

# INFLUENCIA DE LAS HORMONAS AIA, GA Y CK EN EL DESARROLLO MORFOLOGICO DE *Leucaena Leucocephala* (LAM.) DE WIT

EDUARDO OLVERA S.\*

## Resumen

La plántula de leucaena K500 cultivada por espacio de 15 días en bolsas plásticas de germinación, respondió significativamente a la aplicación de hasta 200 ppm de AIA (ácido indole-3-acético) en el crecimiento de la raíz y hasta 1,000 ppm en un incremento en la producción de ramificaciones. El crecimiento del tallo se vio promovido por 100 ppm de GA (ácido giberélico).

Plántulas sin raíz de leucaena K8 cultivadas por un mes en una solución nutritiva, respondieron en un incremento del peso seco total a la aplicación de AIA y GA. Una y 3 ppm de AIA y 30 ppm de GA produjeron esta respuesta. GA a 30 ppm produjo un incremento significativo en el peso de nódulos. La cytokinina (CK) no produjo ninguna diferencia en los parámetros medidos. No hubo diferencias en el número de nódulos derivadas de ninguno de los tratamientos a base de hormonas que se probaron. El análisis de nitrógeno en el tallo reveló un porcentaje muy similar de N dentro de las plantas. Los contenidos totales de N siguieron la tendencia de los pesos secos de la planta.

El tratamiento de la amputación de raíz de las plántulas descrito aquí se sugiere como un medio de evaluación biológica para una variedad de propósitos. Por ejemplo, estudios de los efectos de organoquímicos en la generación de tejido radicular de especies de frutales para reproducción masiva.

\* Departamento de Forrajes. Coordinación Regional del Pacífico Sur, INIP/SARH. Apartado Postal 720, 39300, Acapulco, Gro.

## Introducción

El establecimiento de leguminosas puede hacer la diferencia entre el éxito y el fracaso en áreas tropicales, donde la competencia de la maleza representa un grave problema y la tecnología disponible para el control de la misma es escasa. Por lo tanto, el estímulo de la raíz por cualquier medio puede impartir varias ventajas a las plantas durante el establecimiento. Por ejemplo, incrementar el índice de desarrollo de la raíz durante las primeras etapas del establecimiento puede realzar la infección de la bacteria *Rhizobium* y acelerar el establecimiento del proceso de la fijación de N.

Se ha informado sobre diversos efectos sobre crecimiento de la raíz causados por diferentes hormonas de las plantas. Es probable que las Cytokininas (CK) no contribuyan mucho a la extensión de la raíz (Torrey, 1976), pero son inhibitoras o estimulantes en la formación de la misma (Fabijan *et al.*, 1981).

El ácido indole-3-acético, o auxinas (AIA), indujo la elongación de las células, iniciación y formación de la raíz en cortes de tallos (Pal y Nanda, 1981; Kossuth *et al.*, 1981) y recortes de tejido (Noggle, 1976), así como estimuló el desarrollo de raíces adventicias en muchos frutales y plantas ornamentales (Salisbury y Ross, 1978).

Adhikari y Bajacharya (1978) declararon que las gibberellinas (GA) estimularon la formación de la raíz en cortes de epicotilos etiolados de chícharos (*Pisum sativum L.*). Otros estudios sugieren que la GA es esencial para el desarrollo de la raíz (Mertz, 1966). Raramente se ha informado sobre los efectos de la GA sobre la elongación de

la raíz (Torrey, 1976). En una combinación de AIA-GA, GA reforzó los efectos promotores de AIA sobre la formación de la raíz, sugiriendo que parecía necesaria una combinación apropiada de gibberellinas y auxinas para la iniciación de la raíz (Adhikari y Bajacharya, 1978).

Los objetivos del presente estudio fueron observar (1) los efectos de AIA, GA, y CK en la morfología de la leucaena durante las primeras etapas de desarrollo, y (2) la interacción de los efectos hormonales en la morfología de la raíz con la infección rhizobial.

## Material y métodos

Las tres leucaenas usadas fueron: la K8 ("gigante"); K5,00<sup>1</sup> (tamaño medio, o "tipo peruana") y K63 ("tipo arbustiva").

