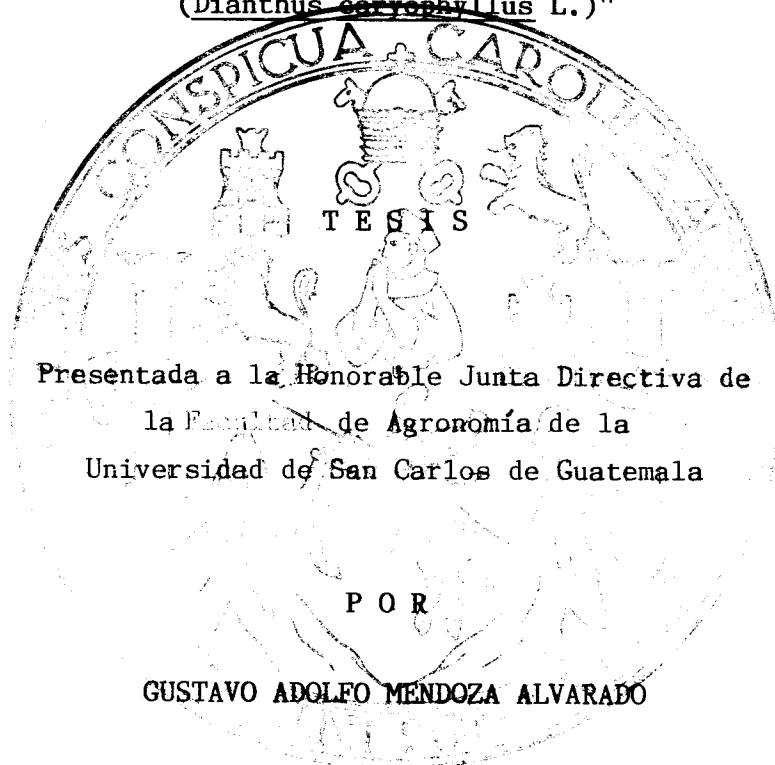


**BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

"EFECTOS DE REGULADORES DE CRECIMIENTO Y DIFERENTES
SUBSTRATOS EN EL ENRAIZAMIENTO DE CLAVEL
(Dianthus caryophyllus L.)"



Presentada a la Honorable Junta Directiva de
la Facultad de Agronomía de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

P O R

GUSTAVO ADOLFO MENDOZA ALVARADO

Al conferírsele el Título de
Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico
de Licenciado en Ciencias Agrícolas

Guatemala, Febrero de 1,988.



Dh

01

T(1229)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

R E C T O R

Lic. Roderico Segura Trujillo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano	:Ing. Aníbal B. Martínez M.
Vocal 1o.	:Ing. Gustavo A. Méndez
Vocal 2o.	:Ing. Jorge Sandoval
Vocal 3o.	:Ing. Mario Melgar
Vocal 4o.	:Br. Marco Antonio Hidalgo
Vocal 5o.	:T.U. Carlos E. Méndez
Secretario	:Ing. Rolando Lara A.

Guatemala, 29 de enero de 1988.

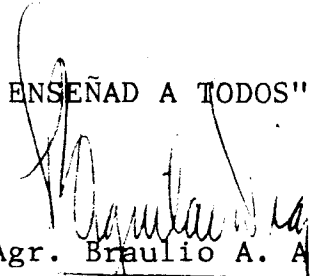
Ingeniero Agronomo
Anibal Martínez
Decano de Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Martínez:

Atentamente le informo que he finalizado la asesoría del trabajo de tesis del estudiante Gustavo Adolfo Mendoza Alvarado, con número de carnet 8113612, titulado "EFECTO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO Y DIFERENTES SUSTRATOS EN EL ENRAIZAMIENTO DE CLAVEL (Dianthus caryophyllus L.)".

El presente trabajo, considero llena los requisitos para ser presentado como investigación de tesis de grado, además de ser un valioso aporte para la investigación en la floricultura nacional.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. Braulio A. Aguilar D.

A S E S O R

BAAD/vscm

Guatemala, 10. de febrero de 1988.

Honorable Junta Directiva
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señores:

De conformidad a lo estipulado por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el agrado de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"EFECTO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO Y DIFERENTES SUSTRATOS EN EL ENRAIZAMIENTO DE CLAVEL (Dianthus carvophyllus L.)"

Al presentarlo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, espero merezca vuestra aprobación.

Respetuosamente,


Gustavo Adolfo Mendoza Alvarado

DEDICO ESTA TESIS A

DIOS

Mis Padres

José Luis Mendóza Martínez
Gloria Inés Alvarado de Mendóza

Mi Esposa

Elena Rossana Chávez de Mendoza

Mi Hija

María Rossana

Mis Hermanos

José Luis
Larisa Caridad
José Eduardo (Q.E.P.D.)
Edgar Fernando (Q.E.P.D.)

Mis Abuelitos

en especial
Eduardo Adolfo Alvarado B.

Mis Amigos

Huehuetanango

AGRADECIMIENTO

Al señor Eduardo Egurrola Girón, Gerente General de la Empresa Jardines Mil Flores S.A.

Al Ing. Braulio Antonio Aguilar Díaz asesor de tesis.

A todas las personas que colaboraron en la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
I. INTRODUCCION.....	3
II. HIPOTESIS.....	5
III. OBJETIVOS.....	6
IV. REVISION DE LITERATURA.....	7
IV.1 Bases anatómicas del enraizamiento.....	7
IV.2 Bases fisiológicas de la iniciación de raíces en los esquejes.....	10
IV.3 Condiciones ambientales durante el enraizamiento.....	21
IV.4 Selección del material para esquejes.....	27
V. METODOLOGIA.....	31
V.1 Localización	31
V.2 Materiales.....	31
V.3 Metodología experimental.....	31
V.3.1 Diseño Experimental.....	31
V.3.2 Modelo estadístico.....	32
V.3.3 Descripción de factores y modalidades resultantes.....	33
V.4 Manejo del experimento.....	33
V.4.1 Los reguladores del crecimiento.....	33
V.4.2 Los substratos.....	34
V.4.3 Los esquejes.....	35
V.5 Variables respuesta.....	36
V.6 Análisis estadístico.....	36
VI. RESULTADOS.....	36
VII. DISCUSION DE RESULTADOS.....	44
VIII. CONCLUSIONES.....	47
IX. RECOMENDACIONES.....	49
X. BIBLIOGRAFIA.....	50

INDICE DE CUADROS

		Página
CUADRO 1.	Promedios por repetición y promedios por tratamiento de la variable Longitud de Raíz.....	38
CUADRO 2.	Promedios por repetición y promedios por tratamiento de la variable Peso fresco de Raíz.....	39
CUADRO 3.	Análisis de Varianza para la variable Longitud de Raíz.....	40
CUADRO 4.	Análisis de Varianza para la variable Peso fresco de Raíz.....	40
CUADRO 5.	Prueba de Tukey de los promedios de la variable Longitud de Raíz.....	41
CUADRO 6.	Prueba de Tukey de los promedios de la variable Peso fresco de Raíz.....	42
CUADRO 7.	Mejores 18 tratamientos y sus respectivos promedios de las variables Longitud de Raíz y Peso fresco de Raíz.....	43

" EFECTOS DE REGULADORES DE CRECIMIENTO Y DIFERENTES
SUBSTRATOS EN EL ENRAIZAMIENTO DE CLAVEL
(Dianthus caryophyllus L.) "

" GROWTH REGULATORS AND DIFERENT SUBSTRATES EFECTIVE
FOR CARNATION (Dianthus caryophyllus L.) ROOTING. "

RESUMEN

En la presente investigación se trabajó bajo los supuestos de que por lo menos una modalidad de reguladores de crecimiento, una dosis de los mismos y una modalidad de substrato, independientemente produciría efectos diferentes en el enraizamiento de esquejes de clavel; así también se supuso que no habría interacción de los tres factores evaluados en el enraizamiento de esquejes de clavel.

En base a lo anterior, se trató de encontrar una modalidad de regulador de crecimiento (AIB, AIA, AIB+AIA), una dosis del mismo (2000, 4000, 8000 ppm), una modalidad de substrato (arena, arena y turba de coco, arena y tierra negra) y, una combinación de los tres factores evaluados que produjera mejores efectos en el enraizamiento de esquejes de clavel.

El experimento se realizó en la empresa Jardines Mil Flores S.A., en el municipio de Amatitlán, bajo condiciones de invernadero. Se utilizó un diseño experimental factorial con distribución completamente al azar y con arreglo combinatorio 3 x 3 x 3, con un total de 27 tratamientos con tres repeticiones cada uno. La unidad experimental del diseño consistió en una caja de madera que contenía 72 esquejes de clavel. Las variables respuesta evaluadas fueron: promedio de peso fresco de raíces por esqueje y promedio de longitud de raíz por esqueje de clavel.

En base al análisis estadístico se concluyó que dentro de las tres modalidades evaluadas de cada factor, no existe una que independientemente de las demás produzca mejores efectos en el enraizamiento del clavel. Además, se concluyó que los tres factores evaluados con cada una de sus modalidades, si interaccionan para producir mejor enraizamiento en el clavel, por lo que los supuestos bajo los cuales se inició el trabajo fueron rechazados en su

totalidad, recomendándose utilizar indistintamente un grupo de 18 mejores tratamientos, dentro de los cuales el mejor fue el Acido indolacético aplicado a 4000 ppm en una mezcla de substrato de arena y turba de coco.

**" GROWTH REGULATORS AND DIFERENT SUBSTRATES EFFECTIVE
FOR CARNATION (Dianthus caryophyllus L.) ROOTING "**

Gustavo Adolfo Mendoza Alvarado.

ABSTRACT

The objectives of this research were to find a type of growth regulator (AIB, AIA, AIB+AIA), dosage of this growth regulators (2000, 4000, 8000 ppm), type of substrate (white sand, white sand and coconut peat mix, white sand and soil mix) and a combination of this three factors to get the best results for rooting carnation.

This investigation was made at Jardines Mil Flores' greenhouses, located in the city of Amatitlán (Guatemala, C.A.). A threefactorial experimental design was used with distribution completely by chance, and combining them 3 x 3 x 3, making a total of 27 treatments with three repetitions of each one. The experimental unit of the design was a wood box with 72 carnation cuttings. The measured data was the average fresh root weight and the average root length per carnation cutting.

On basis of statistics analysis the conclusion was that, using the three evaluated variables of each factor, there is not one independently better treatment than the other on rooting carnation cuttings. It was concluded that the three evaluated factors with all of their variables interacting, produced better roots on carnation cuttings. It was recommended to use a group of the best 18 treatments. From this group the best was the indoleacetic acid used at 4000 ppm. in a white sand and coconut peat mix.

