

Comunicación corta

Efecto de diferentes concentraciones de Ácido Indolacético (AIA) en el enraizamiento *in vitro* de *Dahlia sp*

Liudmila Jiménez-Mariña^{1*}

Milvia Fonseca-Arias¹

Aida García-Alcántara¹

Sucel Infante-Fonseca¹

Joel Vázquez-Rodríguez¹

¹Departamento Genética y Ecofisiología Vegetal. Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov". Carretera Bayamo - Manzanillo Km. 16½. Gaveta Postal 2140. Bayamo. Granma. Cuba

* Autor para correspondencia. ljimenez@dimitrov.cu

RESUMEN

En el presente trabajo se estudió diferentes concentraciones de ácido indolacético (AIA) y su efecto sobre el enraizamiento *in vitro* de *Dahlia sp.* explantes nodales, provenientes de plántulas obtenidas *in vitro*, se cultivaron en un medio de cultivo Murashige y Skoog (MS), modificado en estado semisólido, suplementado con 0; 0,1; 0,5; y 1 mg L⁻¹ de ácido indolacético (AIA). Las variables evaluadas fueron: aparición de la raíz, número de raíces/brote, longitud de la raíz y plántulas enraizadas. A los 30 días se observó, en la concentración de 0,5 mg L⁻¹, un mayor número de raíces (3,9), longitud (3,76 cm) y explantes enraizados (87,5 %). Los resultados demuestran que el AIA influyó en el enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Dahlia sp.*

Palabras clave: auxinas, sistema radicular, explantes, flor de corte

Recibido: 04/06/2018

Aceptado: 16/01/2019

INTRODUCCIÓN

La micropropagación es una alternativa atractiva para la multiplicación masiva de cultivares, al incrementar los coeficientes de multiplicación y la obtención de material vegetal, ya que permite obtener plantas libres de enfermedades ⁽¹⁾. Además, favorece la propagación comercial a gran escala y la rápida introducción al mercado de especies y variedades de plantas de gran valor ornamental ⁽²⁾.

El género *Dahlia* está formado por 35 especies, todas nativas de México, de las cuales sólo cuatro

constituyen la base genética. Dicha flor de corte posee características muy particulares que la colocan en el extranjero como una de las flores más bellas y es la única planta que cuenta con el mayor número de variedades entre todas las especies vegetales ⁽³⁻⁶⁾.

Las técnicas de cultivo *in vitro* en dalia son herramientas importantes para la conservación de germoplasma, el mejoramiento genético y la producción de semillas. Si bien es cierto que se logran avances importantes en esta materia ^(7,8), existen pocos estudios específicos relacionados con la propagación *in vitro*.

Los reguladores de crecimiento en los medios de cultivo permiten direccionar la morfogénesis de los tejidos y modificar las respuestas fisiológicas en condiciones *in vitro*. Dentro de estos compuestos se encuentran las auxinas, cuyos efectos están relacionados con la dominancia apical y con la inducción de los procesos rizogénicos en las plantas y promueven el crecimiento por medio de los mecanismos de elongación celular. Las auxinas más empleadas son el ácido indolacético (AIA), ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) ⁽⁹⁾.

Se ha establecido que el AIA tiene un efecto importante al promover una mayor longitud de brotes y raíces. La función es inducir el crecimiento, por medio de una rápida estimulación de síntesis de los componentes de la pared celular de células en crecimiento ⁽¹⁰⁾. Varios estudios indican una correlación positiva entre niveles endógenos de AIA en plántulas y el número de raíces adventicias producidas por plántula ^(11,12).

Lo antes expuesto motivó a determinar diferentes concentraciones de AIA y su efecto en el enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Dahlia sp.*

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov", Bayamo, Granma, durante el periodo comprendido entre septiembre a diciembre de 2015.

Material vegetal

El material vegetal utilizado para el enraizamiento fueron segmentos nodales de *Dahlia sp* con un tamaño de 1,5 cm previamente cultivados en medio de sales MS, 100 mg L⁻¹ mio-inositol, tiamina 1 mg L⁻¹, 1 mg L⁻¹ de ácido giberélico, 7 g de Agar E, 30 g L⁻¹ de sacarosa procedentes de la fase de multiplicación, la cual se completó a los dos meses de iniciado este subcultivo.