### *Experimentos con AIA-GA en Bolsas Plásticas de Germinación:*

Grupos de semillas de leucaena K500 y K63 fueron escarificados y hechos germinar a temperatura interior, en bolsas de plástico de germinación (12.5 × 17.5 cm) (Depto. de Agricultura de los EUA). Al colocar las semillas, se agregaron combinaciones de diferentes concentraciones de AIA y GA junto con una solución nutritiva "Hoagland" a las bolsas. El volumen total fue de 30 ml, el cual duró a través de los experimentos. La luz que penetraba a través de una ventana era la única fuente de luz. Se registró el crecimiento del tallo y de la raíz a los 8 y 15 días. El número de ramificaciones en la raíz fue cuantificado al decimoquinto día. Se proporcionaron dos grupos testigo, uno con solución de Hoagland y otro con agua de la llave.

### *Estudio de concentración*

Se usó una selección de tratamientos combinados de AIA-GA de un rango amplio de concentración en un diseño de blo-

ques completos al azar. Los 16 tratamientos aparecen en el Cuadro 1, primera columna. El experimento fue realizado con leucaena K500 en cuatro repeticiones.

### *Tratamientos seleccionados*

Se usó un diseño de bloques completos al azar con tratamientos de combinaciones de AIA-GA seleccionados de los experimentos previos con cuatro repeticiones. Los 16 tratamientos se presentan en el Cuadro 2, primera columna. La leucaena K63 de tipo arbustivo fue seleccionada para este experimento.

### *Experimentos con solución nutritiva*

Un grupo de semillas de leucaena gigante K8 fueron escarificadas a mano y hechas germinar a temperatura interior en bolsas de germinación de plástico (12.5 × 17.5 cm). Después de 9 días, cuando la primera hoja estaba formada, la raíz de las plántulas fue amputada. Los cortes se hicieron 1 mm por encima de la corona (unión epicotilo raíz). Cinco plántulas sin raíz (PSR) por tratamiento fueron colocadas por espacio de una hora en vasitos de vidrio transparente de 5 ml de capacidad, que contenían 0.5 ml del tratamiento de solución hormonal. Posteriormente, las PSR fueron puestas en recipientes de plástico ("plexiglass") con capacidad de 1.8 lt, y llenados con una solución nutritiva "Fahraeus". Los recipientes (Fig. 1) se hicieron de la siguiente manera: se usaron hojas de plexiglass de 60 × 30 × .9 cm (longitud, anchura, espesor). Se colocó tubería de plástico "Tygon" (DT<sup>1</sup> = 1.5 cm; DI<sup>2</sup> = 0.6 cm) entre dos hojas, a lo largo de tres orillas, sujetándolas entre sí con 10 tornillos con tuerca. Las tuercas se apretaron hasta que las hojas tuvieron una separación de 0.6 cm. Un extremo del tubo fue sellado y el otro fue conectado a una bomba de acuario. Cinco agujas de jeringa (medida 27.5) insertadas en el tubo a lo largo

<sup>1</sup> Variedad "Cunningham" producida en Australia (Hutton y Beattie, 1976).

<sup>1</sup> DT = Diámetro total;

<sup>2</sup> DI = Diámetro interior.

CUADRO 1

Efecto de AIA y GA en el crecimiento de la raíz y tallo de leucaena K500 a los 8 y 15 días, y en la ramificación de la raíz a los 15 días

