOTESIS

- 6.1.- Por lo menos alguno de los tratamientos evaluados producirá efectos diferentes en el porcentaje de esqueje enraizado de la variedad Evora.
- 6.2.- Por los menos alguno de los tratamientos evaluados producirá efectos diferentes en el porcentaje de esqueje enraizado de la variedad Danton.
- 6.3.- Por lo menos alguno de los tratamientos provocará que los esquejes de variedad Evora tengan peso de raíz diferente a los demás.
- 6.4.- Por lo menos alguno de los tratamientos provocará que los esquejes de variedad Danton tengan peso de raíz diferente a los demás.

7. METODOLOGIA

7.1.- Localización.

El experimento se llevó a cabo en el invernadero enraizador de Plantaciones Guadalupe durante el mes de febrero de 1993 en el municipio de Tecpán del departamento de Chimaltenango. Dista a 89 kms. de la capital. Las coordenadas geográficas son: Latitud norte, 14 38'02" y 90 48'12" longitud oeste. La altitud es de 2,320 msnm. La temperatura media anual es de 16.4 C, con máximas de 28 C y mínimas de -4 C. La precipitación media anual es de 957 mm. Las condiciones de invernadero de enraizamiento son 32 C máximas y mínimas de 2 C, con un rango de humedad relativa que va entre 60 y 100%. (5)

El invernadero es cerrado, hecho de madera y plástico. Cuenta con un sistema de nebulización para el control de la humedad y la temperatura. En este lugar se ha venido enraizando el clavel de la plantación desde hace 4 años.

7.2.- Materiales.

- Invernadero y su infraestructura.
- 1820 esquejes de la variedad Danton.
- 1820 esquejes de la variedad Evora.
- 250 cc. de herbicida 2,4-D (72%)
- 2 gramos de IBA.
- 250 cc. de Etephon (48%)
- 250 cc. de alcohol isopropílico.
- 454 g. de corteza de sauce.
- Jeringas graduadas.
- Probeta de 500 cc.

- Cajas de duroport.
- 0.17 mts. cúbicos de arena blanca (9 cubetas de 5 gal.)
- 0.06 mts. cúbicos de abono orgánico (Biofert).
- 151 gramos de PCNB.
- 151 gramos de Captán.
- Papel y bolsas de papel.

7.3.- Manejo del experimento.

7.3.1.- Recolección del material vegetativo.

Se tomaron esquejes de 5 pares de hojas en horas frescas para evitar la deshidratación. El corte se hizo a mano, con el dedo pulgar e índice se hacía una ligera presión y flexionando, se quebraban.

Los esquejes cosechados se depositaron en una bolsa plástica con una madera, donde al tener un buen número de éstos se llevaron al lugar de clasificación.

7.3.2.- Clasificación.

Esta etapa es muy importante, los esquejes cosechados se pusieron sobre una mesa limpia y desinfectada con Thiabendazole* a razón de 2 cc/l. Se eliminaron esquejes indeseables (delgados, torcidos, mal cortados, enfermos) y se hicieron paquetes de 25 esquejes, los que se unieron con una banda de hule. Al paquete ya listo se le hizo una inmersión por la base en Mertec por 10 segundos. Es aquí donde se hicieron las aplicaciones de reguladores del crecimiento.

7.3.3.- Aplicación de reguladores de crecimiento.

Primero se preparó una solución madre de 2,4-D a 10,000 ppm. diluyendo 13.9 cc. del producto comercial de 2,4-D que tiene 720 g. de ingrediente activo por litro de agua destilada. Y otra de Etephon a 3,000 ppm. diluyendo 6.25 cc. del producto comercial en un litro de agua destilada.

Para preparar 250 cc. de las soluciones de 2,4-D a 20, 25 y 30 ppm. se diluyeron 0.50, 0.625 y 0.75 cc. de la solución madre en agua destilada. Y se prepararon 250 cc. de las soluciones de Etephon a 100, 200 y 300 ppm. a partir de la solución madre se diluyeron 8.33, 16.67 y 25.00 cc. Luego se sumergieron las bases de los esquejes durante 24 hrs. en la solución que le corresponde.

El preparado de sauce se hizo diluyendo 454 g. de corteza de sauce en 3.785 litros de agua. Luego se dejó reposar este preparado durante tres días. Transcurridos los cuales, se le aplicó a las bases de los esquejes mediante una inmersión de 24 h.

Las soluciones de ácido indolbutírico a 500, 1,000 y 1,500 ppm. se prepararon al día siguiente diluyendo 0.125, 0.250 y 0.375 g. de este compuesto en 62.5 cc. de alcohol isopropílico y 187.5 cc. de agua destilada.

7.3.4.- Siembra.

Las bandejas quedaron con 72 esquejes cada una, las cuales se colocaron bajo los neblinadores según una aleatorización. Luego se procedió a sembrar los esquejes teniendo el cuidado que quedarán erectos, fijos y sin hojas enterradas en el sustrato (ver figura 1).