Condiciones de cultivo

Para el enraizamiento *in vitro* se empleó el medio de cultivo semisólido, compuesto por las sales propuestas por Murashige y Skoog (MS) ⁽¹³⁾, a la mitad de concentración de sales (50 %), micronutrientes

completos, 100 mg L⁻¹ mio-inositol, tiamina 1 mg L⁻¹, Agar E y 30 g L⁻¹ de sacarosa. Los tratamientos consistieron en diferentes concentraciones de AIA, como se muestra a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Concentraciones empleadas de ácido indolacético (AIA) para el enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Dahlia sp*

Tratamientos	Concentraciones de AIA (mg L ⁻¹)
1	Control
2	0,1
3	0,5
4	1

El pH de las soluciones de los medios de cultivos se ajustó a 5,7 antes de su esterilización.

Se utilizaron frascos de vidrio con un diámetro de 5 cm, y una altura de 8 cm, con una capacidad de 250 mL de volumen, aproximadamente, en los cuales se dispensaron 25 mL del medio elaborado. Posteriormente, fueron esterilizados en autoclave vertical durante 20 minutos a 1,2 kgf cm. Se utilizaron cinco explantes por frasco y 50 por tratamiento.

Los explantes se colocaron en una cámara de crecimiento con luz solar a una temperatura de 26±2 °C y con una densidad de flujo de fotones fotosintéticos (DFFF) con un promedio de 45 umol m⁻² S⁻¹.

Los indicadores por evaluar a los 30 días de cultivo fueron:

- Aparición de raíz (días): se registró al inicio y culminación de la aparición de las raíces, mediante observación visual, para determinar porcentaje.
- Número de raíces/brote: mediante el conteo de las mismas en cada brote.
- Porcentaje de plántulas enraizadas: se calculó a partir del número de brotes enraizados del total.
- Longitud de la raíz (cm): se midieron todas desde el cuello hasta el ápice de la raíz y se obtuvo el promedio.

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con tres repeticiones. Se aplicó una prueba de comparación múltiple de medias de Duncan para el 5 % de probabilidad del error. Todos los análisis estadísticos se procesaron con el paquete Statistica for Windows, versión 10.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra que, el tratamiento con 0,5 mg L⁻¹, a los 30 días, posee el mayor porcentaje de plántulas enraizadas con la aparición de raíces pequeñas a partir de los 10 días de cultivo con diferencias significativas respecto al resto de los tratamientos. Mientras que los tratamientos con 0 y 0,1 mg L⁻¹ de AIA no mostraron diferencias significativas, esto puede ser atribuido a la no presencia (control) y baja

concentración de AIA utilizado. La respuesta que tuvieron los explantes, en presencia de 1 mg L⁻¹ de AIA, sugiere que no fue adecuada para conseguir resultados satisfactorios en esta especie ya que el desarrollo de las raíces podría ser afectado por altas concentraciones de auxinas en el medio de cultivo, que unido a las concentraciones endógenas del explante produce un aumento de la concentración de esta auxina, la cual actúa a bajas concentraciones, observándose una disminución de los valores para todos los indicadores, ya que la concentración de la hormona es determinante del crecimiento. Este resultado podría estar dado a una respuesta a la aplicación de auxina para controlar el exceso de auxina libre, que puede estar regulada por el aumento de la concentración endógena del AIA ⁽¹⁴⁾.

En estudios relacionados con la micropropagación de *Dahlia variabilis* Cav ⁽¹⁵⁾, existió una variación muy amplia en la capacidad de enraizamiento de los brotes, en un medio con 0,1 mg L⁻¹ de AIA, donde se obtuvo 35,71 % de plántulas enraizadas con una longitud promedio de 4,16 cm.