I. INTRODUCCION.

En la actualidad la propagación de plantas es una ocupación fundamental del hombre, el cual ha desarrollado una serie de métodos y técnicas con el fin de obtener resultados satisfactorios según las necesidades y condiciones en que se encuentre. Dichos métodos y técnicas se han agrupado en dos grandes categorías de propagación de plantas: sexual y asexual. La propagación sexual involucra la unión de gametos, por lo tanto, debe haber polinización, fecundación y producción de semillas para la formación de un nuevo individuo, por lo que la misma implica variabilidad genética. Por su parte, la propagación asexual o vegetativa es aquella generalmente hecha por el hombre, en que se utilizan porciones vegetativas de las plantas y que es posible porque en muchas de éstas los órganos vegetativos tienen capacidad de regeneración, por lo tanto, no hay variación genética.

El proceso de propagación asexual tiene especial importancia en floricultura porque la composición genética de la mayoría de las plantas ornamentales más valiosas es muy heterocigota, y las características que distinguen a esos tipos se pierden fácilmente si se propagan por semilla. Además de que en algunas especies la propagación es más fácil, más rápida y más económica por medios vegetativos que por semilla. Dentro de dichos medios de propagación vegetativa destaca en importancia la propagación por esquejes, esto es, porciones de tallo o rama de una planta que puesto en condiciones apropiadas de humedad, temperatura y sustrato, por naturaleza tiende a emitir raíces en un período de tiempo considerable.

Cuando se habla de una producción comercial, en donde el tiempo de enraizamiento de esos esquejes debe reducirse al mínimo y al mismo tiempo, obtener la mayor cantidad de raíces, se hace necesario el uso de sustancias químicas estimuladoras de crecimiento, las hormonas, las cuales comercialmente reciben diferentes nombres, pero en esencia contienen uno o varios de los diferentes compuestos: ácido indolacético (AIA), ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA); pudiendo a veces existir otros compuestos similares, que fisiológicamente también actúan como hormonas vegetales.

En los últimos años, el cultivo de flores en general ha adquirido gran importancia económica para Guatemala, constituyendo uno de los renglones capaces de diversificar la agricultura en zonas consideradas por naturaleza vocacionales al cultivo, sin embargo, existe en varios casos demanda de información y tecnología objetiva sobre muchos de los aspectos que comprende la actividad florícola en la actualidad. Es así que con el fin de determinar los mejores efectos de la aplicación de hormonas para enraizamiento en esquejas de clavel en diferentes mezclas de sustrato, se realizó un experimento en las instalaciones de la empresa Jardines Mil Flores S.A., en el municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala, que consistió en un diseño experimental trifactorial con arreglo combinatorio y distribución completamente al azar, el cual tuvo una duración de un mes, tiempo necesario para obtener la información antes mencionada.

II. HIPOTESIS.

1. Por lo menos una de las modalidades de hormona a evaluar, producirá efectos diferentes a las demás en el enraizamiento del clavel (Dianthus caryophyllus L.)
2. Por lo menos una de las dosis de hormona a evaluar, producirá efectos diferentes a las demás en el enraizamiento de clavel (Dianthus caryophyllus L.)
3. Por lo menos una de las modalidades de sustrato a evaluar, producirá efectos diferentes a las demás en el enraizamiento de clavel (Dianthus caryophyllus L.)
4. No se encontrará ninguna interacción entre los tres factores a evaluar en el enraizamiento de clavel (Dianthus caryophyllus L.)

III. OBJETIVOS.

1. Encontrar una modalidad de hormona que produzca efectos diferentes a las demás en el enraizamiento de clavel (Dianthus caryophyllus L.)
2. Encontrar una dosis de hormona que produzca efectos diferentes a las demás en el enraizamiento de clavel (Dianthus caryophyllus L.)
3. Encontrar una modalidad de sustrato que produzca efectos diferentes a las demás en el enraizamiento de clavel (Dianthus caryophyllus L.)
4. Encontrar una interacción entre los factores a evaluar que produzca efectos diferentes en el enraizamiento de clavel (Dianthus caryophyllus L.)

IV. REVISION DE LITERATURA.

IV.1 BASES ANATOMICAS DEL ENRAIZAMIENTO

DESARROLLO ANATOMICO DE RAICES.

El proceso de desarrollo de las raíces adventicias en los esquejes de tallo, pueden dividirse en tres etapas: (1) desdiferenciación celular seguida por la iniciación de grupos de células meristemáticas (las iniciales de la raíz); (2) la diferenciación de esos grupos de células en primordios de la raíz reconocibles; (3) el crecimiento y la emergencia de las raíces nuevas incluyendo la ruptura de otros tejidos del tallo, y la formación de conexiones vasculares con los tejidos conductivos del esqueje. (2)

RELACIONES DE LA ANATOMIA CON EL ENRAIZAMIENTO.

Aunque con toda probabilidad la facilidad o la dificultad con que los esquejes desarrollan raíces adventicias, se debe a factores bioquímicos, no se deben pasar por alto las relaciones de la estructura anatómica del tallo con el enraizado. Por ejemplo, en algunas plantas hay presentes en el tallo iniciales preformadas de raíces y en otras la producción de raíces sigue ciertos patrones que corresponden a la estructura anatómica del tallo.

Los anillos continuos de esclerénquima situados entre el xilema y el floema y exteriores al punto de origen de las raíces adventicias, pueden constituir una barrera anatómica para el enraizamiento. (2)

Los cultivares de claveles que enraizan con facilidad tienen presente en sus tallos una banda de esclerénquima y sin embargo, los primordios radicales en desarrollo emergen de los esquejes creciendo hacia abajo y saliendo por la base de los mismos. Esta misma posibilidad queda establecida en otras plantas en las cuales un anillo impenetrable de esclerénquima puede bloquear la emergencia de las raíces. Es más probable que el enraizamiento esté relacionado con la formación de las iniciales de raíz que con la restricción mecánica de

un anillo de esclerénquima que se oponga a la salida de las raíces.(2)

La formación de raíces adventicias puede estar limitada por ciertos factores inherentes no translocables ya presentes en los tejidos. Sin embargo, es probable que para establecer condiciones que favorezcan el enraizamiento, se efectúen interacciones entre ciertos factores fijos o no móviles, situados dentro de las células, tal vez ciertas enzimas, nutrientes de fácil conducción y factores endógenos de la producción de raíces. (2)

INICIACION DE LOS PRIMORDIOS DE LA RAIZ.

La ubicación precisa dentro del tallo del sitio en que se inician las raíces adventicias ha intrigado a los anatomistas vegetales durante siglos. Probablemente el primer estudio definido del mismo lo efectuó un dendrólogo francés, Duhamel du Monceau en 1758. (2). F.W. Went fue el primero en extraer estas sustancias estimuladoras del crecimiento. En su experimento demostró que una sustancia química estimuladora del crecimiento se había difundido a partir de los ápices del coleoptilo de avena en bloques de agar. A esta sustancia se le dió el nombre de auxina. (3). En la mayoría de las plantas, la iniciación de las raíces adventicias se efectúa después de que se ha hecho el esqueje. A esas raíces a veces se les llama "inducidas" o de "herida" ya que se presentan después de cierto tipo de lesión, como el corte de una porción de tallo o el anillado del mismo. El origen de las raíces adventicias en los esquejes del tallo se encuentran en ciertos grupos de células que se vuelven meristemáticas. Los tejidos contenidos en el sitio de origen varían mucho, dependiendo de la clase de planta. (2)

En las plantas herbáceas el lugar de origen de las raíces se encuentra justamente afuera y entre los haces vasculares. Esos pequeños grupos de células, las iniciales de la raíz, continúan dividiéndose, formando grupos de muchas células pequeñas que se desarrollan en los primordios de la raíz. La división celular continúa y pronto cada grupo

de células toma el aspecto de una punta de raíz. En el nuevo primordio radical se forma un sistema vascular que se conecta con el haz vascular adyacente. La punta de la raíz crece hacia afuera, a través de la corteza, emergiendo de la epidermis del tallo. Las iniciales de las raíces de los esquejes de los claveles surgen en una capa de células parenquimatosas que están dentro de una funda fibrosa. Al alcanzar esta banda de células fibrosas, las puntas de raíz en desarrollo no empujan a través de ellas, sino que se vuelven hacia abajo, emergiendo de la base del esqueje. (2)

En general, el origen y el desarrollo de las raíces adventicias se efectúa cerca y hacia afuera del cilindro central de tejido vascular. Al salir del tallo, las raíces adventicias ya han desarrollado una cofia y los tejidos usuales de la raíz, así como una conexión vascular completa con el tallo en que se originan. De ordinario, las raíces adventicias en los tallos se originan endógenamente; es decir, se originan dentro del tejido del tallo y crecen hacia afuera. (2)

El tiempo en el cual se desarrollan iniciales de la raíz, después de haber colocado los esquejes en la cama de propagación, varía mucho. En un estudio, se observaron microscópicamente en los crisantemos tres días después, cinco días más tarde en claveles y después de siete días en rosales. Las raíces visibles emergieron después de diez días en los esquejes de crisantemo, pero en los claveles y en los rosales tardaron tres semanas en aparecer. (2)

INICIALES DE RAIZ PREFORMADAS.

En algunas plantas, las iniciales de las raíces adventicias se forman durante los primeros períodos de desarrollo del tallo intacto, ya están presentes cuando se hacen los esquejes. Las estructuras de ese tipo se llaman iniciales de raíz preformadas o latentes, y por lo general permanecen durmientes hasta que se hacen esquejes del tallo y se les coloca en condiciones ambientales favorables para su desarrollo posterior y la emergencia de los primordios como raíces adventicias. (2)

CALLO.

De ordinario, una vez que se han hecho los esquejes y se han colocado en condiciones favorables para el enraíce, se forma un callo en el extremo basal del esqueje. Este es una masa irregular de células parenquimatosas en diversos estados de lignificación. Este crecimiento de callo se origina de células jóvenes en la región del cambium vascular, aunque diversas células de la corteza y de la médula también pueden contribuir a su formación. Con frecuencia, las primeras raíces aparecen a través del callo, conduciendo esto a la suposición de que la formación de callo es esencial para el enraizado. Sin embargo la formación de callo y la formación de raíces son independientes. El hecho de que con frecuencia ocurran de manera simultánea se debe a su dependencia de condiciones internas y ambientales análogas.(2)

Existen pruebas de que el pH del medio de enraizamiento puede influir sobre el tipo de callo que se produzca, el cual a su vez, puede afectar la emergencia de raíces adventicias de nueva formación. (2)

IV.2. BASES FISIOLÓGICAS DE LA INICIACION DE LA RAIZ EN LOS ESQUEJES.

REGULADORES DE CRECIMIENTO EN LAS PLANTAS.