La parcela bruta del experimento constó de 18 esquejes y la parcela neta constó de 15 esquejes.

	1	2	3	4	5	6	...	12
1	Xa	Xa	Xa	Xb	Xb	Xb		Xd
2	Xa	Xa	Xa	Xb	Xb	Xb		Xd
3	Xa	Xa	Xa	Xb	Xb	Xb		Xd
4	Xa	Xa	Xa	Xb	Xb	Xb		Xd
5	Xa	Xa	Xa	Xb	Xb	Xb		Xd
6	X	X	X	X	X	X		X

Xa = Esqueje de la parcela neta "a".

Xb = Esqueje de la parcela neta "b".

Xd = Esqueje de la parcela neta "d".

Figura 2 : Area bruta de tres unidades experimentales dentro de una bandeja para 72 esquejes.

La neblina se usa dependiendo de las condiciones del clima, pero en general se usó de la siguiente manera a partir de la siembra:

SIMANA	TIEMPO DE RIEGO
1	30 - 40 s. cada 4 min.
2	30 - 40 s. cada 6 min.
3	20 - 30 s. cada 13 min.
4	10 - 15 s. cada 2 hrs. (5)

7.4.- Diseño experimental.

Puesto que no es objetivo del experimento determinar la interacción variedad-regulador, ya que ambas variedades se seguirán

cultivando independientemente de los resultados de esta prueba. En este experimento se utilizaron dos experimentos simples completamente al azar en forma simultánea. Uno para la variedad Evora y otro para la variedad Danton. En cada uno se evaluó un testigo, tres niveles de 2,4-D, tres niveles de ácido indolbutírico y cuatro niveles de Etephon con tres repeticiones cada uno.

Los tratamientos evaluados en el primer experimento fueron:

- 1.- Esquejes de la variedad Danton sin algún tratamiento con reguladores de crecimiento.
- 2.- Esquejes de la variedad Danton tratados con 2,4-D a 20 ppm.
- 3.- Esquejes de la variedad Danton tratados con 2,4-D a 25 ppm.
- 4.- Esquejes de la variedad Danton tratados con 2,4-D a 30 ppm.
- 5.- Esquejes de la variedad Danton tratados con IBA a 500 ppm.
- 6.- Esquejes de la variedad Danton tratados con IBA a 1,000 ppm.
- 7.- Esquejes de la variedad Danton tratados con IBA a 1,500 ppm.
- 8.- Esquejes de la variedad Danton tratados con Etephon a 100 ppm.
- 9.- Esquejes de la variedad Danton tratados con Etephon a 150 ppm.
- 10.- Esquejes de la variedad Danton tratados con Etephon a 200 ppm.
- 11.- Esquejes de la variedad Danton tratados con Etephon a 250 ppm.
- 12.- Esquejes de la variedad Danton tratados con extracto de corteza de sauce.

Los tratamientos evaluados en el segundo experimento fueron:

- 1.- Esquejes de la variedad Evora tratados con 2,4-D a 20 ppm.
- 2.- Esquejes de la variedad Evora tratados con 2,4-D a 25 ppm.
- 3.- Esquejes de la variedad Evora tratados con 2,4-D a 30 ppm.

- 4.- Esquejes de la variedad Evora tratados con 2,4-D a 30 ppm.
- 5.- Esquejes de la variedad Evora tratados con IBA a 500 ppm.
- 6.- Esquejes de la variedad Evora tratados con IBA a 1,000 ppm.
- 7.- Esquejes de la variedad Evora tratados con IBA a 1,500 ppm.
- 8.- Esquejes de la variedad Danton tratados con Etephon a 100 ppm.
- 9.- Esquejes de la variedad Danton tratados con Etephon a 150 ppm.
- 10.- Esquejes de la variedad Danton tratados con Etephon a 200 ppm.
- 11.- Esquejes de la variedad Danton tratados con Etephon a 250 ppm.
- 12.- Esquejes de la variedad Danton tratados con extracto de corteza de sauce.

7.5.- Modelo estadístico

7.5.1- El modelo estadístico que se utilizó para analizar el experimento fué el siguiente:

$$Y_{ij} = M + T_i + B_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} es el efecto producido sobre la ij -ésima unidad experimental.

M es la media general de las unidades experimentales.

T_i es el efecto de i -ésimo tratamiento.

B_{ij} es el efecto del error experimental.

7.5.2.- Variables y unidades experimentales.

7.5.2.1.- Porcentaje de enraizamiento.

Se tomaron los 15 esquejes de la parcela neta y se evaluó el porcentaje de esqueje enraizado. Comercialmente sólo se acepta como esqueje enraizado aquel que emite raíces adventicias alrededor de todo el anillo de células de cambium. Cuando las raíces se originan de sólo dos o menos puntos del anillo se descartan, es decir se toman como esqueje no enraizado.

7.5.2.2.- Peso seco de la raíz.