Esta respuesta fue documentada en otros estudios ⁽¹⁶⁾, donde los resultados indicaron que el AIA tuvo efecto sobre el enraizamiento *in vitro* de *G. atter* (Hassk.) Kurz y que esta auxina estimuló la emisión de raíces. A los 10 días de cultivo se observó la presencia de raíces pequeñas en todos los tratamientos estudiados.

Tabla 2. Efecto de la concentración de AIA, en la fase de enraizamiento *in vitro* de explantes de *Dahlia sp.*

Concentración AIA (mg L ⁻¹)	% de plántulas enraizadas	Número de raíces/brotes	Aparición de raíz (días)	Longitud de la raíz (cm)
	33,3 b	2,5 b	12-33	1,22 b
0,1	40,0 b	2,6 b	12-33	1,55 b
0,5	87,5 a	3,9 a	10-30	3,76 a
1	14,29 c	1,8 c	12-30	0,76 c
EE	0,46	0,26	0,32	0,15

Medias en cada columna con diferente letra difieren p ($\leq 0,05$), según Prueba de Duncan

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos para la variable número de raíces/brotes. El mejor comportamiento correspondió a la dosis 0,5 mg L⁻¹ de AIA, con un valor de 3,9 que difirió del resto de los tratamientos; entre el control y 0,1 mg L⁻¹ no hubo diferencias significativas. La variable longitud de la raíz mostró el mismo comportamiento que la anterior. Es necesario resaltar que para ambos casos el tratamiento de 1 mg L⁻¹, resultó el peor comportamiento, pues se observó una menor magnitud para las variables evaluadas. Se a estudiado que las auxinas o cualquier otro tipo de fitorregulador, son fisiológicamente funcionales cuando se encuentran en pequeñas cantidades, y que una alta concentración de estas sustancias, ejerce un efecto negativo sobre las plantas, porque su exceso, en lugar de inducir una respuesta específica por parte del

tejido vegetal, produce toxicidad en el mismo. En estudios realizados, al aumentar la concentración de AIA de 0,5 mg L⁻¹ a 1,0 mg L⁻¹ bajo las mismas condiciones de cultivo, la tasa de desarrollo de los protocormos de orquídea (*E. elongatum* Jacq) se hizo menor ⁽¹⁷⁾.

El AIA es precisamente la auxina más recomendada para la mayoría de los medios de cultivo de enraizamiento descritos en la literatura ⁽¹⁸⁾. En este sentido, autores como ^(19,20) estudiaron el efecto del ácido indol-3-acético (AIA) y lograron el enraizamiento *in vitro* en varias especies de bambú, con lo cual se logró un incremento del número de plantas con raíces emitidas (96 %) a los 20 días de cultivo. Sin embargo, en clavel español (*Dianthus caryophyllus* L), se obtuvo los mejores resultados en cuanto a la longitud de la raíz, al utilizar 0,1 mg L⁻¹ de AIA con valor de 3,48 cm ⁽²¹⁾.

Por otro lado, en plantas *in vitro* de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch), de los híbridos ‘Zacatepec 10’ y ‘Zacatepec 48’, el número de raíces emitidas por plantas y la longitud de las mismas, fueron afectados por las dosis de AIA en ambos híbridos ⁽¹⁸⁾.

De forma general, los resultados alcanzados en este experimento indican como mejor tratamiento el correspondiente a la concentración 0,5 mg L⁻¹ de AIA, con lo cual se promovió el enraizamiento hasta un 87,5 %, así como el número (3,9) y longitud de las raíces (3,76 cm), lo que podría repercutir sobre el aumento del vigor de los explantes y facilitar la aclimatización directa de las plantas producidas *in vitro*.