Tratamientos hormonales AIA-GA		Crecimiento de la raíz a los 8 días	Crecimiento de la raíz a los 15 días	Crecimiento del tallo a los 8 días	Crecimiento del tallo a los 15 días	Ramificaciones de la raíz					
Trt	ppm	cm	Trt	cm	Trt	cm	Trt	No.	Trt		
1	0-0*	12.3	8	18.0	12	8.3	10	13.4	3	25.0	14
2	0-0†	12.2	12	15.0	3	8.1	8	12.6	10	21.4	13
3	0-100	11.0	7	15.0	7	8.0	3	11.7	8	18.2	12
4	0-500	10.8	3	15.0	8	7.8	9	11.3	9	15.2	7
5	0-1000	10.1	2	14.7	2	7.5	7	10.2	7	14.2	8
6	0-3000	9.8	1	12.8	14	6.6	4	8.6	4	13.2	15
7	40-10	9.4	13	12.1	1	5.8	12	7.0	14	13.0	1
8	40-20	9.0	14	12.0	13	5.7	14	7.0	15	12.0	2
9	400-100	8.2	10	9.3	10	5.5	13	6.8	13	6.9	9
10	400-200	7.6	9	7.8	9	5.3	2	6.4	2	5.3	10
11	4000-1000	5.7	4	5.3	1	5.2	1	6.3	12	3.1	3
12	200-0	4.5	15	5.0	15	4.5	15	5.7	1	1.0	16
13	500-0	1.8	5	1.3	5	2.8	5	5.5	5	0.6	4
14	1000-0	0.2	11	0.5	11	1.0	11	5.3	16	0.0	5
15	2000-0	0.0	6	0.0	6	0.9	16	2.5	11	0.0	6
16	4000-0	0.0	16	0.0	16	0.0	6	0.5	6	0.0	11

Los valores dentro de las columnas seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad de 0.05 (PRMD).

\* Agua.

† Solución de Hoagland.

CUADRO 2

Efecto de AIA y GA en el crecimiento de la raíz y tallo de leucaena K63  
a los 8 y 15 días, y en la ramificación de la raíz a los 15 días

Tratamientos hormonales AIA-GA		Crecimiento de la raíz a los 8 días	Crecimiento de la raíz a los 15 días	Crecimiento del tallo a los 8 días	Crecimiento del tallo a los 15 días	Ramificaciones de la raíz					
Trt	ppm	cm	Trt	cm	Trt	cm	Trt	No.	Trt		
1	0-0*	11.5 <sup>a</sup>	2	12.9 <sup>a</sup>	1	8.7 <sup>a</sup>	5	14.4 <sup>a</sup>	3	3.8 <sup>a</sup>	6
2	0-0†	10.6 <sup>b</sup>	1	12.8 <sup>a</sup>	2	8.2 <sup>b</sup>	3	12.5 <sup>b</sup>	7	3.0 <sup>b</sup>	3
3	0-10	10.5	8	12.7	6	8.2	4	12.0	4	2.8	7
4	0-50	10.4	5	21.5	4	7.5 <sup>c</sup>	8	11.3	5	2.5 <sup>c</sup>	2
5	0-100	10.0	4	12.0	8	7.1 <sup>d</sup>	9	11.2	6	1.9 <sup>d</sup>	4
6	40-0	9.0 <sup>c</sup>	3	11.4 <sup>b</sup>	5	7.0	7	10.7	8	1.7	16
7	40-5	8.9	6	11.1	3	6.6	6	10.5 <sup>d</sup>	9	1.6 <sup>e</sup>	1
8	40-10	8.4	9	10.8 <sup>c</sup>	7	6.6	13	8.3 <sup>e</sup>	2	1.5	8
9	40-20	7.5	13	10.2	9	6.5	10	7.9	15	1.4	9
10	80-10	7.4	7	8.4 <sup>d</sup>	10	6.3	15	7.6	12	1.4	12
11	100-0	7.3	10	7.6	13	5.6 <sup>e</sup>	2	7.6	13	1.4	13
12	150-0	5.1 <sup>d</sup>	12	6.8 <sup>e</sup>	12	4.7 <sup>f</sup>	1	7.5	10	1.4	10
13	150-10	4.1 <sup>e</sup>	15	4.5 <sup>f</sup>	11	4.7	12	6.7	1	1.2	5
14	150-50	2.7 <sup>f</sup>	14	4.1	15	4.1	14	6.5	14	1.1	11
15	150-100	2.4	11	2.8 <sup>g</sup>	14	2.4 <sup>g</sup>	11	6.0	11	0.7	14
16	200-0	0.9	16	0.9	16	2.0	16	5.7	16	0.7	15

Los valores dentro de las columnas seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad de 0.05 (PRMD).

† Solución de Hoagland.

\* Agua.