Se tomaron cinco esquejes enraizados al azar dentro de cada parcela neta. Se pusieron a remojar las raíces para desprender lo más posible, las partículas del sustrato. Luego se pusieron a secar sobre papel periódico durante 10 minutos y se introdujeron en bolsas de papel. Después se llevaron a un horno de convección durante 48 horas a 70 grados centígrados.

Una vez secado el material, las raíces se desprendieron por el cuello. Luego se obtuvo el peso del contenido de cada bolsa con ayuda de una balanza analítica.

Una biomasa mayor en alguno o algunos tratamientos puede indicar que estos provocaron una iniciación de raíces más rápida, por lo que es posible reducir el tiempo de enraizamiento a menos de 4 semanas.

7.6.- Análisis estadístico.

A los resultados obtenidos de cada experimento se les hizo un análisis de varianza de forma individual. Cuando se les encontró diferencias significativas se sometieron a una prueba de Tukey.

7.7. - Análisis económico.

Se hizo un análisis de costo marginal y de pérdidas para poder determinar cual de los reguladores es el que presenta más ventajas a utilizar desde el punto de vista económico en cada una de las variedades evaluadas.

8. RESULTADOS Y DISCUSION

Para comprender mejor los resultados que se muestran a continuación es necesario indicar que la humedad relativa promedio en el invernadero donde se trabajó este experimento fue de 89%, con máximas de 100% durante la aplicación de la neblina y mínimas de 78% en el momento anterior a la aplicación de la neblina en la cuarta semana del enraizamiento. Este control se logra gracias al control automatizado de riego con que cuenta la plantación. La temperatura de este invernadero durante esta época del año tiene un promedio de 18 grados centígrados. Las temperaturas diarias tienen variaciones muy fuertes durante estos meses del año dada la baja humedad relativa del ambiente exterior. La temperatura máxima que se registró a las 2 de la tarde dentro del invernadero fue de 36 grados centígrados y en tres ocasiones durante este mes la temperatura mínima llegó a los 2 grados centígrados a las 5:30 de la mañana.

Los cambios bruscos de temperatura a lo largo del día dificultan el enraizamiento del clavel. En la época de junio-julio donde las condiciones de temperatura y humedad del ambiente exterior son más estables, se obtienen resultados mucho mejores que los de esta época del año.

Los resultados de los diferentes tratamientos sobre el en el porcentaje de enraizamiento de la variedad Evora se aprecian en el apéndice 11A.

Estos resultados se transformaron mediante la raíz cuadrada del arco coseno de la fracción. Para poderles hacer un análisis de varianza, el cual se muestra en el cuadro 1, con el propósito de

determinar si existía algún tratamiento significativamente diferente a los demás.

CUADRO 1.

Análisis de varianza de los porcentajes de enraizamiento en la variedad Evora mediante la transformación arcocoseno de la raíz cuadrada del porcentaje.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F.C.	F.T. .005
Tratamientos	11	25,032.70	2,275.70	48.79	3.5
Error	24	1,119.31	46.64		
Total	35	26,152.02			

El coeficiente de variación es de 9.42 %.

Como si existió una diferencia significativa, se realizó una prueba de Tukey para determinar cuál o cuáles de los tratamientos son significativamente superiores a los otros. Los resultados de esta prueba se muestran en el cuadro 2.

CUADRO 2.

Prueba de TUKEY para los porcentajes de enraizamiento en la variedad Evora.

Tratamiento	Media	Literal
IBA 1,000 ppm.	100.00	A
IBA 500 ppm.	55.50	B
IBA 1,500 ppm.	22.20	C
2,4-D 20 ppm.	22.17	C
2,4-D 30 ppm.	4.43	D
SAUCE	2.20	D E
Testigo	2.20	D E
2,4-D 25 ppm.	0.00	E
Etephon 100 ppm.	0.00	E
Etephon 200 ppm.	0.00	E
Etephon 300 ppm.	0.00	E
Etephon 400 ppm.	0.00	E

Nota: Los tratamientos con igual literal tienen valores estadísticamente iguales.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los esquejes de la variedad Evora, se puede afirmar que el tratamiento de IBA a 1,000 ppm. es significativamente superior al resto de tratamientos. Sin embargo el IBA a 500 ppm. produjo resultados significativamente superiores al resto aunque inferiores a los obtenidos con 1,000 ppm. del mismo producto.

Para la variedad Evora, el 2,4-D a 25 ppm. y cualquier tratamiento con etephon produjeron resultados negativos, ya que los porcentajes de enraizamiento que se obtuvieron con estos tratamientos son menores que los que se obtienen con el testigo.

Los resultados obtenidos en cuanto a peso de raíz en los esquejes de la variedad Evora se presentan en el apéndice 12A. Para establecer si existía alguna diferencia significativa entre los resultados provocados por cada tratamiento, a estos datos se les hizo un análisis de varianza, el cual se muestra en el cuadro No. 3.

CUADRO 3.

Análisis de varianza para pesos de raíz de la variedad Evora.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F.C.	F.T. .005
Tratamientos	11	0.2217667	0.0201606	13.85	3.5
Error	24	0.0349334	0.0014555		
Total	35	0.2567001			

El coeficiente de variación es de 65.40 %.