CONCLUSIONES

- La presencia de Ácido Indolacético (AIA), en el medio de cultivo, favoreció el enraizamiento *in vitro* de brotes de *Dahlia sp.*
- La concentración de 0,5 mg L⁻¹ de AIA favoreció el crecimiento *in vitro* de segmentos nodales de *Dahlia sp.* con 3,9 raíces/brote, 3,76 cm de longitud y 87,5 % de enraizamiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Indacochea B, Parrales J, Hernández A, Castro C, Vera M, Zhindón A, et al. Evaluación de medios de cultivo *in vitro* para especies forestales nativas en peligro de extinción en Ecuador. Agronomía Costarricense. 2018;42(1):63–89. doi:10.15517/rac.v42i1.32203
2. Bogado FA, Vera Bravo C, Ayala PG, Sansberro PA, Luna CV. Uso de distintos desinfectantes superficiales para el establecimiento *in vitro* de segmentos nodales de *Grevillea robusta*. Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias - UNR. 2016;0(27):11–6.
3. Arenas Julio YR, Delgado-Martínez R, Morales-Rosales EJ, Laguna-Cerda A, Franco-Mora O, Urbina Sánchez E. Rendimiento de raíces tuberosas de *Dahlia variabilis* Wild (Desf.) bajo diferentes prácticas de manejo agronómico. Phytion (Buenos Aires). 2011;80(1):107–12.

4. Lara-Cortés E, Martín-Belloso O, Osorio-Díaz P, Barrera-Necha LL, Sánchez-López JA, Bautista-Baños S. Actividad antioxidante, composición nutrimental y funcional de flores comestibles de dalia. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 2014;20(1):101–16. doi:10.5154/r.rchsh.2013.07.024
5. Jiménez Mariña L. El cultivo de la Dalia. *Cultivos Tropicales*. 2015;36(1):107–15.
6. Legorreta SS. Diseño de partículas a base de inulina de Dalia (*Dahlia variabilis* Cav.) para la liberación controlada de un extracto de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) [Internet] [Tesis de Maestría]. [México]: Universidad Autónoma del Estado de México; 2017 [cited 2019 Jan 31]. 85 p. Available from: <http://ri.uaemex.mx/cris/handle/20.500.11799/67793>
7. Fatima B, Usman M, Ashraf T, Waseem R, Ali MA. *In vitro* shoot regeneration from cotyledon and hypocotyl explants of dahlia cultivars. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences (Pakistan)*. 2007;44(2):312–6.
8. Jiménez L, Fonseca M, Infante S, García A, Vázquez J. Efecto del ácido giberélico en la multiplicación *in vitro* de *Dahlia* spp. *Revista Granma Ciencia*. 2013;17(1):1–6.
9. Puluc Córdova R de M. Evaluación de medios de cultivo para la propagación *in vitro* de anturio (*Anthurium andreanum*); diagnóstico y servicios realizados en el Departamento de Biotecnología del Ingenio Magdalena S.A., la Democracia, Escuintla, Guatemala, C.A. [Internet] [Tesis de Licenciatura]. [Guatemala]: Universidad de San Carlos de Guatemala; 2015 [cited 2019 Jan 31]. 115 p. Available from: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2984/>
10. Amador-Alfárez KA, Díaz-González J, Loza-Cornejo S, Bivián-Castro EY. Efecto de diferentes reguladores de crecimiento vegetal sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de dos especies de *Ferocactus* (Cactaceae). *Polibotánica*. 2013;(35):109–31.
11. Chamorro AH, Martínez SL, Fernández JC, Mosquera T. Evaluación de diferentes concentraciones de algunos reguladores de crecimiento en la multiplicación y enraizamiento *in vitro* de *Limonium* var. Misty blue. *Agronomía Colombiana*. 2007;25(1):47–53.
12. García JG, Alvarado ES, Bolaños JA. Efecto del AIA y el AIB sobre el enraizamiento *in vitro* de brotes de *Sechium edule* (Jacq.) Sw. *Biotecnología Vegetal*. 2015;15(1):3–7.
13. Murashige T, Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*. 1962;15(3):473–97. doi:10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x
14. Garay-Arroyo A, de la Paz Sánchez M, García-Ponce B, Álvarez-Buylla ER, Gutiérrez C. La homeostasis de las auxinas y su importancia en el desarrollo de *Arabidopsis thaliana*. *REB. Revista de Educación Bioquímica*. 2014;33(1):13–22.
15. Hernandez F, Mejia JM. Micropropagación de Dalia (*Dahlia variabilis* Cav.). *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 1994;1(1):63–6.
16. García Ramírez Y, Freire Seijo M, Pérez B. Efecto del AIA en el enraizamiento *in vitro* de *Gigantochloa atter* (Hassk.) Kurz. *Biotecnología Vegetal*. 2015;15(3):181–5.