En las plantas, ciertas concentraciones de diversas sustancias de ocurrencia natural en ellas y que tienen propiedades semejantes a las hormonas, son más favorables que otras para la iniciación de raíces adventicias. Se ha dedicado mucho estudio a determinar esas relaciones. Para distinguir entre **HORMONAS VEGETALES*** Y **REGULADORES DEL CRECIMIENTO***, se puede decir que todas las hormonas regulan el

* Las **HORMONAS VEGETALES** son compuestos diversos a los nutrientes, producidas por las plantas que en concentraciones bajas, regulan procesos fisiológicos vegetales. De ordinario, se mueven dentro de la planta de un sitio de producción a un sitio de acción.

* Los **REGULADORES DEL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS** son compuestos sintéticos u hormonas vegetales que modifican procesos fisiológicos de las plantas. Regulan el crecimiento mimetizando a las hormonas, influyendo en su síntesis y por destrucción, translocación (o posiblemente modificación) de los sitios de acción de las mismas.

crecimiento pero que no todos los reguladores del crecimiento son hormonas. Varias clases de reguladores del crecimiento, como las auxinas, citoquininas y giberelinas, inhibidores (como el ácido abscísico) y el etileno, influyen sobre la iniciación de las raíces. De ellas, la auxina es la que tiene el mayor efecto sobre la formación de raíz en los esquejes. En adición a los grupos citados, es indudable que hay otros materiales de ocurrencia natural que participan en la iniciación de raíces adventicias.

AUXINAS.

A mediados de la década de 1930 y después, los estudios sobre la fisiología de la acción de la auxina demostraron que esa sustancia intervenía en actividades tan diversas de las plantas como el crecimiento del tallo, la formación de raíces, la inhibición de yemas laterales, la abscisión de las hojas y de los frutos, la activación de las células del cambium y otras. (2)

El ácido indol -3- acético (AIA) fue identificado en 1934 como una sustancia de ocurrencia natural que tenía una considerable acción de auxina y pronto se encontró que fomentaba la formación de raíces adventicias. Esta acción del AIA se demostró primero mediante una prueba biológica en que se empleaban epicótilos ahilados de chicharro, bajo un conjunto de condiciones estándar. (2)

Subsecuentemente se probó el ácido indolacético sintético respecto a su actividad para fomentar el crecimiento de raíces en segmentos del tallo, y en 1935 varios investigadores demostraron el empleo práctico de este material para estimular la formación de raíces en esquejes. Alrededor del mismo tiempo se demostró que dos materiales similares, los ácidos indolbutírico (AIB) y naftalenacético (ANA) aunque no ocurrían de manera natural, eran aún más efectivos para ese propósito que el ácido indolacético que se presentaba en forma natural. En la actualidad está bien aceptado y subsecuentemente se ha confirmado muchas veces que la auxina, natural o en forma apli-

cada artificialmente, es un requerimiento para la iniciación de raíces adventicias en los tallos y en efecto se ha demostrado que en la división de las primeras células iniciadoras de la raíz depende de la auxina, ya sea aplicada o endógena. (2)

En los tallos, aparentemente la formación de iniciales de raíz depende de las auxinas nativas presentes en la planta, más un sinérgico. Estas sustancias juntas conducen a la síntesis de ácido ribonucleico (ARN) que interviene en la iniciación de los primordios de la raíz (2).

PRODUCCION Y SINTESIS DE AUXINAS NATURALES EN LOS VEGETALES.

Las auxinas parecen hallarse universalmente en los vegetales, y su existencia ha sido concretamente demostrada en una amplia variedad de especies. Más aún, las auxinas no son específicas en su acción, es decir, la misma auxina, químicamente hablando, que habitualmente tiene influencia sobre los fenómenos del crecimiento en una especie, también influye sobre los mismos fenómenos u otros similares en otras especies. (4)

Las auxinas se encuentran en las células vegetales en varias formas diferentes: libres, ligadas o como precursoras. Se han creado varios métodos para la extracción de las auxinas "totales" (todas las formas) de los tejidos vegetales, habiendo sido empleados con éxitos diversos. (4)

AUXINA es, según Thimann, una sustancia orgánica que promueve el crecimiento (aumento en volumen) a lo largo del eje longitudinal en concentraciones aproximadas de $10^{-3}m$. (8)

AUXINA (del gr. AUXEIN, aumentar) Hormona vegetal, que, entre otros efectos, promueve el alargamiento celular. (3)

Las formas en que la auxina se encuentra en la planta son, una llamada auxina libre o difusible, que escapa del ápice del talluelo o coleoptilo, cuando estos tejidos son puestos en agar; y otra llamada auxina ligada o no difusible, que solo se puede extraer con éter.(8)

Poco después del descubrimiento de las auxinas de origen natural, varios investigadores demostraron que ciertos compuestos cuya existencia en los vegetales era desconocida, provocaban reacciones en las plantas, similares a las determinadas por las auxinas naturales. La lista de esas auxinas "sintéticas" ha llegado a ser bastante extensa. De estas sustancias, las mejor conocidas son el ácido naftalenoacético, el ácido indolbutírico, el ácido 2,4 diclorofenoxiacético y el ácido naftoxiacético. (4)

El término "auxina" ha sido empleado con sentido diverso por diferentes autoridades. Más frecuentemente, sin embargo, se considera que cualquier compuesto orgánico es una auxina si promueve el crecimiento a lo largo de un eje longitudinal cuando se aplica en bajas concentraciones a órganos que inicialmente tienen un contenido bajo de tales sustancias promotoras del crecimiento, pero que se encuentran en condiciones que de otro modo son favorables al crecimiento en largo. La frase "baja concentración" es algo vaga, pero en general se le puede referir a concentraciones menores de 10^{-3} molar. (4)

El término auxina se utiliza para designar a reguladores de acción fisiológica semejantes al ácido indolacético que provocan el alargamiento celular. Por lo común son ácidos con un ciclo no saturado y una cadena lateral. Las "giberelinas" también provocan el alargamiento celular pero no se clasifican como auxinas por no corresponder a ésta estructura química básica y por provocar otros fenómenos distintos al ácido indolacético. (4)

En la mayor parte de los tejidos que se han investigado hasta ahora, es mucho mayor la cantidad de auxinas bajo formas inactivas que las auxinas libres; estas últimas rara vez constituyen más de un 10%

de las auxinas potencialmente disponibles.

Considerable cantidad de pruebas acumuladas indican que el compuesto ácido indol-3-acético es la principal auxina de producción natural. Se ha demostrado que el ácido aminotriptófano es un precursor del ácido indolacético en las plantas. La conversión del primero en el último de los compuestos se produce aparentemente a través del paso intermedio constituido por el aldehído indolacético, el cual es por consiguiente un precursor aún más inmediato del ácido indolacético. La transformación del triptófano en ácido indolacético es catalizada por una enzima específica, la que ha sido hallada en una cantidad de tejidos vegetales. Para la síntesis del triptófano es necesaria la presencia del zinc, y uno de los efectos indirectos producidos por la carencia de este elemento es la reducción que se opera en la cantidad de auxinas. (4)

En las plantas se han identificado las siguientes auxinas naturales: indolacetaldehído (en plántulas etioladas); ácido indolpirúvico (IPA: en semillas de maíz, hojas y raíces); indolacetonitrilo (en la col); indoletanol (en plántulas de pepino) y, desde luego, en forma de ácido indolacético (AIA), encontrado de manera general en todas las especies y del cual las otras auxinas se consideran derivadas o precursoras. De hecho, cuando se habla de auxina natural, se considera que se está refiriendo al AIA. La planta sintetiza el AIA a partir del aminoácido triptófano. (8)

Las auxinas que naturalmente existen en las plantas son productos sintéticos del metabolismo vegetal. Los principales centros de síntesis de las auxinas son los tejidos apicales meristemáticos de los órganos aéreos, tales como los brotes en eclosión, hojas jóvenes y flores o inflorescencia sobre pedúnculos en crecimiento. Pequeñas cantidades de auxinas se sintetizan también en los meristemas apicales de la raíz, aunque es probable que gran parte de las auxinas de la raíz provengan de las partes aéreas, ya que algunos estudios demostraron que la concentración disminuye a partir de los ápices

de tallos y raíces hacia el cuello de la planta. La auxina sintetizada en un tejido, con frecuencia migra a otros órganos de la planta. (4). La auxina es sintetizada por la planta en las células del meristemo apical del talluelo, tallo y ramas y en las yemas rameales o foliares cuando están en desarrollo. De estas regiones meristemáticas es transportada en forma basipétala por difusión a través de las células en plántulas al principio de su desarrollo o por el floema en plantas ya desarrolladas. El movimiento por el floema se hace con los productos de la fotosíntesis. El movimiento en talluelos muy jóvenes se hace en forma basipétala y el determinismo es por diferencias en el potencial eléctrico del talluelo, que es predominantemente positivo en la base y negativo en el ápice; como el AIA es un ácido, resulta electronegativo, por lo que es repelido por las células apicales y atraído por las basales; es pues, un transporte polar. (8) La concentración de auxinas puede variar ampliamente de un tejido a otro; en general, se encuentran en mayor concentración en los tejidos en que son sintetizadas o almacenadas. La temperatura es un factor que debe tenerse en cuenta en su síntesis, pero el grado óptimo para este proceso no es el mismo en todas las plantas y tejidos. (4)

Las auxinas no solo se sintetizan en las células vegetales, sino que también en ellas son inactivadas; como todo compuesto bioquímico en la célula, la auxina sufre un catabolismo, por lo que es destruida la molécula. Hay dos sistemas catabólicos: 1) por oxidación enzimática a través de una flavoproteína, la que origina peróxido de hidrógeno, el cual oxida al AIA por medio de una peroxidasa y lo convierte en indolaldehído, que no es activo; 2) por fotooxidación, al inactivarse el AIA por la acción de la luz, rayos X, rayos gamma y ultravioleta. (4) (8).

EFECTOS DE HOJAS Y YEMAS.

Cofactores de enraizamiento (Sinérgicos de la Auxina)

En 1938 Went postuló la presencia de factores específicos diferentes a la auxina, que creía eran producidos en las hojas y que eran neces-

rios para la formación de la raíz.

Que la cantidad de cierta sustancia (o sustancias) de ocurrencia natural, distinta a la auxina o formadora de raíces, todavía no identificada pero esencial para la iniciación de la raíz, puede ser abundante en algunas plantas y escasa o aún faltar en otras, lo han demostrado otros experimentos.