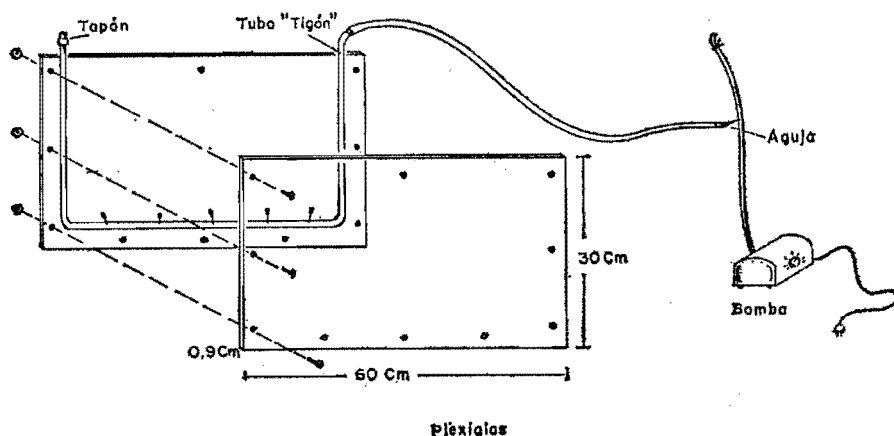
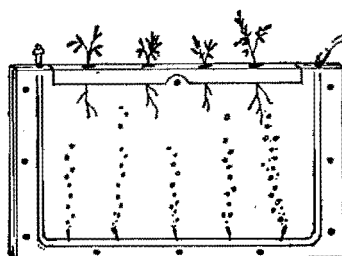


FIG. 1 RECIPIENTES DE PLASTICO ( $V=1.8 \text{ l}$ ) EN LAS QUE SE OBSERVARON LOS EFECTOS DE TRATAMIENTOS HORMONALES EN LA MORFOLOGIA DE LEUCAENA, DURANTE LAS PRIMERAS ETAPAS DE DESARROLLO.



del fondo interior de los recipientes, permitían escapar el aire para airear las raíces de las plantas.

Las ranuras (aperturas de los recipientes) fueron selladas con plástico engomado ("masking tape"). Posteriormente se hicieron 9 cortes transversales de 0.4 cm en el plástico engomado para la colocación de cinco PSR en cada una.

Los recipientes fueron puestos en una cámara de crecimiento a una temperatura constante de  $22^{\circ}\text{C}$ . La irradiación en la cámara fue de  $94 \text{ cal por cm}^2$  en un fotoperíodo de 12 h. La cepa de rhizobium "CIAT 1963" en caldo de cultivo fue agregada a los recipientes 7 días más tarde. Las proporciones fueron de 10 ml por recipiente con  $4 \times 10^9$  células de rhizobium por ml. Diluciones de uno a diez de estas concentraciones dieron lecturas de  $1.65 \pm 0.15$  en el espectrofotómetro-20 a 420 mm de longitud de onda. Las plantas fueron colectadas cuatro semanas más tarde. Se registró el peso del tallo, raíz y nódulos, así como nú-

mero de los mismos. La concentración de nitrógeno en los tallos se determinó por el método de micro-Kjeldahl (A.O.A.C., 1970).

Se utilizó un diseño completamente al azar consistiendo los tratamientos en cuatro concentraciones de AIA (0, 0.3, 1, 3 ppm), seis concentraciones de CK (0, 0.3, 0.6, 1, 1.5, 3 ppm), y seis concentraciones de GA (0, 0.3, 1, 3, 10, 30 ppm) en un arreglo factorial ( $4 \times 6 \times 6$ ) con cinco repeticiones, con el objeto de observar el efecto de la solución "Fahraeus" en contraste con la solución "Hoagland", se prepararon grupos de la siguiente manera:

- PSR cultivadas en solución de Hoagland durante 4 semanas.
- PSR cultivadas en solución de Hoagland durante las últimas 3 semanas.
- PSR cultivadas en solución de Hoagland durante las últimas 2 semanas.
- PSR cultivadas en solución de Hoagland durante la última semana.

e) PSR cultivadas en agua destilada.

Estos grupos comparativos fueron realizados con y sin rhizobium; no se evaluaron estadísticamente.