17. Pedroza-Manrique JA. Efecto del carbón activado, ácido indolacético (AIA) y bencil amino purina (BAP) en el desarrollo de protocormos de *Epidendrum elongatum* Jacq bajo condiciones *in vitro*. Revista Colombiana de Biotecnología. 2009;XI(1):17–32.
18. Rangel-Estrada SE, Canul-Ku J, Osuna-Canizalez F de J, García-Perez F, Rosario-Montes P del, Vences Hernández ÁSB, et al. Regeneración *in vitro* de híbridos de nochebuena vía organogénesis. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2015;6(7):1571–85.
19. Arzate A, Piña-Escutia JL, Puga MDB, Reytez-Díaz JI, Vázquez-García LM. Técnicas tradicionales y biotecnológicas en el mejoramiento genético del rosal [Internet]. 1ra ed. Toluca, Estado de México: Universidad Autónoma del Estado de México; 2014 [cited 2019 Jan 31]. 114 p. Available from: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/21611>
20. Sood A, Nadha HK, Sood S, Walia S, Parkash O. Large scale propagation of an exotic edible bamboo, *Phyllostachys pubescens* Mazel ex H. De Lehale (*Moso Bamboo*) using seeds. Indian Journal of Experimental Biology. 2014;52(7):755–8.
21. Sánchez R. Enraizamiento autotrófico y su efecto en la aclimatización de vitroplantas de clavel español (*Dianthus caryophyllus* L). [Tesis de Diploma]. [Granma]: Universidad de Granma; 2009. 57 p.

Effect of different concentrations of Indole acetic acid (IAA) in the *in vitro* rooting of *Dahlia sp.*

Liudmila Jiménez-Mariña^{1*}

Milvia Fonseca-Arias¹

Aida García-Alcántara¹

Sucel Infante-Fonseca¹

Joel Vázquez-Rodríguez¹

¹Departamento Genética y Ecofisiología Vegetal. Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov". Carretera Bayamo - Manzanillo Km. 16½. Gaveta Postal 2140. Bayamo. Granma. Cuba

*Author for correspondence. ljimenez@dimitrov.cu

ABSTRACT

In the present work, different concentrations of indole acetic acid (AIA) and its effect on the rooting of *Dahlia sp* cultivated *in vitro* were studied. Nodal explants from seedlings obtained *in vitro* were cultured in a modified MS culture medium in a semi-solid state, supplemented with 0; 0,1; 0,5; and 1 mg L⁻¹ of indole acetic acid (IAA). The variables evaluated were: appearance of the root, number of roots/sprout, length of the root and rooted seedlings. At 30 days was observe in the concentration 0,5 mg L⁻¹ on highest number of roots (3,9), length (3,76 cm) and rooted explants (87,5 %). The results show that AIA influenced the *in vitro* rooting of nodal explants of *Dahlia sp*.

Keys words: auxin, radical system, explants, cut flower

INTRODUCTION

Micropropagation is an attractive alternative for mass multiplication of cultivars by increasing multiplication coefficients and obtaining plant material, since it allows obtaining plants free of diseases ⁽¹⁾. In addition, it favors the commercial propagation on a large scale and the rapid introduction to the market of species and varieties of plants of great ornamental value ⁽²⁾.

The genus *Dahlia* is made up of 35 species, all native to Mexico, of which only four are the genetic basis. This cut flower has very special characteristics that place it abroad as one of the most beautiful flowers and it is the only plant that has the highest number of varieties among all plant species ⁽³⁻⁶⁾.

In vitro cultivation techniques in *Dahlia* are important tools for germplasm conservation, genetic improvement and seed production. Although it is true that important advances have been made in this

area ^(7,8), there are few specific studies related to *in vitro* propagation.