En los esquejes de ciertas plantas, la remoción de las yemas detiene la formación de las raíces casi por completo, en especial en aquellas especies que carecen de iniciales de raíz preformadas. En algunas plantas, si se remueve un anillo de corteza hasta la madera, justo debajo de una yema, se reduce la formación de raíces, indicando que alguna influencia se desplaza, a través del floema, de la yema a la base del esqueje, donde se activa en promover la iniciación de raíces. (2)

Desde hace mucho tiempo que se sabe y hay una considerable cantidad de pruebas experimentales que lo apoyan, que la presencia de hojas en los esquejes ejerce una fuerte acción estimulante sobre la iniciación de las raíces. (2)

Los brotes en pleno desarrollo son más eficaces para la formación de raíces que los que se hallan en estado de inactividad. También las hojas, especialmente si son jóvenes, favorecen la formación de raíces en los esquejes. Estas observaciones sugieren que la iniciación radical de los esquejes se vea favorecida por las hormonas sintetizadas en los brotes y en las hojas jóvenes, las que subsiguientemente migran a la parte basal. Mucho antes de que se identificase el ácido indolacético como una auxina de producción natural, se sabía que era un activo agente provocador de formación de raíces. (4)

Es indudable que los carbohidratos translocados de las hojas contribuyen a la formación de raíces. Sin embargo, es probable que el

fuerte efecto promotor de las raíces que ejercen las hojas y las yemas, se deba a otros factores más directos. Se sabe que las yemas y las hojas son poderosos productores de auxina y los efectos se observan directamente debajo de ellas, demostrando que existe un transporte polar del ápice a la base. (2)

FUNCION DE LAS AUXINAS.

Puede decirse que tres fenómenos: aumento en el alargamiento celular, incremento de la respiración y del metabolismo energético, y cambio en el tipo de ARN, enzimas y proteínas son la base de muchos efectos auxínicos, que son los más notables a primera vista y los más importantes en agricultura. (8)

PAPEL DE LAS AUXINAS EN EL ALARGAMIENTO CELULAR.

Las auxinas desempeñan un papel en la fase de alargamiento del crecimiento en muchos órganos. En general se considera que el alargamiento celular se produce únicamente en presencia de auxinas, y que cuando hay un aumento en la concentración de éstas, aumenta también el alargamiento, siempre que no actúen otros factores limitantes. Los límites máximos de concentración para el alargamiento celular varían grandemente con los diferentes tejidos, y las concentraciones relativamente altas por lo general ejercen efecto inhibitorio sobre esta fase del crecimiento. (4)

Los efectos aparentemente contrastantes de las auxinas sobre el alargamiento de las raíces y los órganos aéreos puede explicarse suponiendo que las raíces, brotes y tallos reaccionan todos de manera comparable ante las auxinas, siendo su crecimiento inhibido por concentraciones relativamente altas y activado por concentraciones relativamente bajas de auxinas. Así, el alargamiento de las raíces se ve favorecido mediante concentraciones muy bajas; con cualquier concentración alta el crecimiento se ve detenido. Los tallos y los

coleoptilos se comportan de manera similar, excepto en que la concentración óptima en que se produce el alargamiento es mucho más alta que para el caso de las raíces. La misma concentración de auxinas que favorece el alargamiento del tallo, retarda el alargamiento de la raíz. En suma: el que una auxina ejerza efecto de aceleración o de inhibición sobre el crecimiento, depende en parte de su concentración y en parte del tejido específico que se trate. (4)

MECANISMO DE ACCION DE LA AUXINA.

Las auxinas parecen tener dos efectos principales en el proceso de alargamiento celular; aumentan la plasticidad de la pared y participan directa o indirectamente en las reacciones mediante las cuales se depositan nuevas moléculas de celulosa dentro de las paredes. Sin embargo, el efecto de las auxinas en el desarrollo de la pared celular se considera en la actualidad no como un efecto directo sino como una posible expresión final de un proceso metabólico, condicionado o regulado por la hormona. (4)

Hay pruebas abundantes de que las auxinas actúan primariamente como agentes catalíticos o reguladores en alguna fase del metabolismo de los carbohidratos. Un hallazgo sugestivo en este sentido es que la introducción de auxina en hojas o esquejes produce una marcada hidrólisis del almidón. Parece, así mismo, que la auxina participa en alguna parte del proceso respiratorio. Un hecho significativo en conexión con esto, es que las auxinas solo manifiestan sus efectos bajo condiciones de aerobiosis. (4)

Se conocen algunos compuestos que suelen denominarse antiauxinas, los cuales contrarrestan o perturban el efecto común de las auxinas de favorecer el crecimiento. Existen en la célula varias moléculas que pueden tomar el lugar de la auxina por tener una configuración química parecida, pero que al unirse con el compuesto (sea éste enzimas, ADN, ARN o cualquier metabolito), con el que se debería

iniciar la reacción, forman un complejo inerte, así que no son capaces de inducir acciones metabólicas y en cambio bloquean la acción de la auxina. Ejemplos específicos de antiauxina son el ácido fenilbutírico, el 2,4-dicloroanisol y el ácido 2,6-diclorofenoxiacético (muy similar al activísimo 2,4-diclorofenoxiacético), 4-cloro-fenoxibutírico, y otras. (4), (8).

PAPEL DE LAS AUXINAS EN LA FORMACION DE LAS RAICES.

Durante muchos años se ha sabido que la presencia de brotes en los esquejes favorece el desarrollo de las raíces cuando se introduce su porción basal en un medio adecuado para la formación de raíces.

Se debe distinguir claramente entre el efecto de las auxinas sobre la formación de las raíces y su efecto sobre el alargamiento radical. En general las concentraciones requeridas para el primero de estos procesos, son mucho mayores que para el segundo. (4)

Un efecto importante de la auxina que también implica división de las células es provocar la iniciación de raíces laterales y adventicias en la raíz y en el brote. Este efecto tiende a correlacionar el grado de ramificación del sistema radical con el grado de desarrollo de yemas en el brote. Más aún, debido al transporte polar hacia abajo, la auxina tiende a acumularse justamente arriba de cualquier sitio dañado en el tallo o en el sistema radical. Esta acumulación estimula la iniciación de raíces adventicias en el lugar dañado, con lo que promueve la regeneración de las raíces perdidas y aumenta las probabilidades de supervivencia de las partes aéreas de una planta después que haya sufrido una lesión abajo o al nivel del suelo. (6)

Se ha visto que cierta cantidad de las "auxinas" que no son de origen natural en los vegetales, también promueven la formación de raíces en muchas especies. Entre estas está el ácido α -naftalenoacético, la naftalenoacetamida y el ácido indolbutírico. Se han llevado a cabo amplias experiencias acerca de la practicabilidad de realizar

tratamientos con diversas auxinas como método práctico de estimular el enraizamiento de esquejes. Estos tratamientos no son igualmente eficaces con todos los tipos de plantas, pero con los esquejes de muchas especies conducen a la aceleración del proceso de su formación y el desarrollo de un mayor número de raíces por esqueje. Sin embargo, las hormonas no determinan la formación de raíces en esquejes de especies en las cuales sin su aplicación no se desarrollan por lo menos algunas pocas. (4)

EFFECTOS TOXICOS DE LAS AUXINAS.

La aplicación de auxinas, en concentraciones relativamente altas, da también como resultado la aparición de deformaciones de crecimiento en las plantas, tales como distorciones en las hojas, tallos y raíces, decoloración de las hojas, inhibición del alargamiento del tallo o las raíces y de la apertura floral y la formación de tumores. (Debe advertirse que la frase "concentraciones relativamente altas", tal como se emplea en esta explicación, se refiere a concentraciones que en términos absolutos son muy bajas, de una magnitud de 1.000 p.p.m. En concentraciones algo mayores, pero en términos absolutos aún muy bajas, éstos compuestos a menudo producen la muerte de la planta). (4)

El conocimiento de que las auxinas, cuando son aplicadas en concentraciones relativamente altas pero efectivamente bajas, ejercen efectos tóxicos o letales sobre las plantas, condujo a la idea de que se les podía emplear con el propósito de matar malas hierbas u otras plantas nocivas. Los ácidos fenoxiacéticos han probado ser especialmente eficaces como herbicidas. El más ampliamente usado de todos éstos ha sido el ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D). Los efectos de éste compuesto sobre las plantas puede tomarse como ejemplo de la acción de un herbicida del tipo de la auxina. (4)

OTROS EFECTOS DE LAS AUXINAS.

Uno de los hechos más notables acerca de las auxinas es el gran número de reacciones de crecimiento en que participan estos compuestos. Otros fenómenos de crecimiento así mismo importantes, en los cuales las auxinas toman parte, incluyen el desarrollo de los frutos, la caída de las hojas y los frutos, la activación de las células cambiales, la dominancia apical y la iniciación floral.(4)

IV.3. CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL ENRAIZAMIENTO.**Relaciones de Agua.**

Aunque la presencia de hojas en los esquejes es un fuerte estímulo para la iniciación de las raíces, la pérdida de agua a través de ellas puede reducir el contenido de agua de los esquejes hasta un nivel tan bajo que ocasione su muerte antes que se formen las raíces. En los esquejes se ha cortado la provisión natural de agua que viene de las raíces, pero las hojas todavía transpiran. En especies que enraizan con facilidad, la formación rápida de las raíces pronto permite que la absorción de agua compense la cantidad que es eliminada por las hojas, pero en especies de enraizado más lento, la transpiración de las hojas se debe reducir a una cantidad muy baja hasta que se formen las raíces. Para reducir al mínimo la transpiración de las hojas de los esquejes, la presión de vapor de agua de la atmósfera que las rodea debe mantenerse tan semejante como sea posible a la presión de agua que existe en los espacios intercelulares de la hoja. (2)

Desde hace mucho tiempo ha sido una práctica estándar en cajas de propagación y en invernaderos, esparcir con frecuencia las estacas, así como las paredes y el piso, para mantener una humedad elevada. Para invernaderos y otras estructuras cerradas se dispone de sistemas de operación automática que atomizan el agua en forma de niebla. Esos métodos de humectación tienen un efecto benéfico principalmente porque aumentan el contenido de vapor de agua del aire.(2)

PROPAGACION BAJO NIEBLA: Estas aspersiones mantienen sobre las hojas una película de agua, lo cual no sólo produce una alta humedad relativa alrededor de la hoja sino que reduce la temperatura del aire y de las hojas, factores todos que tienden a reducir la tasa de transpiración. Los efectos enfriadores de las aspersiones de agua son tan efectivos que es posible colocar las camas de propagación a pleno sol sin que haya aumento notable en la temperatura de las hojas. La alta intensidad luminosa que obtienen los esquejes en el sol, aumenta la actividad fotosintética de las hojas en relación con la que ocurre en camas de propagación sombreadas. (2)

Se debe hacer una distinción entre HUMECTACION y NIEBLA. Bajo sistemas que sólo suben la humedad relativa, aumenta la presión del vapor de agua en el área circundante a las hojas. Con los sistemas de niebla también ocurre esto, pero la hoja misma se cubre con una película de agua, que tiene la ventaja adicional de reducir la temperatura de la hoja, con lo cual se reduce la presión de vapor de agua interna y en consecuencia la tasa de transpiración. (2)

Bajo niebla, las condiciones son ideales para el enraizado y crecimiento de esquejes con hojas. La transpiración se reduce a un nivel bajo pero la intensidad luminosa puede ser alta, promoviéndose con ello una mayor actividad fotosintética. La temperatura del esqueje entero se mantiene relativamente baja, reduciéndose con ello la tasa de transpiración. Los esquejes bajo niebla pueden sintetizar alimentos en exceso a la cantidad que usan en la respiración, siendo esos nutrientes de gran importancia para promover la iniciación y el desarrollo de nuevas raíces. Sin embargo, las hojas de ciertas especies no toleran el humedecimiento continuo que se presenta con la niebla y en esos niveles elevados de humedad puede ocurrir deterioración de las yemas. (2)

Aunque las boquillas productoras de niebla deben mantener una película de agua sobre las hojas durante todas las horas en que haya luz de día, la aplicación adicional de agua en forma de niebla no pare-

ce ser ventajosa; de hecho, probablemente es perjudicial. Las grandes cantidades de agua usadas en los sistemas de niebla que operan de continuo reducen las temperaturas de los tejidos de los esquejes así como la del medio de enraizamiento, la cual puede resultar demasiado baja para un enraizamiento óptimo. En el sistema de NIEBLA INTERMITENTE, que se usa con tanta amplitud, el agua se aplica en períodos cortos y frecuentes, relativamente se usa poca agua y la temperatura del medio de enraíce no baja en forma adversa. En el sistema de niebla intermitente las temperaturas del área de enraíce de los esquejes son superiores a las que se registran bajo niebla constante, siendo así más favorable para el enraizado. (2)

Aunque el beneficio principal que se tiene en el enraizado bajo niebla es controlar la pérdida de agua, un beneficio secundario puede ser el que cambie lo suficiente las condiciones fisiológicas de los tejidos para promover un incremento en los factores de enraíce que ocurren de manera natural. (2)

Temperatura.