## Resultados y discusión

*Experimentos con AIA-GA en bolsas plásticas de germinación:*

*Estudio de concentración*

La afirmación de Noggle (1976) en el sentido de que AIA en bajas concentraciones inducía la elongación de la célula, fue confirmada en esta investigación. El tratamiento 12, AIA-GA: 200-0 ppm, medido a los 8 y 15 días, produjo un incremento significativo en el crecimiento de la raíz. Las concentraciones de 500 ppm de AIA o superiores, inhibieron el crecimiento de la raíz. El único tratamiento de la combinación de AIA-GA que promovió significativamente el crecimiento de la raíz fue AIA-GA: 40-20 ppm. Este fue observado sólo al tomar la medida del octavo día (Cuadro 1).

Se observó una respuesta no significativa sobre el crecimiento de la raíz a los 8 y 15 días cuando se agregaron 100 ppm de GA (Cuadro 1). Sorprendentemente es poco lo que se ha informado acerca de efectos positivos de GA, suministrada sola y exógenamente, en la elongación de la raíz (Torrey, 1976). Estos experimentos no demostraron efectos positivos de GA sola sobre el crecimiento de la raíz.

El crecimiento del tallo a los 8 y 15 días no fue significativamente promovido por adiciones de AIA, pero sí lo fue por la adición de 100 y 500 ppm de GA (Cuadro 1).

Mientras que 100 ppm de GA sola promovieron en alto grado el crecimiento del tallo, las combinaciones de AIA y GA lo incrementaron significativamente en proporción a los niveles de GA. La longitud del tallo fue deprimida por niveles altos de GA (por encima de 500 ppm), o por niveles altos de AIA (por encima de 2,000 ppm), o por combinaciones de ambos.

Tratamientos de 200, 500 y 1,000 ppm de AIA incrementaron la ramificación de

la raíz; 2,000 ppm no produjeron efecto y 4,000 ppm la inhibieron severamente (Cuadro 1). Blakely *et al.* (1972) demostraron, como lo corrobora este trabajo, los requerimientos de auxinas para la iniciación de la raíz. La ramificación de la raíz fue significativamente suprimida por adiciones de GA.

Los tratamientos de AIA-GA N° 7 (AIA-GA: 40-10 ppm) y N° 8 (AIA-GA: 40-20 ppm) produjeron un incremento no significativo en la ramificación de la raíz, siendo ésta significativamente inhibida por concentraciones más altas de AIA-GA, como se ilustra por los tratamientos 9 (AIA-GA: 400-100), 10 (AIA-GA: 400-200) y 11 (AIA-GA: 4,000-1,000).

No hubo diferencia significativa entre los dos grupos testigo de agua de la llave y solución de Hoagland (tratamientos 1 y 2), para cualquier parámetro registrado en cualquier momento. Sin embargo, el tratamiento 2 a base de solución de Hoagland, lucía plantas de mejor aspecto dado su contenido de nutrientes.

*Tratamientos seleccionados*

Las raíces más grandes a los 8 y 15 días fueron obtenidas con los grupos testigos. La GA sola (de 10 a 100 ppm) no redujo significativamente este parámetro. El crecimiento de la raíz medido a los 8 días no resultó afectado por el tratamiento AIA-GA: 40-10 ppm. Similarmente, el crecimiento de la raíz a los 15 días no fue afectado significativamente por 40 ppm de AIA en combinación con GA en un rango de 0 a 20 ppm (Cuadro 2).

El crecimiento del tallo a los 8 y 15 días fue incrementado significativamente por GA (tratamientos 3, 4 y 5). El tratamiento 8 (AIA-GA: 40-10 ppm) también incrementó significativamente el crecimiento del tallo a los 8 días, mientras que los tratamientos 6 (AIA-GA: 40-0 ppm) y 7 (AIA-GA: 40-5 ppm) estimularon significativamente el crecimiento del tallo a los 15 días (Cuadro 2).