Growth regulators in culture media allow the targeting of tissue morphogenesis and the modification of physiological responses under *in vitro* conditions. Within these compounds are auxins, whose effects are related to apical dominance and induction of rhizogenic processes in plants and promote growth by means of cellular elongation mechanisms. The most commonly used auxins are indole acetic acid (AIA), indole butyric acid (AIB) and naphthaleneacetic acid (ANA) ⁽⁹⁾.

It has been established that AIA has a significant effect by promoting a greater length of shoots and roots. The function is to induce growth by means of a rapid stimulation of synthesis of the cell wall components of growing cells ⁽¹⁰⁾. Several studies indicate a positive correlation between endogenous levels of AIA in seedlings and the number of adventitious roots produced by plantlets ^(11,12).

The aforementioned motivated to determine different concentrations of IAA and its effect in the *in vitro* rooting of nodal segments of *Dahlia* sp.

MATERIALS AND METHODS

The research was carried out in the Plant Biotechnology Laboratory of the "Jorge Dimitrov" Agricultural Research Institute, Bayamo, Granma, during the period from September to December 2015.

Vegetal material

The plant material used for the rooting were nodal segments of *Dahlia* sp with a size of 1.5 cm previously cultivated in MS salts medium, 100 mg L⁻¹ myo-inositol, thiamine 1 mg L⁻¹, 1 mg L⁻¹ of gibberellic acid, 7 g of Agar E, 30 g L⁻¹ of sucrose from the multiplication phase, which was completed two months after the start of this subculture.

Culture conditions

For *in vitro* rooting, the semisolid culture medium, consisting of the salts proposed by Murashige and Skoog (MS) ⁽¹³⁾ at half the concentration of salts (50 %), complete micronutrients, 100 mg L⁻¹ myo-inositol, thiamin 1 mg L⁻¹, Agar E and 30 g L⁻¹ sucrose. The treatments consisted of different concentrations of AIA, as shown below in Table 1.

Table 1. Concentrations of indole acetic acid (AIA) used for the *in vitro* rooting of nodal segments of *Dahlia sp.*

Treatments	Concentratiopns of AIA (mg L ⁻¹)
1	Control
2	0,1
3	0,5
4	1

The pH of the solutions of the culture media was adjusted to 5.7 before sterilization.

Glass flasks with a diameter of 5 cm and a height of 8 cm were used, with a capacity of approximately 250 mL, in which 25 mL of the elaborated medium were dispensed. Subsequently, they were sterilized in a vertical autoclave for 20 minutes at 1.2 kgf cm.

Five explants were used per vial and 50 per treatment.

The explants were placed in a growth chamber with sunlight at a temperature of 26 ± 2 °C and with a flux density of photosynthetic photons (DFFF) with an average of $45 \text{ umol m}^{-2} \text{ S}^{-1}$.

The indicators to be evaluated at 30 days of culture were:

- Root apparition (days): it was recorded at the beginning and completion of appearance of the roots by visual observation, to determine percent.
- Number of roots/sprout: by counting the same in each sprout.
- Percentage of rooted seedlings: calculated from the number of rooted shoots of the total.
- Root length (cm): all were measured from the neck to the apex of the root and the average was obtained.

A completely randomized experimental design with three repetitions was used. A multiple comparison test of Duncan's means was applied for the 5 % error probability. All statistical analyses were processed with the Statistica for Windows package, version 10.

RESULTS AND DISCUSSION

Table 2 shows that, treatment with 0.5 mg L^{-1} at 30 days has the highest percentage of rooted seedlings with the appearance of small roots from 10 days of culture with significant differences compared to the rest of the treatments. While the treatments with 0 and 0.1 mg L^{-1} of AIA did not show significant differences, this can be attributed to the non-presence (control) and low concentration of AIA used. The response of the explants in the presence of 1 mg L^{-1} of AIA suggests that it was not adequate to achieve satisfactory results in this species since the development of the roots could be affected by high concentrations of auxins in the culture medium, which together with the endogenous concentrations of the explant, it produces an increase in the concentration of this auxin, which acts at low concentrations,

observing a decrease in the values for all the indicators, since the concentration of the hormone is a determinant of growth. This result could be given to a response to the application of auxin to control the excess of free auxin, which may be regulated by the increase in the endogenous concentration of the AIA ⁽¹⁴⁾.

