

EFFECTO DEL FORCLORFENURON SOBRE LA RAMIFICACION Y FLORACION DE CHINA (*Impatiens balsamina*)¹

Jorge Herrera *
Ramiro Alizaga *
Eric Guevara *

ABSTRACT

Effect of forchlorfenuron on lateral bud development and flowering of *Impatiens balsamina*. The effect of three doses of forchlorfenuron (0, 2 and 4 mg/L) was evaluated in pruned and non-pruned plants. The treatments were applied 3 or 6 weeks after transplant, which took place 40 days after sowing. Late pruning stimulated the development of lateral buds; forchlorfenuron applications at that stage had a negative effect on this variable. On the other hand, the number of flowers per inflorescence, as well as the total number of flowers per plant, increased significantly as increasing doses of forchlorfenuron were applied to non-pruned plants 3 weeks after transplant. No effects on the number of inflorescences per plant were found. Seed yields were reduced in plants pruned and/or treated with forchlorfenuron 6 weeks after transplant.



INTRODUCCION

La especie *Impatiens balsamina*, conocida en Costa Rica como "china", ha cobrado gran importancia durante los últimos años como planta ornamental a nivel mundial. En nuestro país se producen actualmente 900 kg de semillas de diferentes variedades, las cuales se han mejorado genéticamente con el fin de obtener características superiores en cuanto a floración, precocidad, resistencia a enfermedades y adaptación, entre otras.

Debido a la gran demanda por semilla, se ha tratado de incrementar la producción mejorando las prácticas culturales (nutrición, agua, luz, control de patógenos, etc).

Dentro de los factores propios de la planta, la dominancia apical tiene una relación directa con la forma de la planta, y por ende con su productividad potencial. En el caso de plantas ornamentales, el disminuir la dominancia apical con el fin de aumentar la ramificación lateral, es un rasgo deseable (Martin, 1987).

Por ello, se ha tratado de modificar el comportamiento natural a través del uso de reguladores de crecimiento. Dentro de éstos, el grupo de las citoquininas se ha caracterizado por estimular el crecimiento de brotes laterales, liberándolos de la influencia de la dominancia apical (Moore, 1989; Li y Bangerth, 1992). Si bien las citoquininas derivadas de la adenina, tales como la benciladenina y la kinetina, han sido las sustancias más empleadas, otro grupo de compuestos derivados de la fenilurea, tales como el tidiazuron y el forchlorfenurón han venido tomando importancia (Karanov *et al.*, 1992; Tartarini *et al.*, 1993).

Ambos tipos de citoquininas tienen en común varias propiedades fisiológicas, tales como la de estimular la división y diferenciación celular, la expansión de la hoja y el cotiledón, y la de

1/ Recibido para publicación 2 de noviembre de 1993.
* Centro para Investigaciones en Granos y Semillas. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Los autores son beneficiarios del Programa Financiero de Apoyo a Investigadores Científicos del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Costa Rica.

retardar la senescencia de la hoja. Los derivados de la fenilurea presentan además otras propiedades, tales como defoliación y abscisión de hojas y frutos (Guevara, Herrera y Alizaga, resultados no publicados), así como efectos herbicidas muy fuertes (Steward y Krikorian, 1971). Estos compuestos tienen actividad fisiológica en concentraciones mucho más bajas que los derivados de la adenina y presentan mayor resistencia a la degradación por oxidasas (Karanov *et al.*, 1992). Se ha encontrado que estimulan la producción de frutos (SKW-Trostberg, 1988), y aumentan el tamaño de los frutos en uvas, así como la producción en melones, kiwis, papas y tomates (Nickell, 1986). En manzana, aplicaciones posteriores a la polinización de las flores aumentaron la longitud y el peso de los frutos (Greene, 1989).

A pesar de que el estudio sobre los mecanismos que controlan la arquitectura de la planta tiene implicaciones prácticas y comerciales importantes, muy pocos trabajos han ahondado en este campo (Weiss y Shilo, 1988; Zieslin y Halevy, 1976).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la poda, de la dosis de forclorfenurón y de la época de aplicación sobre el desarrollo vegetativo y floral, así como la producción de semillas en la china (*Impatiens balsamina*).