Como si existió una diferencia significativa, se realizó una prueba de Tukey para determinar cuál o cuáles de los tratamientos son significativamente superiores a los otros. Los resultados de esta prueba se muestran en el cuadro 4.

CUADRO 4.

Prueba de TUKEY para las medias de peso de raíz en la variedad Evora.

Tratamiento	Media	Literal
IBA 1,000 ppm.	0.263	A
IBA 500 ppm.	0.127	B
2,4-D 20 ppm.	0.120	B
IBA 1,500 ppm.	0.110	B
Testigo	0.017	C
SAUCE	0.007	C
2,4-D 30 ppm.	0.007	C
2,4-D 25 ppm.	0.000	C
Etephon 100 ppm.	0.000	C
Etephon 200 ppm.	0.000	C
Etephon 300 ppm.	0.000	C
Etephon 400 ppm.	0.000	C

Nota: Los tratamientos con igual literal tienen valores estadísticamente iguales.

Según se aprecia en la prueba de Tukey el tratamiento de IBA a 1,000 ppm. es el que provoca en el esqueje raíces de mayor peso, esto podría ser una indicación de que al usar IBA en esa dosis los esquejes de la variedad évora se podrían recoger antes de las 4 semanas.

En el cuadro 5 se colocaron en forma apareada las medias de porcentaje y de peso de raíz de cada tratamiento. Para el caso de la variedad Evora se puede observar que los tratamientos con mayor porcentaje de enraizamiento tienen un mayor peso de raíz.

CUADRO 5.

Resultados de cada tratamiento sobre la media del porcentaje y peso de las raíces.

TRATAMIENTO	%	PESO (g.)
IBA 1,000 ppm.	100.00	0.260
IBA 500 ppm.	55.50	0.127
2,4-D 20 ppm	22.17	0.120
IBA 1,500 ppm.	22.20	0.110
TESTIGO	2.20	0.017
SAUCE	2.20	0.007
2,4-D 30 ppm.	4.43	0.007
2,4-D 25 ppm.	0.00	0.000
Etephon 100 ppm.	0.00	0.000
Etephon 200 ppm.	0.00	0.000
Etephon 300 ppm.	0.00	0.000
Etephon 400 ppm.	0.00	0.000

Los resultados de aplicar 2,4-D en esta variedad pueden ser nefastos para una gran plantación. A menos que se tenga la certeza de aplicarlo en 20 ppm. exactamente. Un ligero exceso de 5 o 10 ppm. puede provocar resultados similares a los del testigo (ver cuadros 2 y 4).

Los resultados de los tratamientos en el porcentaje de enraizamiento de la variedad Danton se aprecian en el apéndice 11A.

Estos resultados se transformaron mediante la raíz cuadrada del arco coseno de la fracción. Para poderles hacer un análisis de varianza, el cual se muestra en el cuadro 6, con el propósito de determinar si existía algún tratamiento significativamente diferente a los demás.

CUADRO 6.

Análisis de varianza de los porcentajes de enraizamiento en la variedad Danton mediante la transformación arcocoseno de la raíz cuadrada del porcentaje.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F.C.	F.T. .005
Tratamientos	11	26,945.00	2,449.55	27.28	3.5
Error	24	2,155.30	89.04		
Total	35	29,100.30			

El coeficiente de variación es de 15.66 %.

Cómo si existió una diferencia significativa, se realizó una prueba de Tukey para determinar cuál o cuáles de los tratamientos son significativamente superiores a los otros. Los resultados de esta prueba se muestran en el cuadro No. 7.

CUADRO 7.

Prueba de TUKEY a las medias de los porcentajes de enraizamiento en la variedad Danton.

Tratamiento	Media	Literal
IBA 1,500 ppm.	93.30	A
IBA 500 ppm.	86.63	A
2,4-D 25 ppm.	59.97	A B
2,4-D 30 ppm.	48.87	B
2,4-D 20 ppm.	40.00	B
SAUCE	33.20	B C
IBA 1,000 ppm.	17.76	B C D
Testigo	6.67	C D
Etephon 100 ppm.	0.00	D
Etephon 200 ppm.	0.00	D
Etephon 300 ppm.	0.00	D
Etephon 400 ppm.	0.00	D

Nota: Los tratamientos con igual literal tienen valores estadísticamente iguales.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la mejor inducción de raíces para la variedad Danton se obtuvo con IBA a 1,500 y 500 ppm. El tratamiento a 1,000 ppm. con este producto, produjo pesos de raíz y porcentajes de enraizamiento similares a los producidos por el testigo.

La variedad Danton respondió mejor a los tratamientos con 2,4-D y con sauce que la variedad Evora. Aunque en la prueba de Tukey el 2,4-D a 25 ppm. tiene literal igual que los tratamientos con IBA a 1,500 y a 500 ppm., su peso de raíces no es tan bueno (ver cuadro No. 12) como el de estos tratamientos.