Las temperaturas diurnas del aire son de 21 grados a 27 grados centígrados, con temperaturas nocturnas de unos 15 grados centígrados resultan satisfactorias para el enraizamiento de esquejes de la mayoría de las especies, aunque algunas de ellas enraizan mejor a temperaturas más bajas. Las temperaturas del aire excesivamente elevadas tienden a estimular el desarrollo de las yemas con anticipación al de las raíces, y aumentar la pérdida de agua por las hojas. Es importante que se logre el desarrollo de las raíces antes que el tallo. En camas de esquejes, es beneficioso mantener en la base de los esquejes una temperatura más elevada que en las yemas. (2)

Luz.

La luz, en todos los tipos de crecimiento vegetal, es de importancia primaria, ya que es la fuente de la energía para la fotosíntesis. En el enraizado de esquejes con hojas, los productos de la fotosíntesis son importantes para la iniciación y el crecimiento de las raíces.

La intensidad y la duración de la luz deben ser lo suficientemente grandes para que se acumulen más carbohidratos de los que se emplean en la respiración. (2)

Hay algunas pruebas de que el fotoperíodo en que crece la planta madre puede ejercer influencia en el enraizamiento de los esquejes que se tomen de ellas. Esto puede estar relacionado con la acumulación de carbohidratos, obteniéndose el mejor enraíce bajo fotoperíodos que estimulan el incremento de carbohidratos, aunque en algunos casos, plantas madres mantenidas bajo fotoperíodos cortos han producido esquejes que enraizan mejor. En algunas especies, el fotoperíodo en que se realiza el enraizado de los esquejes puede afectar la iniciación de raíces. En general, los días largos o la iluminación continua, resultan más efectivos que los días cortos, aunque en otras especies no influye el fotoperíodo.

Sin embargo, esta situación se puede volver muy compleja, ya que el fotoperíodo puede intervenir tanto en el desarrollo del tallo como en la iniciación de las raíces. (2)

Medio de Enraizamiento.

El medio de enraizamiento tiene tres funciones: (a) mantener el esqueje en su lugar durante el período de enraizado, (b) proporcionar humedad al esqueje y (c) permitir la penetración de aire a la base del mismo.

Un medio de enraizamiento ideal proporciona suficiente porosidad para permitir una buena aireación, tiene una alta capacidad para retención de agua y no obstante, buen drenaje. Para esquejes de madera suave y semidura, debe estar libre de bacterias y hongos perjudiciales. (2)

El medio de enraice puede afectar al tipo de sistema radical que se origine de los esquejes. Los esquejes de ciertas especies, cuando se les hace enraizar en arena producen raíces largas, no ramificadas, bastas y quebradizas, pero cuando se les coloca en una mezcla, como

de arena y musgo turboso o de perlita y musgo turboso, desarrollan raíces bien ramificadas, delgadas, flexibles, de un tipo mucho más apropiado para extraerla y volverlas a colocar en macetas. (2)

Experimentos efectuados para determinar cuales de las diferencias en características del musgo turboso y de la arena determinaban los diferentes tipos de sistemas radicales producidos, indicaron que fue la diferencia en contenido de humedad. Las determinaciones del contenido de aire y de humedad del musgo turboso y de la arena cuando ambos estaban en un punto considerado óptimo para el enraíce, mostraron que en base volumétrica, el musgo turboso contenía el doble de aire y el triple de humedad que la arena. (2)

El oxígeno disponible en el medio de enraíce es esencial para la producción de raíces, aunque los requerimientos del mismo varían con las diferentes especies. El enraizamiento de esquejes de claveles y de crisantemos aumentó de manera marcada cuando se aireó el agua en que se estaban haciendo enraizar con cantidades crecientes de oxígeno, de 0 a 21%. Cuando se producen raíces solo cerca de la superficie del medio de enraíce, es probable que la provisión de oxígeno en el medio sea inadecuada. (2)

Los esquejes de muchas especies de plantas enraizan con facilidad en una gran diversidad de medios para enraizado. En las plantas que enraizan con dificultad, el medio de enraíce puede influir mucho no sólo en el porcentaje de las que enraicen, sino que también en la calidad del sistema radical que se forme.

Las combinaciones de algunos de los materiales que se enumeran a continuación, por lo general dan mejores resultados que empleando cualquiera de ellos solos. Para determinar la mejor mezcla para enraizado, es aconsejable experimentar con las plantas en las condiciones ambientales en que se va a trabajar.

SUELO. Por lo general, no se considera que el suelo sea un medio de enraizamiento apropiado para esquejes de madera suave o semidura, aunque algunos viveristas lo han empleado con éxito. Los esquejes de ciertas plantas que enraizan con facilidad, como los crisantemos y los geranios, a veces se inician directamente en recipientes pequeños o en cilindros de papel usando una mezcla de dos partes de arena gruesa y una de tierra. Esta mezcla de preferencia debe tratarse con calor o fumigarse antes de usarla.

ARENA. La arena se usa mucho como medio para enraizar esquejes. Es relativamente poco costosa y fácil de obtener. La arena no retiene humedad como lo hacen otros medios para enraizado y necesita regarse con más frecuencia. La arena debe ser lo suficientemente fina como para retener algo de humedad alrededor de los esquejes y lo bastante gruesa para permitir que el agua se drene fácilmente a través de ella. Al igual que otros medios de enraizamiento, es bueno usar la arena sólo una vez, a menos que pueda esterilizarse.

MUSGO TURBOSO. En ocasiones se añade a la arena en proporciones diversas para aumentar la capacidad de retención de agua de la mezcla. Esta combinación es un buen medio para el enraizado de esquejes de la mayoría de las especies. Las mezclas usadas varían entre dos partes de arena por una parte de musgo turboso, y una parte de arena por tres partes de musgo turboso.

AGUA. Desde hace mucho tiempo se ha usado para el enraizamiento de esquejes de fácil enraíce. Su mayor desventaja es la falta de aireación. Las pruebas realizadas han demostrado que aireando artificialmente el agua con aire u oxígeno, se puede tener un excelente enraíce de los esquejes de algunas especies. En el agua aireada, las mejores raíces son producidas cerca del extremo basal de los esquejes, en tanto que en agua no aireada, las mejores raíces se producen cerca de la superficie del agua, donde es mayor el contenido de oxígeno.

EL AIRE SATURADO DE HUMEDAD puede usarse como medio de enraíce colocando los esquejes en estructuras cerradas, en las cuales la humedad relativa se mantiene cercana al 100% con boquillas nebulizadoras. Este método ha producido en algunas plantas una formación satisfactoria de raíces. y se aplica con bastante éxito a esquejes de raíz, pero no se presta para uso en gran escala. (2)

IV.4. SELECCION DEL MATERIAL PARA ESQUEJES

CONDICION FISIOLOGICA DE LA PLANTA MADRE.

Muchos factores internos, como los niveles de auxina, los cofactores de enraizamiento y las reservas de carbohidratos pueden, desde luego, influir en la iniciación de las raíces. En un estudio en el que se determinaron todos esos factores en esquejes de crisantemo de enraizado fácil y de enraizado difícil, la única correlación que se pudo lograr fue con el almacenamiento de carbohidratos en los tallos, presentándose en los cultivares que enraizan con facilidad los niveles más elevados de reservas de carbohidratos. (2)

Con bastante frecuencia el material más adecuado para esquejes, en cuanto se refiere la riqueza de carbohidratos, puede determinarse por la firmeza del tallo. Aquellos que tienen una concentración inconvenientemente baja de carbohidratos son suaves y flexibles, mientras que los más ricos en carbohidratos son firmes y rígidos, y al doblarlos se rompen más bien que se flexionan. Sin embargo, esa firmeza de los tejidos puede confundirse con la firmeza debida a la maduración de los mismos, ocasionada por el engrosamiento y la lignificación de las paredes celulares. Un método más exacto para determinar el material para esquejes que tenga el alto contenido de almidón conveniente es la prueba del yodo. Los extremos recién cortados de un manojo de esquejes se sumergen durante un minuto en una solución de 0.2% de yodo en yoduro de potasio. Los esquejes con un mayor contenido de almidón se tiñen de color más oscuro. (2)

Sin embargo, para que se efectúe la iniciación de raíces se necesita

nitrógeno para la síntesis de ácidos nucleicos y de proteínas, de tal manera, que hay un nivel de diferenciación del nitrógeno disponible, debajo del cual se obstaculizaría la formación de raíces en esos casos la adición de nitrógeno estimularía el enraizamiento. (2)

No está claro porque un alto nivel de nitrógeno en los esquejes no origina un buen enraizado, pero es probable que los tejidos con un alto contenido de nitrógeno tengan un desarrollo lujurioso, sean suaves y suculentos, con poco almacenamiento de carbohidratos. Esas ramas de crecimiento rápido también pueden ser pobres en otros componentes necesarios para el enraice. (2)

En las plantas madres el equilibrio de contenido bajo de nitrógeno y contenido elevado de carbohidratos, que en muchos casos parece favorecer el enraice, puede lograrse en diversas formas:

(a) Reducir la provisión de nitrógeno a las plantas madres, con lo que se reducen el crecimiento de las ramas y se permite la acumulación de carbohidratos. Esto puede lograrse no aplicando fertilizantes nitrogenados y permitiendo que las plantas madres crezcan a pleno sol. Cualquier tipo de restricción de las raíces de las plantas madres, como el que ocurre cuando se cultivan en macetas o muy juntas en surcos, tiende a reducir el crecimiento vegetativo excesivo y permiten la acumulación de carbohidratos.