In studies related to the micropropagation of *Dahlia variabilis* Cav ⁽¹⁵⁾ there was a very wide variation in the rooting capacity of the shoots in a medium with 0.1 mg L⁻¹ of AIA, where 35.7 1% of rooted seedlings were obtained with an average length of 4.16 cm.

This response was documented in other studies ⁽¹⁶⁾, where the results indicated that the AIA had an effect on the *in vitro* rooting of *G. atter* (Hassk.) Kurz and that this auxin stimulated the emission of roots. After 10 days of cultivation, the presence of small roots was observed in all the treatments studied.

Table 2. Effect of the concentration of AIA, in the *in vitro* rooting phase of explants of *Dahlia sp.*

Concentration AIA (mg L ⁻¹)	% of rooted seedlings	Number of roots/shoots	Root apparition (days)	Length of the root (cm)
0	33.3 b	2.5 b	12-33	1.22 b
0,1	40.0 b	2.6 b	12-33	1.55 b
0.5	87.5 a	3.9 a	10-30	3.76 a
1	14.29 c	1.8 c	12-30	0.76 c
EE	0.46	0.26	0.32	0.15

Means in each column with different letters differ p (≤0,05) according to Duncan test

Statistically significant differences were observed between the different treatments for the variable number of roots/shoots. The best performance corresponded to the 0.5 mg L⁻¹ dose of AIA, with a value of 3.9 that differed from the rest of the treatments; between the control and 0.1 mg L⁻¹ there were no significant differences. The variable length of the root showed the same behavior as the previous one. It is necessary to highlight that for both cases the treatment of 1 mg L⁻¹, was the worst behavior since a smaller magnitude was observed for the variables evaluated. It has been studied that auxins or any other type of phytohormone are physiologically functional when they are found in small quantities, and that a high concentration of these substances exerts a negative effect on plants because their excess, instead of inducing a specific response through part of the plant tissue, produces toxicity in it. In studies conducted, increasing the concentration of AIA from 0.5 mg L⁻¹ to 1.0 mg L⁻¹ under the same culture conditions, the development rate of the orchid protocorms (*E. elongatum* Jacq) was lower ⁽¹⁷⁾.

AIA is precisely the most recommended auxin for most rooting media described in the literature ⁽¹⁸⁾. In this sense, authors such as ^(19,20) studied the effect of indole-3-acetic acid (AIA) and achieved rooting *in vitro* in several species of bamboo, which resulted in an increase in the number of plants with roots emitted (96 %) at 20 days of culture.

However, in Spanish carnation (*Dianthus caryophyllus* L), the best results were obtained regarding the length of the root when using 0.1 mg L⁻¹ of AIA with a value of 3.48 cm ⁽²¹⁾.

On the other hand, in *in vitro* plants of poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd ex Klotzsch), of the hybrids 'Zacatepec 10' and 'Zacatepec 48', the number of roots emitted by plants and the length thereof were affected by the doses of AIA in both hybrids ⁽¹⁸⁾.

In a general way, the results obtained in this experiment indicate the best treatment for the concentration of 0.5 mg L⁻¹ of AIA, which promoted rooting up to 87.5 %, as well as the number (3.9) and length of the roots (3.76 cm) which could have an effect on the increase of the vigor of the explants and facilitate the direct acclimatization of the plants produced *in vitro*.

CONCLUSIONS

- The presence of Indole acetic acid (AIA) in the culture medium favored the *in vitro* rooting of *Dahlia* sp.
- The concentration of 0.5 mg L⁻¹ of AIA favored the *in vitro* growth of nodal segments of *Dahlia* sp, with 3.9 roots/shoot, 3.76 cm in length and 87.5 % of rooting.