En cuanto al peso seco de raíces que provocaron los diferentes reguladores, obtuvimos los resultados que se muestran en el apéndice 12A.

Para establecer si existía alguna diferencia significativa entre los resultados provocados por cada tratamiento, a estos datos se les hizo un análisis de varianza, el cual se muestra en el cuadro No. 8.

CUADRO 8.

Análisis de varianza para los pesos de raíz de la variedad Danton.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F.C.	F.T. .005
Tratamientos	11	0.421564	0.038324	15.78	3.5
Error	24	0.058266	0.002427		
Total	35	0.479830			

El coeficiente de variación es de 45.37 %.

Como si existió una diferencia significativa, se realizó una prueba de Tukey para determinar cuál o cuáles de los tratamientos son

significativamente superiores a los otros. Los resultados de esta prueba se muestran en el cuadro No. 9.

CUADRO 9.

Prueba de TUKEY para las medias de los pesos raíz de la variedad Danton.

Tratamiento	Media	Literal
IBA 500 ppm.	0.350	A
IBA 1,500 ppm.	0.253	A B
2,4-D 25 ppm.	0.170	B C
2,4-D 30 ppm.	0.167	B C
2,4-D 20 ppm.	0.140	C
SAUCE	0.107	C
IBA 1,000 ppm.	0.080	C
Testigo	0.037	C
Etephon 100 ppm.	0.000	D
Etephon 200 ppm.	0.000	D
Etephon 300 ppm.	0.000	D
Etephon 400 ppm.	0.000	D

Nota: Los tratamientos con igual literal tienen valores estadísticamente iguales.

Los tratamientos de IBA a 500 y 1,500 ppm. presentaron porcentajes de enraizamiento significativamente mayores al resto de los tratamientos en los esquejes de la variedad Danton. El tratamiento de IBA a 1,000 ppm., que tuvo mucho éxito en la variedad Evora, no tuvo el mismo efecto sobre la variedad Danton. En esta variedad este tratamiento provocó los mismos resultados que el testigo.

Tanto en la variedad Evora como en la Danton el efecto del Etephon fue negativo, ya que los resultados del testigo fueron superiores a los de este tratamiento.

En el cuadro 10 se colocaron en forma apareada las medias de porcentaje y de peso de raíz de cada tratamiento. Para el caso de la

variedad Danton se puede observar que los tratamientos con mayor porcentaje de enraizamiento tienen un mayor peso de raíz.

CUADRO 10.

Resultados de cada tratamiento sobre la media del porcentaje y peso de las raíces.

TRATAMIENTO	%	PESO (g.)
IBA 1,500 ppm.	93.30	0.253
IBA 500 ppm.	86.63	0.350
2,4-D 25 ppm.	59.97	0.170
2,4-D 30 ppm.	48.87	0.167
2,4-D 20 ppm.	40.00	0.140
SAUCE	33.20	0.107
IBA 1,000 ppm.	17.76	0.080
TESTIGO	6.67	0.037
Etephon 100 ppm.	0.00	0.000
Etephon 200 ppm.	0.00	0.000
Etephon 300 ppm.	0.00	0.000
Etephon 400 ppm.	0.00	0.000

Según lo mostrado en el cuadro 10, podemos notar que los tratamientos que mejores resultados provocan sobre la variedad Danton son; el IBA a 500 y 1,500 ppm. seguido del 2,4-D a 25, 30 y 20 ppm. El cuadro 7 y 9 nos indican que para esta variedad no existe diferencia entre utilizar el IBA a 500 o a 1,500 tanto en cuanto a porcentaje de enraizamiento como en cuanto a peso de raíz.

En el enraizamiento de la variedad Danton no existe tanto peligro si se utiliza 2,4-D como en la variedad Evora. En los cuadros 7 y 9 se puede observar que este producto a 25 ppm. produce porcentajes de enraizamiento similares a los del IBA a 500 y 1,500 ppm. y un exceso o déficit de 5 ppm. en la dosis no produce efectos letales para la plantación.

Según los resultados que se obtuvieron, se observa que el IBA es el regulador que mejores resultados provoca al enraizar esquejes de

clavel. Sin embargo no existe una dosis óptima para todas las variedades, así que será necesario evaluar en cada variedad cual es la dosis que mejor se adecúa a cada una.

Los textos actuales no aportan una explicación para el hecho de que el nivel intermedio de IBA haya provocado resultados tan pobres en el enraizamiento de esquejes de la variedad Danton. Probablemente la causa de estos resultados esté ligada al aspecto genético de esta variedad. Quizá ese nivel de auxina inhiba los procesos de transcripción ADN-ARN-Proteínas de cierto gen propio de la variedad Danton.

Económicamente la conveniencia de usar un tratamiento u otro se calculó evaluando el total de pérdidas y costos y la tasa marginal de retorno. El total de pérdidas y costos se obtiene de cuantificar lo que se deja de ganar por utilizar cierto regulador más el costo de aplicación del tratamiento en cuestión. La tasa marginal de retorno (TMR) se obtuvo dividiendo el beneficio marginal (el incremento en la producción de esqueje de cada tratamiento comparado con la producción del testigo) dentro del costo marginal (el costo de aplicación del tratamiento).