(b) Escoger para el material de esquejes porciones de la planta que estén en el estado nutritivo adecuado. Por ejemplo, tomar ramas laterales en las cuales ha disminuido el crecimiento rápido y se han acumulado los carbohidratos, en vez de tomar ramas terminales suculentas.

(c) Seleccionar regiones de las ramas que se sabe que tienen un alto contenido de carbohidratos.

Sin embargo, no puede decirse que un alto contenido de carbohidratos en los esquejes invariablemente está asociado con la facilidad de enraíce. Pueden estar presentes muchos otros factores aún más fuertes.

En plantas difíciles de enraizar se pueden emplear varios tratamientos para alterar la condición fisiológica y/o nutricional de la planta madre o de porciones de ella. Esos tratamientos, en ocasiones conducen a un aumento en el enraizamiento de los esquejes que se toman de ellas y comprenden prácticas tales como el ahilamiento (en ausencia de luz) de las ramas o el alambrado o anillado de las mismas, un poco antes de hacer los esquejes. (2)

TRATAMIENTO DE LOS ESQUEJES CON FUNGICIDAS.

Durante un período de enraizamiento los esquejes están expuestos al ataque de varios hongos. El tratamiento con fungicidas debe dar cierta protección y resultar, tanto en una mayor supervivencia como en una mejoría en la calidad de las raíces. (2)

TRATAMIENTO DE LOS ESQUEJES CON REGULADORES DE CRECIMIENTO.

A veces las mezclas de sustancias estimuladoras del enraizado son más eficaces que los compuestos aislados. Así, se descubrió que con una mezcla de partes iguales de los ácidos indolbutírico y naftalenacético, al usarla en diversas especies, se lograba mayor porcentaje de esquejes enraizados y más raíces por esqueje que cuando se usaba cualquiera de las sustancias por separado. (2) (5)

El empleo de las sales de algunos reguladores del crecimiento en vez del ácido puede en algunos casos ser conveniente, debido a que tiene una actividad semejante y son más solubles en el agua que el ácido. Para uso general en el enraizado de esquejes de tallo en la mayoría de las especies vegetales, se recomiendan los ácidos naftalenacético (ANA) e indolbutírico (AIB), y en particular este último. Para determinar el mejor material y la concentración óptima para el enraizado de una especie determinada bajo condiciones dadas, es

necesario hacer pruebas empíricas. (2)

En los tejidos del tallo, el flujo de la auxina natural ocurre en dirección basipétala. En los primeros trabajos, las aplicaciones de auxina sintética se hicieron en los extremos superiores de los esquejes para seguir el flujo natural hacia abajo. Sin embargo, como un punto práctico, pronto se encontró que las aplicaciones basales daban mejores resultados. Aparentemente se tenía suficiente movimiento para llevar la auxina aplicada a las partes del esqueje donde estimulaba la producción de raíces. (2)

La aplicación de auxinas en altas concentraciones a los esquejes de tallo puede inhibir el desarrollo de las yemas, a veces hasta el punto de que no hay formación de tallos aún cuando la formación de raíces es adecuada. También la aplicación de sustancias de crecimiento a los esquejes de raíz puede inhibir el desarrollo de tallos. (2)

Con frecuencia, se presenta la cuestión acerca de la duración de las diversas preparaciones que estimulan la formación de raíces sin que pierdan sus propiedades. En soluciones no esterilizadas, la destrucción bacteriana del ácido indolacético se efectúa con facilidad. En soluciones estériles este material permanece activo durante varios meses. Una especie de Acetobacter, de amplia distribución, destruye el AIA, pero el mismo organismo no tiene efecto sobre el ácido indolbutírico. El ácido indolacético es sensible a la luz y la luz solar fuerte destruye una concentración de 10 ppm en unos 15 min. El AIB es mucho más fotoestable que el AIA y una exposición de 20 hrs. a luz solar intensa ocasiona solo un cambio ligero en la concentración. Parece que tanto el ANA como el 2,4-D son completamente estables a la luz. Con su resistencia a la descomposición bacteriana y a la destrucción por efecto de la luz, estos compuestos tienen más probabilidades de conservar su efectividad en un período largo de tiempo que los compuestos indólicos. (2)

V. METODOLOGIA.

V.1. LOCALIZACION.

La presente investigación se realizó dentro de invernadero en las instalaciones de la empresa Jardines Mil Flores, S.A. localizada en el municipio de Amatitlán del departamento de Guatemala, ubicada a 14 grados 29 minutos Latitud Norte y a 90 grados 38 minutos Longitud Oeste, con una elevación de 1189 metros sobre el nivel del mar. La misma se desarrolló durante los meses de octubre y noviembre de 1987. Las condiciones prevalecientes de temperatura y humedad relativa en el ambiente fueron en promedio de 32.2 grados centígrados y 85% respectivamente durante el día, y de 21.4 grados centígrados y 72% respectivamente durante la noche. En el suelo las temperaturas diurnas fueron en promedio de 34.0 grados centígrados y de 19.3 grados centígrados el promedio de las nocturnas.

V.2. MATERIALES.

1. Esquejes de clavel variedad SCARLET KNIGHT
2. Acido indol-3-acético (AIA) en polvo.
3. Acido indol-3-butírico (AIB) en polvo.
4. Polvos de talco inerte
5. Desinfectante en polvo Captan 50-WP
6. Cajas de madera de 24" x 12" x 3"
7. Arena blanca
8. Turba de coco (cáscara seca de coco molida).
9. Tierra negra
10. Neblineras automáticas (nebulizadoras)
11. Horno de vapor para desinfestación del suelo.

V.3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

V.3.1. Diseño Experimental.

Para el experimento se utilizó un diseño factorial con distribución completamente al azar y con arreglo combinatorio 3 x 3 x 3. Se evaluaron tres modalidades de hormonas (ácido indolbutírico, ácido indolacético y, ácido indolbutírico más ácido indolacético) con tres

diferentes dosis cada una (2000, 4000 y 8000 p.p.m.), probadas en tres diferentes mezclas de sustrato para enraizamiento (arena, arena y turba de coco y, arena y tierra negra), haciendo un total de 27 tratamientos, cada uno con tres repeticiones para tener finalmente 81 unidades experimentales distribuidas al completo azar en bancas de invernadero de 27 unidades experimentales cada una.

Se tomó como unidad experimental del diseño una caja de madera de 24" x 12" x 3" en la cual se sembraron 72 esquejes, con un espacio de siembra entre cada uno de 2 x 2 pulgadas.

V.3.2. Modelo Estadístico.

Diseño Completamente al azar con arreglo combinatorio 3x3x3.

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

donde:

Y_{ijkl} = efecto de la variable respuesta debido a la i -ésima modalidad del factor A, el j -ésimo nivel del factor B y la k -ésima modalidad del factor C en la l -ésima repetición.

μ = efecto de la media general.

α_i = efecto de la i -ésima modalidad del factor A.

β_j = efecto del j -ésimo nivel del factor B.

γ_k = efecto de la k -ésima modalidad del factor C.

$\alpha\beta_{ij}$ = efecto de la interacción entre los factores A y B.

$\alpha\gamma_{ik}$ = efecto de la interacción entre los factores A y C.

$\beta\gamma_{jk}$ = efecto de la interacción entre los factores B y C.

$\alpha\beta\gamma_{ijk}$ = efecto de la interacción entre los factores A, B y C.

ϵ_{ijkl} = efecto del error experimental en la i, j, k, l -ésima unidad experimental.

$i = 0, 1, 2.$

$j = 0, 1, 2.$

$k = 0, 1, 2.$

$l = I, II, III.$

V.3.3. Descripción de los Factores y tratamientos resultantes.

FACTOR	MODALIDAD
A (reg. de crec.)	ao, al, a2, (AIB, AIA, AIB+AIA)
B (dosis)	bo, b1, b2, (2000, 4000, 8000 ppm)
C (substrato)	co, cl, c2, (Arena, arena turba, arena tierra)

TRATAMIENTOS RESULTANTES

(1)	ao bo co	AIB,	2000, Arena
(2)	ao bo cl	AIB,	2000, Arena turba
(3)	ao bo c2	AIB,	2000, Arena tierra
(4)	ao b1 co	AIB,	4000, Arena
(5)	ao b1 cl	AIB,	4000, Arena turba
(6)	ao b1 c2	AIB,	4000, Arena tierra
(7)	ao b2 co	AIB,	8000, Arena
(8)	ao b2 cl	AIB,	8000, Arena turba
(9)	ao b2 c2	AIB,	8000, Arena tierra
(10)	al bo co	AIA,	2000, Arena
(11)	al bo cl	AIA,	2000, Arena turba
(12)	al bo c2	AIA,	2000, Arena tierra
(13)	al b1 co	AIA,	4000, Arena
(14)	al b1 cl	AIA,	4000, Arena turba
(15)	al b1 c2	AIA,	4000, Arena tierra
(16)	al b2 co	AIA,	8000, Arena
(17)	al b2 cl	AIA,	8000, Arena turba
(18)	al b2 c2	AIA,	8000, Arena tierra
(19)	a2 bo co	AIB+AIA,	2000, Arena
(20)	a2 bo cl	AIB+AIA,	2000, Arena turba
(21)	a2 bo c2	AIB+AIA,	2000, Arena tierra
(22)	a2 b1 co	AIB+AIA,	4000, Arena
(23)	a2 b1 cl	AIB+AIA,	4000, Arena turba
(24)	a2 b1 c2	AIB+AIA,	4000, Arena tierra
(25)	a2 b2 co	AIB+AIA,	8000, Arena
(26)	a2 b2 cl	AIB+AIA,	8000, Arena turba
(27)	a2 b2 c2	AIB+AIA,	8000, Arena tierra

V.4. MANEJO DEL EXPERIMENTO.**V.4.1. Los reguladores de Crecimiento**

Se evaluaron tres diferentes concentraciones de cada hormona, habiéndose preparado 100 gramos de cada una de esas concentraciones de la siguiente manera:

0.2 g. de AIB en 99.8 g. de talco inerte (2000 ppm AIB)
 0.4 g. de AIB en 99.6 g. de talco inerte (4000 ppm AIB)
 0.8 g. de AIB en 99.2 g. de talco inerte (8000 ppm AIB)

0.2 g. de AIA en 99.8 g. de talco inerte (2000 ppm AIA)
 0.4 g. de AIA en 99.6 g. de talco inerte (4000 ppm AIA)
 0.8 g. de AIA en 99.2 g. de talco inerte (8000 ppm AIA)

0.1 g. de AIB y 0.1 g. de AIA en 99.8 g. de talco inerte
 (2000 ppm de AIB + AIA)
 0.2 g. de AIB y 0.2 g. de AIA en 99.6 g. de talco inerte
 (4000 ppm de AIB + AIA)
 0.4 g. de AIB y 0.4 g. de AIA en 99.2 g. de talco inerte
 (8000 ppm de AIB + AIA)

Para preparar los tratamientos anteriores se utilizó una licuadora eléctrica, dentro de la cual se colocó el polvo de talco inerte y la hormona, y se mezclaron durante 15 minutos para homogenizar la mezcla.