La ramificación de la raíz fue significativamente incrementada por el tratamiento 6 (40 ppm de AIA); todos los demás dis-

CUADRO 3

Efectos del AIA en el peso de materia seca, y peso y número de nódulos de plántulas de leucaena K8 privadas de raíz y cultivadas por un mes en solución nutritiva

Nivel de AIA	Peso seco/planta			Peso de nódulos/planta	Número de nódulos/planta
	Raíz	Tallo	Total		
ppm	----- mg -----				No.
0.0	109 b	498 b	627 b	19.3 a	102 a
0.3	104 b	466 b	587 b	17.4 a	94 a
1.0	111 b	560 a	690 a	17.4 a	96 a
3.0	135 a	567 a	722 a	19.6 a	110 a

Los valores dentro de las columnas seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel de probabilidad de 0.05 (PRMD).

minuyeron significativamente la ramificación de la raíz, con excepción de los tratamientos 3, 4 y 7 (AIA-GA: 0-10; 0-50, y 40-5 ppm, respectivamente) que resultaron similares a los grupos testigo (Cuadro 2).

La información sugiere que los incrementos máximos en la longitud de la raíz pueden obtenerse con hasta 200 ppm de AIA. Similarmente, las adiciones de GA hasta de 500 ppm parecieron incrementar significativamente el crecimiento del tallo. El crecimiento de la raíz de K63 no se vio significativamente incrementado por AIA. Esto pudiera deberse a que es más pequeña, con tallos y raíces significativamente más cortos y con notablemente menos ramificaciones en la raíz (Olvera E., inédito).

El ácido giberélico, ya sea solo o combinado con AIA, no afectó la iniciación de la raíz de leucaena. Observaciones similares presentó Torrey (1976). Wightman *et al.* (1980) no encontraron efecto claro de GA sobre el crecimiento de la raíz de plántulas de chícharo (*Pisum sativum L.*), mientras que Blakely *et al.* (1972) no encontraron ningún efecto de GA sobre la iniciación de la raíz. Adhikari y Bajacharya (1970) y Torrey (1976) afirman que una combinación de estas hormonas trabaja conjuntamente para la iniciación y formación de la raíz. Sin embargo, este trabajo muestra que GA resulta inhibitorio y AIA promotor

o inhibitorio, dependiendo de la concentración.

#### Experimentos con solución nutritiva

En general las plantas sin raíz requieren (PSR) de 4 a 9 días para formar la raíz, dependiendo del tratamiento.

De acuerdo con el análisis de varianza, AIA y GA produjeron un incremento significativo en el peso de raíz, tallo y tallo + raíz. La GA también produjo una interacción significativa AIA-GA en los pesos de raíz, tallo y pesos totales, así como en el número de nódulos. Los cytokininas (CK) no produjeron diferencias en los parámetros medidos<sup>1</sup> (Cuadro 4).

Una y 3 ppm de AIA incrementaron significativamente el tallo y los pesos secos totales; 3 ppm también incrementaron significativamente el peso de la raíz (Cuadro 3).

En contraste con el grupo testigo, 30 ppm de GA produjeron incrementos significativos en los pesos de nódulos (Cuadro 5) y planta (tallo, raíz y total).

Los grupos inoculados testigos con una aplicación de solución de Hoagland (que

<sup>1</sup> En experimentos previos en arreglos factoriales en los cuales se probaron CK y AIA, ambas a 0, 0.3, 1, 3 y 10 ppm, las CK tampoco produjeron diferencias en estos parámetros.

CUADRO 4

**Efectos de las cytokininas (CK) en el peso de materia seca, y peso y número de nódulos de plántulas de leucaena K8 privadas de raíz y cultivadas durante un mes en solución nutritiva**

Nivel de KC	Peso seco/planta			Peso de nódulos/planta	Número de nódulos/planta
	Raíz	Tallo	Total		
ppm			mg		No.
0.0	116 a	541 a	677 a	18.9 a	105 a
0.3	105 a	494 a	617 a	16.9 a	93 a
0.6	120 a	536 a	676 a	19.5 a	109 a
1.0	116 a	531 a	666 a	19.1 a	94 a
1.5	118 a	521 a	658 a	18.3 a	99 a
3.0	114 a	509 a	640 a	17.6 a	103 a

Los valores dentro de las columnas seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel de probabilidad de 0.05 (PRMD).