VARIEDAD EVORA:

Costo por esqueje: Q. 0.05.

Número de esquejes que se pueden tratar con 1.0 l. de solución: 1,500 Q. 75.00.

CUADRO 11.

Total de pérdidas y gastos al utilizar 2,4-D a 20 ppm e IBA a 500 y 1,000 ppm. en el enraizamiento de esquejes de la variedad Evora.

Regulador	2,4-D	IBA	IBA	Testigo
Dosis (ppm.)	20	1,000	500	
Porcentaje de pérdidas	77.83%	0.00%	44.50%	97.80%
Costo de 1.0 l. de solución (Q.)	0.00044	5.27	4.20	0.00
Pérdidas mensuales con siembra de 291,600 esquejes (Q.)	11,347.61	0.00	6,488.10	14,259.24
Costo de 194.4 l. de reguladores para 291,600 esquejes (Q.)	0.09	1,024.48	816.48	0.00
TOTAL	11,347.90	1,024.48	7,304.58	14,259.24

CUADRO 12.

Tasas marginales de retorno al utilizar 2,4-D a 20 ppm. e IBA a 500 y 1,500 ppm. en el enraizamiento de esquejes de la variedad Evora.

Regulador	2,4-D	IBA	IBA	Testigo
Dosis (ppm.)	20	1,000	500	
Beneficios mensuales al sembrar 291,600 esquejes (Q.)	3,232.39	14,580.00	8,091.90	320.76
Incremento del beneficio de cada tratamiento en relación al testigo (Q.).	2,911.34	13,234.76	6,954.66	0.00
Incremento del costo de cada tratamiento en relación al testigo (Q.).	0.09	1,024.48	816.48	
Tasa Marginal de Retorno (TMR)	32,348.22	12.92	8.52	

Los cuadros 11 y 12 demuestran que económicamente cualquiera de estos tres tratamientos son rentables, porque todos reducen el total de las pérdidas y costos en una cantidad mayor al testigo, y porque todos tienen una TMR mayor a 1.

De estos tratamientos lo más recomendable es utilizar IBA a 1,000 ppm. Porque es el tratamiento que más reduce el total de pérdidas y costos. También se demuestra que el IBA a 500 y el 2,4-D a 20 ppm. son económicamente superiores al testigo. Sin embargo para la variedad Evora no es recomendable utilizar 2,4-D por la dificultad de su manejo. El rango de las concentraciones inductoras y no inductoras del 2,4-D es muy pequeño y la preparación de la solución requiere de mucho cuidado.

VARIEDAD DANTON:

Costo por esqueje: Q. 0.05.

Número de esquejes que se pueden
tratar con 1.0 l. de solución: 1,500 Q. 75.00.

CUADRO 13.

Total de pérdidas y gastos al utilizar 2,4-D a 20 ppm e IBA a 500 y 1,000 ppm. en el enraizamiento de esquejes de la variedad Evora.

Regulador	2,4-D	IBA	IBA	Testigo
Dosis (ppm.)	25	1,500	500	
Costo de 1.0 l. de solución (Q.)	0.00044	6.34	4.20	0.00
Porcentaje de pérdidas	40.03%	6.70%	13.37%	93.33%
Pérdidas mensuales con siembra de 291,600 esquejes (Q.)	5,836.37	976.86	1,949.35	13,607.51
Costo de 194.4 l. de reguladores para 291,600 esquejes (Q.)	0.09	1,234.50	816.48	0.00
TOTAL DE PERDIDAS	5,836.46	2,211.36	2,765.83	13,607.51

CUADRO 14.

Tasas marginales de retorno al utilizar 2,4-D a 20 ppm. e IBA a 500 y 1,500 ppm. en el enraizamiento de esquejes de la variedad Evora.

Regulador	2,4-D	IBA	IBA	Testigo
Dosis (ppm.)	25	1,500	500	
Beneficios mensuales al sembrar 291,600 esquejes (Q.)	8,743.63	13,603.14	12,630.65	972.00
Incremento del beneficio de cada tratamiento en relación al testigo (Q.).	7,771.63	12,631.14	11,658.65	0.00
Incremento del costo de cada tratamiento en relación al testigo (Q.).	0.09	1,234.50	816.48	
tasa Marginal de Retorno (TMR)	86,351.44	10.23	14.28	

Los cuadros 13 y 14 demuestran que económicamente lo más recomendable es utilizar IBA a 1,500 ppm. Aunque según la prueba de Tukey el IBA a 500 ppm. produce resultados estadísticamente iguales al tratamiento de IBA a 1,500 ppm., por lo que es preferible utilizar el tratamiento a 500 ppm.

También el tratamiento de 2,4-D es económicamente superior al testigo. En esta variedad de clavel, el uso de 2,4-D no es tan peligroso como enraizante, ya que cualquiera de los tratamientos evaluados con este producto en esta variedad produjo resultados superiores al testigo (ver cuadros 7 y 9).