V.4.2. Los Substratos.

La preparación de los medios de sustrato se hizo de la siguiente manera:

Arena blanca (100%)
 Arena blanca (50%) y turba de coco (50%)
 Arena blanca (50%) y Tierra negra (50%)

Cada una de ellas se pasó por un tamiz de 1/4", de cada una se llenaron 27 cajas de madera de 24" x 12" x 3", posteriormente se humedecieron y luego se desinfectaron en un horno de vapor durante 30 minutos a una temperatura entre 82.5 y 85 grados centígrados.

V.4.3. Los Esquejes.

La preparación de los esquejes involucró una serie de etapas desde su corte hasta su siembra, siendo éstas las siguientes:

Corte: Los esquejes se cortaron manualmente, por la facilidad de desprendimiento que presenta la planta de clavel. Se obtuvieron de la variedad Scarlet Knight, observando que fueran brotes sanos, vigorosos, que tuvieran de 10 a 12 hojas. El corte se hizo en hora temprana de la mañana para evitar deshidratación de los esquejes. Luego del corte se colocaron en cestas bajo neblineras automáticas previo a ser limpiados.

Limpieza: esta actividad involucró la remoción de las hojas basales del esqueje para dejar finalmente de 6 a 8 y una superficie descubierta en la base del esqueje de un centímetro aproximadamente, que fue la parte que llevó la hormona y quedó en contacto directo con el sustrato.

Desinfección: Luego de limpiados los esquejes se desinfectaron por inmersión en una solución de Captan 50-WP (2.5 gr/lt) durante 15 a 30 segundos aproximadamente.

Aplicación de la Hormona: La mezcla del talco inerte con el ácido respectivo de cada concentración se colocó en la base de cada esqueje, para lo cual bastó con colocar el esqueje en posición vertical y hacer llegar únicamente la superficie del corte (la base) al contacto con los polvos de hormona.

Siembra: Cada esqueje se sembró inmediatamente después de la aplicación de la hormona. Tal como se indicó la siembra se hizo en cajas de 72 esquejes cada una, las cuales fueron colocadas bajo las neblineras automáticas en las bancas del invernadero según la aleatorización realizada para cada una en el diseño experimental. La frecuencia de neblina fue cada cinco minutos, con una duración de dos a cinco segundos cada

una, en el día dependiendo de las condiciones ambientales que se presentaron durante los 21 días que duró la etapa experimental.

V.5. VARIABLES RESPUESTA.

Las variables respuesta a medir en cada unidad experimental fueron unicamente en la zona radical, esto es del cuello de la raíz hacia el extremo distal de la misma, siendo estas:

Promedio de peso fresco de raíces por esqueje: es el peso fresco promedio en gramos de las raíces de todos los esquejes de la unidad experimental a los 21 días después de la siembra, al momento de sustraerlo de la caja de enraizamiento.

Promedio de longitud de raíces por esqueje: es la distancia promedio en centímetros desde el cuello hasta el extremo de la raíz más larga de los esquejes de toda la unidad experimental.

V.6. ANALISIS ESTADISTICO:

A las dos variables respuesta mencionadas anteriormente se les hizo un análisis de varianza (ANDEVA) y, en las que se encontraron diferencias significativas, se les aplicó una prueba de Tukey, según se muestra en la sección de resultados.

VI. RESULTADOS.

En los cuadros 1 y 2 se presentan los promedios por repetición y por tratamiento para las dos variables respuesta analizadas.

En los cuadros 3 y 4 se presenta el resultado de cada uno de los análisis de varianza realizados para cada variable respuesta.

Debido a que en los dos cuadros anteriores, la fuente de variación

debido a la triple interacción presentó significancia (cuadro 3) y alta significancia (cuadro 4), se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey únicamente para esa fuente de variación, y los resultados obtenidos para cada una se presentan en los cuadros 5 y 6 respectivamente.

En el cuadro 7 se presenta el resumen de los 18 mejores tratamientos y sus respectivos promedios para ambas variables respuesta seleccionados en la prueba de Tukey de los cuadros 5 y 6 respectivamente.

Tratam		Repet	I	II	III	\bar{X}
ao	bo	co	6.728	6.258	6.365	6.450
		c1	7.225	5.230	7.140	6.532
		c2	5.385	4.160	5.695	5.080
	b1	co	5.600	7.040	6.360	6.333
		c1	3.950	6.165	5.055	5.057
		c2	5.120	3.790	4.325	4.412
b2	co	5.625	5.945	5.050	5.540	
	c1	5.325	4.225	5.440	4.997	
	c2	6.060	5.320	6.360	5.913	
a1	bo	co	6.275	6.495	5.805	6.192
		c1	6.980	7.420	5.370	6.583
		c2	6.050	6.010	6.260	6.107
	b1	co	5.775	7.150	6.495	6.473
		c1	7.475	6.960	7.780	7.405
		c2	5.200	4.470	5.800	5.157
b2	co	6.875	6.390	6.565	6.610	
	c1	5.960	7.285	6.780	6.675	
	c2	4.330	5.470	4.505	4.768	
a2	bo	co	5.900	7.255	5.595	6.250
		c1	5.635	7.270	6.390	6.432
		c2	3.655	3.135	4.920	3.903
	b1	co	8.075	6.570	5.215	6.620
		c1	6.595	6.280	6.325	6.400
		c2	4.570	4.650	5.715	4.978
b2	co	7.140	6.965	6.255	6.787	
	c1	6.905	7.165	6.790	6.953	
	c2	3.995	4.320	6.180	4.832	

CUADRO 1. Promedios de repetición y promedios por tratamiento de la variable longitud de raíz (cm.)

Tratam		Repet	I	II	III	\bar{X}
ao	bo	co	0.850	0.450	0.708	0.669
		c1	1.000	0.550	0.715	0.755
		c2	0.730	0.525	0.825	0.693
	b1	co	0.665	0.750	0.720	0.712
		c1	0.315	0.800	0.410	0.508
		c2	0.615	0.375	0.375	0.455
	b2	co	0.650	0.855	0.860	0.788
		c1	0.450	0.463	0.632	0.515
		c2	1.120	0.875	0.755	0.917
a1	bo	co	0.750	0.750	0.710	0.737
		c1	0.635	0.920	0.440	0.665
		c2	0.625	0.700	0.770	0.698
	b1	co	0.520	0.565	0.470	0.518
		c1	0.945	0.785	0.940	0.890
		c2	0.580	0.595	0.780	0.652
	b2	co	0.735	1.060	0.805	0.867
		c1	0.815	0.845	0.840	0.833
		c2	0.455	0.660	0.490	0.535
a2	bo	co	0.840	0.895	0.690	0.808
		c1	0.595	0.490	0.600	0.562
		c2	0.370	0.375	0.495	0.413
	b1	co	0.625	0.545	0.495	0.555
		c1	0.735	0.580	0.750	0.688
		c2	0.545	0.500	0.610	0.552
	b2	co	0.690	0.735	0.650	0.692
		c1	0.700	0.655	0.655	0.670
		c2	0.495	0.465	0.740	0.567

CUADRO 2. Promedios por repetición y promedios por tratamiento de la variable peso fresco de raíces (g).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F c	F t	
					0.05	0.01
Tratam	26	61.819	2.378	4.331 **	1.71	2.14
A	2	5.332	2.666	4.855 *	3.17	5.04
B	2	0.082	0.041	0.074 NS	3.17	5.04
C	2	31.977	15.989	29.122 **	3.17	5.04
AB	4	5.276	1.319	2.403 NS	2.55	3.70
AC	4	7.703	1.926	3.507 *	2.55	3.70
BC	4	1.022	0.256	0.465 NS	2.55	3.70
ABC	8	10.428	1.303	2.374 *	2.124	2.871
ERROR	54	29.647	0.549			
TOTAL	80	91.466				

C.V. = 12.55%

CUADRO 3. Análisis de varianza del promedio de Longitud de Raíz (cm.)
A = Hormona, B = Dosis, C = Sustrato

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F c	F t	
					0.05	0.01
Tratam	26	1.427	0.055	3.271 **	1.71	2.14
A	2	0.132	0.066	3.945 *	3.17	5.04
B	2	0.122	0.061	3.630 *	3.17	5.04
C	2	0.131	0.066	3.909 *	3.17	5.04
AB	4	0.076	0.019	1.130 NS	2.55	3.70
AC	4	0.225	0.056	3.357 *	2.55	3.70
BC	4	0.122	0.030	1.816 NS	2.55	3.70
ABC	8	0.619	0.077	4.610 **	2.12	2.87
ERROR	54	0.906	0.017			
TOTAL	80	2.333				

C.V. = 19.52%

CUADRO 4. Análisis de varianza de promedio de Peso Fresco de raíces (g.)
A = hormona, B = dosis, C = sustrato

Tratamiento			-
a	b	c	x
2	0	2	3.903
0	1	2	4.412
1	2	2	4.768
2	2	2	4.832
2	1	2	4.978
0	2	1	4.997
0	1	1	5.057
0	0	2	5.080
1	1	2	5.157
0	2	0	5.540
0	2	2	5.913
1	0	2	6.107
1	0	0	6.192
2	0	0	6.250
0	1	0	6.333
2	1	1	6.400
2	0	1	6.432
0	0	0	6.450
1	1	0	6.473
0	0	1	6.532
1	0	1	6.583
1	2	0	6.610
2	1	0	6.620
1	2	1	6.675
2	2	0	6.787
2	2	1	6.953
1	1	1	7.405

CUADRO 5. Resultados de la prueba de Tukey de comparación de medias de los tratamientos.
Variable respuesta: promedio de longitud de raíz (cm.)

Tratamiento			-
a	b	c	x
2	0	2	0.413
0	1	2	0.455
0	1	1	0.508
0	2	1	0.515
1	1	0	0.518
1	2	2	0.535
2	1	2	0.552
2	1	0	0.555
2	0	1	0.562
2	2	2	0.567
1	1	2	0.652
1	0	1	0.665
0	0	0	0.669
2	2	1	0.670
2	1	1	0.688
2	2	0	0.692
0	0	2	0.693
1	0	2	0.698
0	1	0	0.712
1	0	0	0.737
0	0	1	0.755
0	2	0	0.788
2	0	0	0.808
1	2	1	0.833
1	2	0	0.867
1	1	1	0.890
0	2	2	0.917

CUADRO 6 Resultados de la prueba de Tukey de comparación de medias de los tratamientos.
Variable respuesta: promedio de peso fresco de raíces (g.)