sustituye a la solución Fahraeus<sup>2</sup>) a los 7, 15 y 21 días, mostraron una inhibición total de la nodulación. No hubo diferencias de longitud y peso de raíz y tallo entre estos tratamientos inoculados y sus contrapartes no inoculados. Sin embargo, los porcentajes

de N disminuyeron de aproximadamente 4.6 (promedio de los tratamientos con solución de Hoagland aplicada a 0, 7 y 15 días a 3.8 (promedio del tratamiento con solución de Hoagland aplicada a los 21 días). Los porcentajes de nitrógeno disminuyeron hasta 3.5 en los grupos testigo en agua destilada. Cuanto más pronto se aplicó la solución de Hoagland, mayores fueron

<sup>2</sup> La solución Fahraeus difiere de la Hoagland en que carece de N.

CUADRO 5

**Efectos de GA en el peso de materia seca, y peso y número de nódulos de plántulas de leucaena K8 privadas de raíz y cultivadas por un mes en solución nutritiva**

Nivel de GA	Peso seco/planta			Peso de nódulos/planta	Número de nódulos/planta
	Raíz	Tallo	Total		
ppm			mg		No.
0.0	113 b	515 bc	649 b	20.5 ab	107 a
0.3	109 b	533 ab	659 b	16.6 c	94 a
1.0	105 b	535 ab	657 b	16.7 c	97 a
3.0	105 b	472 c	593 b	16.1 c	92 a
10.0	116 b	507 bc	642 b	18.3 bc	95 a
30.0	141 a	571 a	734 a	22.2 a	117 a

Los valores dentro de las columnas seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel de probabilidad de 0.05 (PRMD).



CUADRO 6

Contenido de nitrógeno, peso de nódulos, peso y longitud de raíz y tallo en plantas de *Leucaena K8* privadas de raíz y cultivadas en solución de *Fahraeus* por un mes, siendo ésta reemplazada por solución de *Hoagland* a los 0, 7, 15 y 21 días

Aplicación de Rhizobium	Aplicación de solución de Hoagland	Longitud de		Peso seco/planta			Peso seco total/planta	Contenido de Nitrógeno/planta en tallos	
		Raíz	Tallo	Raíz	Tallo	Nódulos		%	g
	días	cm		g					
Sí	0	39.0	20.5	0.86	4.06	0.00	4.92	4.59	.226
No	0	36.5	19.0	0.91	3.74	0.00	4.65	4.63	.214
Sí	7	35.0	15.0	0.45	2.16	0.00	2.61	4.57	.119
No	7	34.0	14.0	0.43	1.77	0.00	2.20	4.61	.101
Sí	15	32.5	11.2	0.24	1.03	0.00	1.27	4.65	.059
No	15	32.5	10.0	0.26	0.98	0.00	1.24	4.59	.057
Sí	21	21.2	8.1	0.15	0.46	0.00	0.61	3.74	.023
No	21	18.8	7.5	0.19	0.48	0.00	0.67	3.91	.026
Sí	<i>Fahraeus</i>	15.0	4.0	0.27	0.72	0.14	0.99	1.45	.014
No	"	13.8	3.9	0.16	0.52	0.00	0.68	1.85	.012
Sí	H <sub>2</sub> O	1.2	2.5	0.00	0.31	0.00	0.31	3.08	.009
No	H <sub>2</sub> O	0.0	1.9	0.00	0.28	0.00	0.28	3.94	.011

las longitudes y pesos secos obtenidos de raíz y tallo (Cuadro 6).

El grupo inoculado testigo en solución *Fahraeus* dio un tercio más de peso (0.99 g) total/planta, que su contraparte no inoculado y que el grupo testigo en solución de *Hoagland* a los 21 días, revelando la influencia del rhizobium sobre los pesos secos totales (Cuadro 6).

El análisis de varianza de porcentaje de N de tallos no mostró diferencias significativas debidas a los tratamientos hormonales. Sin embargo, el contenido total de N en la planta siguió el mismo patrón de respuesta del peso seco total de la planta.