9. CONCLUSIONES

- 9.1.- Todas las hipótesis planteadas se aceptan.
- 9.2.- Las variedades de clavel Evora y Danton no responden de igual forma a los tratamientos evaluados, excepto en la respuesta a los tratamientos con Etephon, los cuales provocaron la muerte de los esquejes.
- 9.3.- El IBA demostró ser el regulador más efectivo para el enraizamiento de ambas variedades, aunque a cada variedad haya que aplicarle diferente dosis de éste.
- 9.4.- Para la variedad Evora el tratamiento con IBA a 1,000 ppm. fué el más efectivo fisiológica y económicamente para obtener el mayor porcentaje de enraizamiento y el mayor peso de raíz.
- 9.5.- En la variedad Evora el 2,4-D no se aconseja usar como agente inductor de raíces porque un pequeño error de cálculo en la preparación de la solución podría echar a perder el 100% de la siembra de los esquejes.
- 9.6.- Para la variedad Danton el tratamiento con IBA a 500 ppm fué el más efectivo y fisiológica y económicamente para obtener el mayor porcentaje de enraizamiento y el mayor peso de raíz.
- 9.7.- Desde el punto de vista económico el 2,4-D a 25 ppm. podría usarse como sustituto del IBA para enraizar esquejes de la variedad Danton en caso de que el IBA no estuviera disponible.
- 9.8.- El extracto de sauce tal y como se preparó en este experimento no tuvo un papel relevante en el enraizamiento de ninguna de las variedades evaluadas

10. RECOMENDACIONES

- 10.1.- Realizar pruebas con IBA a diferentes dosis en esquejes de cada una de las variedades de clavel que se cultivan.
- 10.2.- Utilizar IBA a 1,000 ppm. para enraizar esquejes de clavel de la variedad Evora.
- 10.3.- Utilizar IBA a 500 ppm. para enraizar esquejes de clavel de la variedad Danton.
- 10.4.- En caso de necesidad es posible usar 2,4-D a 25 ppm. para enraizar esquejes de la variedad Danton.
- 10.5.- Realizar más pruebas con otras fuentes orgánicas de auxinas, incluyendo otros métodos para la extracción de de esta hormona de la corteza del sauce.

11. BIBLIOGRAFIA

- 1.- ALZATE, A. et. al. 1990. Estudios preliminares para la inducción de variación somaclonal en clavel (Dianthus caryophyllus L.), y selección "in vitro" de callos y plántulas tolerantes a F. oxysporum f. sp. dianthi. *Agronomía Colombiana* (Col.) 7(1-2): 25-30
- 2.- BIDWELL, R.G.S. 1979. *Fisiología vegetal*. 2 ed. Trad. por Guadalupe Cano y Cano. México, AGT Editor. 784 p.
- 3.- CASTILLO, H.; DUPONT, M.; SOLORZANO, R. 1991. Preparación y uso de plaguicidas naturales. Guatemala, Altertec. 56 p.
- 4.- CUBA. CENTRO DE INFORMACION Y DOCUMENTACION AGROPECUARIO. 1987. El empleo del ácido 2 cloroetil fosónico en la maduración de los frutos de tomate. Cuba, CIDA. Boletín de reseñas, no. 12. 43 p.
- 5.- GIRON M., J.F. 1991. Evaluación de horas frío, de sustratos y tamaño de esqueje de clavel (Dianthus caryophyllus L.) sobre el enraizamiento bajo condiciones de invernadero. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 60 p.
- 6.- GUATEMALA. LEYES, DECRETOS, ETC. 1990. Acuerdo gubernativo No. 377-90; reglamento sobre registro, comercialización, uso y control de plaguicidas agrícolas y sustancias afines. Guatemala, Tipografía Nacional. 36 p.
- 7.- _____ MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA Y ALIMENTACION. 1991. Plaguicidas aprobados por la agencia de protección ambiental (EPA) de los Estados Unidos para cultivos de exportación. Guatemala, MAGA. Documento de Trabajo no. 117. 27 p.
- 8.- HARTMANN, H.; KESTER, D. 1987. Propagación de plantas. Trad. por Antonio Marino Ambrosio. México, CECOSA. 814 p.
- 9.- HOLLEY, W.; BAKER, R. 1963. *Carnation production*. Iowa, Ed. por WM. C. Brown CO. INC. 142 p.
- 10.- JUSAITIS, M. 1986. Rooting of intact mung bean hypocotyls stimulated by auxin, ACC and low temperature. *Hort Science* (EE.UU.) 21 (4): 1,024-1,025.
- 11.- MAAS, R. 1992. Inducción de enraizamiento en izote (Beaucarnea guatemalensis Rose) con dos reguladores y dos colores de lienzo de polietileno. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 56 p.