Tratamiento			\bar{x}_1	\bar{x}_2
a	b	c		
1	1	1	7.40	0.89
2	2	1	6.95	0.67
2	2	0	6.79	0.69
1	2	1	6.68	0.83
2	1	0	6.62	0.56
1	2	0	6.61	0.87
1	0	1	6.58	0.66
0	0	1	6.53	0.76
1	1	0	6.47	0.52
0	0	0	6.45	0.67
2	0	1	6.43	0.56
2	1	1	6.40	0.69
0	1	0	6.33	0.71
2	0	0	6.25	0.81
1	0	0	6.19	0.74
1	0	2	6.11	0.70
0	2	2	5.91	0.92
0	2	0	5.54	0.79

CUADRO 7. Mejores 18 tratamientos seleccionados en la prueba de Tukey y sus respectivos promedios:

\bar{x}_1 = longitud de raíz (cm.)

\bar{x}_2 = peso fresco de raíz (g.)

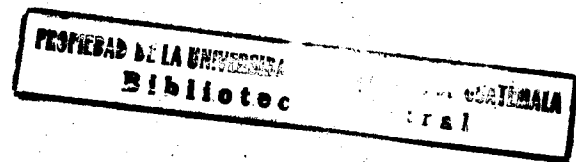
VII. DISCUSION DE RESULTADOS

III. Tal como se puede observar en el cuadro 3, el análisis de varianza de los resultados de la variable promedio de longitud de raíz, a primera vista se presentan diferencias altamente significativas entre todos los tratamientos del experimento, y si se observa la significancia de las otras fuentes de variación, existe diferencia significativa en las modalidades de A (hormona), no existe diferencia significativa entre los niveles de B (dosis de hormona) y existe diferencia altamente significativa entre las modalidades de C (mezclas de sustrato); no existe interacción aparente entre el tipo de hormona y la dosis a usar, así como tampoco entre la dosis de hormona y la mezcla de sustrato utilizada, existiendo una interacción significativa entre la hormona y el sustrato utilizado. Finalmente la interacción significativa entre los tres factores (A, B Y C) conduce a suponer la existencia de uno o más de los 27 tratamientos, que estadísticamente y con un nivel de confianza de 95% son diferentes a los demás. Dicha suposición es confirmada en la prueba de Tukey realizada para las 27 medias de los tratamientos cuyos resultados se presentan en el cuadro 5, en donde se destacan cuatro grupos de tratamientos entre los 27, que estadísticamente son, diferentes entre ellos e iguales dentro de sí. Partiendo de la suposición de que a mayor longitud de raíz habrá mejor prendimiento y anclaje del esqueje, se deduce que dentro del grupo de 18 tratamientos cuyos promedios son mayores en lo que a longitud de raíz se refiere, debería escogerse el tratamiento al que más fácil acceso se tenga, ya que como se mencionó, estadísticamente no existe diferencia entre ellos, naturalmente ello estará en función de varios factores como disponibilidad de cada elemento que conformó cada tratamiento (la hormona: tipo y dosificación y los componentes de cada mezcla de sustrato), lo cual está muy relacionado con la disponibilidad de recursos económicos que exista. Ahora bien, es importante destacar que dentro de los nueve tratamientos que estadísticamente son diferentes a los restantes en el primer grupo del cuadro 5, se encuentran en su mayoría los tratamientos del factor C y su modalidad 2, esto es, el sustrato arena + tierra negra, lo cual permite suponer que es el sustrato

menos recomendado para permitir la elongación de raíces de los esquejes, por tener los menores promedios en esa variable. Existe en este mismo grupo de nueve menores promedios en el cuadro 5, el 50% de la modalidad 0 (cero) del factor A, esto es el uso de AIB como regulador de crecimiento estimulador de la longitud de raíces en esquejes de clavel. Es importante notar finalmente en el análisis de la variable longitud de raíz, el coeficiente de variación de 12.55%, lo cual es indicativo del manejo adecuado que tuvo el experimento hasta la etapa de toma de resultados de longitud de raíz de los esquejes.

Observando los resultados del análisis de varianza de la segunda variable respuesta, el promedio del peso fresco de las raíces de los esquejes de clavel, que se presentan en el cuadro 4, nuevamente se observa diferencia altamente significativa entre los 27 tratamientos del experimento; existe diferencia significativa entre las modalidades del factor A (AIB, AIA Y AIB+AIA), asimismo entre los niveles del factor B (2000, 4000 y 8000 ppm), así como también entre las modalidades del factor C (arena, arena + turba de cocoy arena + tierra negra). Puede observarse que persiste la falta de interacción entre el tipo de hormona y la dosis a usar de las mismas, así como tampoco existe interacción entre la dosis y el sustrato a utilizar, manteniéndose siempre la interacción significativa entre el tipo de hormona y la mezcla de sustrato. La existencia de uno o más tratamientos estadísticamente diferentes a los demás es ahora remarcada al presentarse alta significancia en la triple interacción de los factores A, B y C. Lo anterior se confirma al observar el cuadro 6 de la prueba de Tukey de comparación de medias de los tratamientos, en él se destacan únicamente tres grupos de 25 medias cada uno que son diferentes entre ellos pero iguales dentro de sí, y es fácil observar como en cada grupo los extremos son mutuamente excluyentes, es decir, los dos tratamientos con menor peso fresco de raíces son, ambos, estadísticamente diferentes a los otros 25; los tratamientos con menor peso fresco y con mayor peso fresco de raíces, cada uno por

su parte, son estadísticamente diferentes a los 25 con pesos intermedios entre ellos; y, los dos tratamientos que manifestaron mayor peso fresco de raíces son, ambos, estadísticamente diferentes a los 25 tratamientos menores que ellos. Los resultados del cuadro 6, a diferencia de los del cuadro 5, fueron analizados con un grado de confianza de 99%, ya que en el análisis de varianza del cuadro 4, la triple interacción presentó alta significancia, lo cual se comprende al observar la diferencia que existe entre el promedio del tratamiento de AIB+AIA a 2000 ppm en el sustrato de arena + tierra negra y el promedio del tratamiento de AIB a 8000 ppm en el mismo sustrato, ambos fueron los tratamientos con menor y mayor promedio de peso fresco de raíces en el experimento. Tal como se observa en el cuadro 4, el coeficiente de variación del experimento es ahora de 19,52%, mayor que el anterior, más sin embargo, indicativo aún de que el manejo del experimento hasta la etapa de toma de datos de peso fresco de raíces, fue adecuado.



VIII. CONCLUSIONES.

1. Dentro de las modalidades de hormona evaluadas, (Factor A), no existe alguna que produzca individualmente efectos diferentes en longitud de raíz y peso fresco de la misma en el enraizamiento de clavel, por lo tanto se rechaza la Hipótesis 1.
2. Dentro de las dosis de hormona evaluadas (factor B), no existe alguna que produzca individualmente efectos diferentes en longitud de raíz y peso fresco de la misma en el enraizamiento de esquejes de clavel, por lo tanto se rechaza la Hipótesis 2.
3. Dentro de las modalidades de sustrato evaluadas (factor C), no existe alguna que produzca individualmente efectos diferentes en longitud de raíz y peso fresco de la misma en el enraizamiento de esquejes de clavel, por lo tanto se rechaza la Hipótesis 3.
4. Sí existe interacción entre los tres factores evaluados (A, B y C) para producir efectos diferentes en el enraizamiento de esquejes de clavel, por lo tanto se rechaza la Hipótesis 4.
5. Los tratamientos que producen mejor efecto en el enraizamiento de clavel son, en su orden:

FACTOR A	FACTOR B	FACTOR C	VARIABLE
AIA	4000 ppm	arena + turba de coco.	long. y peso fresco de raíz.
AIB+AIA	8000 ppm	arena + turba de coco.	long. de raíz.
AIB+AIA	8000 ppm	arena	long. de raíz.
AIB	8000 ppm	arena + tierra negra.	peso fresco de raíz.
AIA	8000 ppm	arena	peso fresco de raíz.

6. El tratamiento que produce menor efecto en la longitud y peso fresco de la raíz de los esquejes de clavel es el AIB+AIA a 2000 ppm en el sustrato arena + tierra negra.

IX. RECOMENDACIONES.

1. En el cuadro 5, del primer grupo de promedios, usar indistintamente cualquiera de los 18 tratamientos a que pertenecen, tomando en cuenta la disponibilidad de recursos que exista, ya que estadísticamente sus promedios de longitud de raíz en los esquejes son iguales.
2. En el cuadro 6, del primer grupo de promedios, usar indistintamente cualquiera de los 25 tratamientos a que pertenecen, ya que estadísticamente son iguales, es decir, no existe diferencia, significativa entre ellos para la producción de peso fresco de raíces en esquejes de clavel.
3. Debido a que los 18 tratamientos del primer grupo de promedios del cuadro 5 están incluidos en los 25 tratamientos del primer grupo del cuadro 6, se recomienda usar indistintamente cualquiera de los 18 tratamientos del cuadro 7 para obtener, simultáneamente, mejores efectos en longitud y peso fresco de raíces en los esquejes de clavel, siendo el tratamiento que produce mejor efecto en ambas variables el de ácido indolacético a 4000 ppm en la mezcla de sustrato de arena + turba de coco.

X. BIBLIOGRAFIA

1. THE BALL red book. 1972. Ed. por Vic Ball. 12 ed. EE.UU., Geo J. Ball. 502 p.
2. HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E. 1984. Propagación de plantas. Trad. por Antonio Marino Ambrosio. Mex. D.F., CECSA. 814 p.
3. KIMBALL, J.W. 1971. Biología. Trad. por Luis Eduardo Mora Osejo. Mex. D.F., Fondo Educativo Interamericano. 762 p.
4. MEYER, B.S.; ANDERSON, D.B.; BOHNING, R. H. 1976. Introducción a la fisiología vegetal. Trad. por Luis Guibert y Roberto Pitterberg. 4 ed. Buenos Aires, EUDEBA. 579 p.
5. PAPPA DE EGURROLA, A. G. 1979. Efectos de la aplicación de hormonas en el enraizamiento de petunia grandiflora doble variedad rojo 2. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Facultad de Agronomía. 43 p.
6. RAY, P.M. 1975. La Planta viviente. Trad. por Antonio Marino Ambrosio. Mex. D.F., CECSA. 272 p.
7. REYES CASTAÑEDA, P. 1980. Diseño de experimentos aplicados. 2 ed. Mex. D.F., Trillas. 344 p.
8. ROJAS GARCIDUEÑAS, M. 1979. Fisiología vegetal aplicada. 2 ed. Mex. D.F., McGraw-Hill. 262 p.
9. TAMAYO Y TAMAYO, M. 1983. Metodología formal de la investigación científica. Mex., Limusa. 159 p.
10. WEAVER, R.J. 1976. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Trad. por Agustín Con-tín. Mex., Trillas. 622 p.

10/120
Gatualla



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1845

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Asunto

IMPRIMASE


ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M.
D E C A N O