En contraste con los experimentos llevados a cabo en bolsas plásticas de germinación, los experimentos en solución nutritiva mostraron respuestas en el crecimiento de leucaena con menores concentraciones de hormonas. Esto se debió a la alta sensibilidad de las plantas hacia los tratamientos hormonales al ser privadas completamente del tejido de raíz y por consiguiente de su propia síntesis hormonal. Este método pudiera ser un magnífico ensayo-biológico ("Bio-assay") para observar los efectos de

una gran variedad de sustancias, en diversas especies.

### Conclusiones

De acuerdo con informes previos, este trabajo reveló una respuesta positiva a la aplicación exógena de AIA y GA en el crecimiento de leucaena. La hormona GA también incrementó el peso de nódulos en este trabajo. Esto probablemente debido en parte a un crecimiento activo de la raíz, y a mayores secreciones orgánicas hacia el medio externo, favoreciendo la infección rizobial.

Un cambio en la morfología debido a la aplicación exógena de hormonas vegetales, tal como tallos más altos en una etapa temprana, pudiera permitir que la planta se establezca con menor dificultad en áreas donde no se dispone de herbicidas. Por otra parte, la elongación de la raíz en menor tiempo pudiera favorecer la absorción de agua de suelos más profundos en zonas áridas, facilitando el establecimiento en esta etapa crítica.

## Summary

The K500 leucaena seedlings grown for 15 days in plastic germination bags responded up to 200 ppm of IAA in increased root growth and up to 1,000 ppm in increased branch production. Shoot growth was promoted by 100 ppm of GA.

Excised shoots of K8 leucaena grown for 1 month in solution culture responded in increased total dry weight to IAA and GA. One and 3 ppm of IAA and 30 ppm of GA produced this response. GA at 30 ppm pro-

duced significant increase in nodule weight. Cytokinin produced no differences in the parameters measured. There were no nodule number differences produced by any of the hormones tested. Shoot N analysis revealed a fairly constant N percentage within the treated plants. Total N concentrations followed the trend of total plant dry weights.

The treatment of excised hypocotyls described here is suggested as a very suitable bio-assay for a variety of purposes.

## Literatura citada

- ADHIKARI, U.K. and D. BAJACHARYA, 1978, Interaction of Gibberellic and Indole-3-acetic acid on root formation in pea (*Pisum sativum* L.) epicotyl cuttings. *Planta*, 143:331-332.
- BLAKELY, L.M., S.J. RODAWAY, L.B. HOLLEN and S.G. CROKER, 1972, Control and kinetics of branch root formation in cultured root segments of *Haplopappus ravenii*. *Plant Physiol.* 50:35-42.
- FABIAN, D., J.S. TAYLOR and D.M. REID, 1981, Adventitious rooting in hypocotyls of sunflower (*Helianthus annuus*) seedlings. II Action of gibberellins, cytokinins, auxins, and ethylene. *Physiol. Plant.* 53:589-597.
- HUTTON, E.M. and W.M. BEATTIE, 1976, Field characteristics in three boxed lines of the legume *Leucaena leucocephala*. *Trop. Grassl.* 10:187-194.
- KOSSUTH, S.V., R.H. BIGGS, P.G. WEBB and K.M. PORTIER, 1981, Rapid propagation techniques for fruit crops. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* (submitted).
- MERTZ, D., 1966, *Plant Cell Physiol.* 7:125-135.
- NOGGLE, G.R., 1976, Introductory plant physiology. *Prentice Hall, Inc.*, Englewood Cliffs, New Jersey, p. 504.
- PAL, M. and K.K. NANDA, 1981, Rooting of etiolated stem segments of *Populus robusta*. Interaction of temperature, catechol, and sucrose in the presence of IAA. *Physiol. Plant.* 53:540-542.
- SALISBURY, F.B. and C.W. ROSS, 1978, *Plant Physiology.* *Wadsworth Pub. Co., Inc.*, Belmont, Cal., pp. 24-253.
- TORREY, J.G., 1976, Root hormones and plant growth. *An Rev. of Plant Physiol.* 27:435-459.
- WIGHTMAN, F., E.A. SCHNEIDER and K.V. THIMANN, 1980, Hormonal factors controlling the initiation and development of lateral roots. II Effects of exogenous growth factors on lateral root formation in pea roots. *Physiol. Plant.* 49:304-314.