- 12.-MENDOZA, G. 1988. Efectos de 4 reguladores del crecimiento y diferentes sustratos en el enraizamiento del clavel (Dianthus caryophyllus L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 48 p.
- 13.-FORRAS, E. 1992. Evaluación del ácido 2,4 dicloro-fenoxiacético (2,4-D) y el ácido indolbutírico (IBA) como agentes enraizantes en esquejes de clavel (Dianthus caryophyllus L.). Investigación inferencial - EFSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 20 p. Sin publicar.
- 14.-WEAVER, R.J. 1976. Reguladores del crecimiento de las plantas en agricultura. Trad. por Agustín Contin. Mexico, Trillas. 622 p.

Vo. Bo. Quiam de la Roca



12. APENDICES

CUADRO 11 A

Porcentajes de enraizamiento producidos por cada tratamiento en las variedades Evora y Danton.

Tratamiento	Repetición	Porcentaje de enraizamiento	
		Var. Evora	Var. Danton
1.- 2,4-D a 20 ppm.	1	46.6%	20.0%
	2	6.6%	40.0%
	3	13.3%	60.0%
2.- 2,4-D a 25 ppm.	1	0.0%	53.3%
	2	0.0%	80.0%
	3	0.0%	46.6%
3.- 2,4-D a 30 ppm.	1	0.0%	40.0%
	2	0.0%	53.3%
	3	13.3%	53.3%
4.- Etephon a 100 ppm.	1	0.0%	0.0%
	2	0.0%	0.0%
	3	0.0%	0.0%
5.- Etephon a 200 ppm.	1	0.0%	0.0%
	2	0.0%	0.0%
	3	0.0%	0.0%
6.- Etephon a 300 ppm.	1	0.0%	0.0%
	2	0.0%	0.0%
	3	0.0%	0.0%
7.- Etephon a 400 ppm.	1	0.0%	0.0%
	2	0.0%	0.0%
	3	0.0%	0.0%
8.- IBA a 500 ppm.	1	66.6%	100.0%
	2	46.6%	93.3%
	3	53.3%	66.6%
9.- IBA a 1,000 ppm.	1	100.0%	20.0%
	2	100.0%	20.0%
	3	100.0%	13.3%
10.- IBA a 1,500 ppm.	1	26.6%	100.0%
	2	20.0%	93.3%
	3	20.0%	86.6%

11.- Extracto de sauce	1	6.6%	26.3%
	2	0.0%	53.3%
	3	0.0%	20.0%
12.- Testigo	1	6.6%	0.0%
	2	0.0%	20.0%
	3	0.0%	0.0%

CUADRO 12 A
Resultados de peso promedio de raíz de las variedades Evora y Danton.

Tratamiento	Repetición	Peso seco promedio de cada raíz (g.)	
		Var. Evora	Var. Danton
1.- 2,4-D a 20 ppm.	1	0.02	0.11
	2	0.19	0.09
	3	0.15	0.22
2.- 2,4-D a 25 ppm.	1	0.00	0.13
	2	0.00	0.25
	3	0.00	0.13
3.- 2,4-D a 30 ppm.	1	0.00	0.20
	2	0.00	0.17
	3	0.02	0.13
4.- Etephon a 100 ppm.	1	0.00	0.00
	2	0.00	0.00
	3	0.00	0.00
5.- Etephon a 200 ppm.	1	0.00	0.00
	2	0.00	0.00
	3	0.00	0.00
6.- Etephon a 300 ppm.	1	0.00	0.00
	2	0.00	0.00
	3	0.00	0.00
7.- Etephon a 400 ppm.	1	0.00	0.00
	2	0.00	0.00
	3	0.00	0.00
8.- IBA a 500 ppm.	1	0.12	0.44
	2	0.15	0.27
	3	0.11	0.34
9.- IBA a 1,000 ppm.	1	0.27	0.07
	2	0.24	0.08
	3	0.28	0.09
10.- IBA a 1,500 ppm.	1	0.12	0.34
	2	0.11	0.22
	3	0.10	0.20
11.- Extracto de sauce	1	0.02	0.07
	2	0.00	0.12
	3	0.00	0.13
12.- Testigo	1	0.05	0.00
	2	0.00	0.11
	3	0.00	0.00



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

Ref. Sem. 027-93

LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DEL ACIDO 2,4-DICLOROFENOXIACETICO, EL ACIDO
INDOLBUTIRICO, EL ACIDO 2-DICLOROETILFOSFONICO Y UN EX-
TRACTO DE SAUCE COMO AGENTES ENRAIZANTES EN ESQUEJES
DE DOS VARIEDADES DE CLAVEL (*Dianthus caryophyllus* L.)

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: ERNESTO PORRAS MIRON

CARNET No: 87-13358

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Lisely de León
Ing. Agr. Fernando Rodríguez

EL Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cum-
plido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía de
la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Agr. Carlos Fernández
A S E S O R



Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
DIRECTOR DEL IIA.

I M P R I M A S E

Ing. Agr. Efraín Medina Guerra
D E C A N O



c.c. Control Académico
Archivo

/prr.

APARTADO POSTAL 1545 - 01901 GUATEMALA, C. A.
TELEFONO 769794 - FAX (5022) 769770