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en las instalaciones de la Empresa Linda Vista S.A. situada en Paraíso de Cartago. Se emplearon plantas de china de las líneas parentales del híbrido comercial Super Elfin Orange. Después de la siembra, las plantas se mantuvieron en bandejas plásticas durante 40 días. Seguidamente se transplantaron en forma individual a bolsas de polietileno, las cuales se colocaron separadamente en un invernadero, sobre 2 mesas de 35 m de longitud. Se aplicó riego por goteo y se siguieron las prácticas normales de cultivo. Las polinizaciones se hicieron en forma manual 3 veces por semana, durante un período de 12 semanas, durante el cual se evaluaron las variables de interés.

Se estudió el efecto de una citoquinina sintética, forclorfenurón (N-(2-cloro-4-piridil)-N'-fenilurea) de formulación líquida al 10% p/v, diluida a concentraciones de 0, 2 y 4 mg/L. Las aplicaciones se hicieron a las 3 ó a las 6 semanas después del trasplante, sobre plantas sometidas o no a una poda de formación al momento del tratamiento. El

producto se aplicó con una bomba manual y la aspersión se realizó cuidadosamente sobre todas las estructuras aéreas de la planta, para cubrir bien las yemas axilares. Se utilizó el diseño experimental irrestricto al azar, en un arreglo factorial de 3 x 2, con 3 repeticiones. Cada unidad experimental consistió de 5 plantas. Los tratamientos se realizaron únicamente en la línea madre.

La evaluación fue realizada cada 15 días después de cada aplicación, tomando en cuenta para cada planta el número de brotes laterales, el número de flores por inflorescencia, el número de inflorescencias y la producción de semillas. El número de flores por planta se determinó mediante un muestreo aleatorio de 4 plantas por repetición.

RESULTADOS

Formación y crecimiento de brotes laterales

La Figura 1 muestra que las dosis aplicadas de forclorfenurón tuvieron en general un efecto inhibitorio sobre el crecimiento de brotes laterales, en comparación con el testigo. Se observaron comportamientos diferentes dependiendo de la época de aplicación de los tratamientos, en presencia o ausencia de la poda. Tanto la poda como las diferentes concentraciones de forclorfenurón empleadas no estimularon la brotación a las 3 semanas del trasplante, siendo los tratamientos estadísticamente idénticos al testigo sin forclorfenurón; en este último se observa inclusive un ligero aumento de la brotación cuando se practicó la poda. Por el contrario, a las 6 semanas el efecto de la aplicación de la citoquinina fue inhibitorio sobre el desarrollo de brotes. Además, la poda disminuyó este efecto del forclorfenurón de manera importante ($\alpha=0,05$).

Efecto de los tratamientos sobre la floración

No se observaron diferencias significativas en el número de inflorescencias producidas por planta, cuyo número fue comparable, tanto a las 3 como a las 6 semanas del trasplante, aunque la dosis de 4 mg/L de forclorfenurón produjo un número ligeramente menor de inflorescencias.

Por su parte el número de flores por inflorescencia resultó mayor cuando se efectuaron aplicaciones de forclorfenurón y en ausencia de poda (Figura 2). Se observa un mayor número de flores ($\alpha=0,01$) cuando los tratamientos se efectuaron a las 3 semanas y cuando se aplicaron dosis de 4 mg/L de forclorfenurón ($\alpha=0,01$), mientras que la

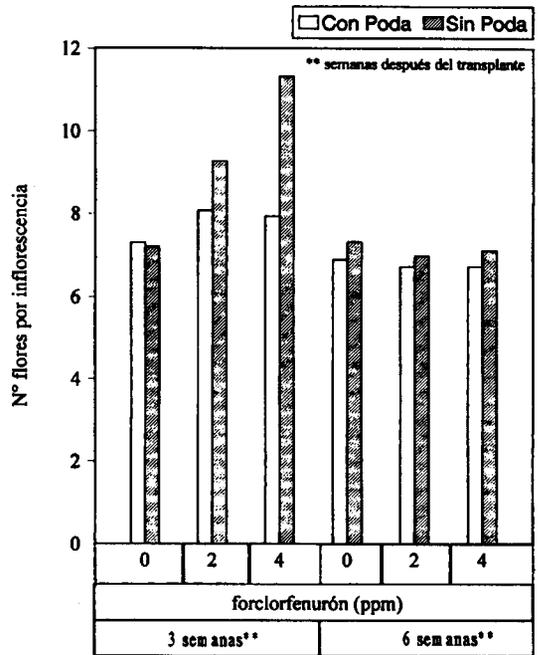
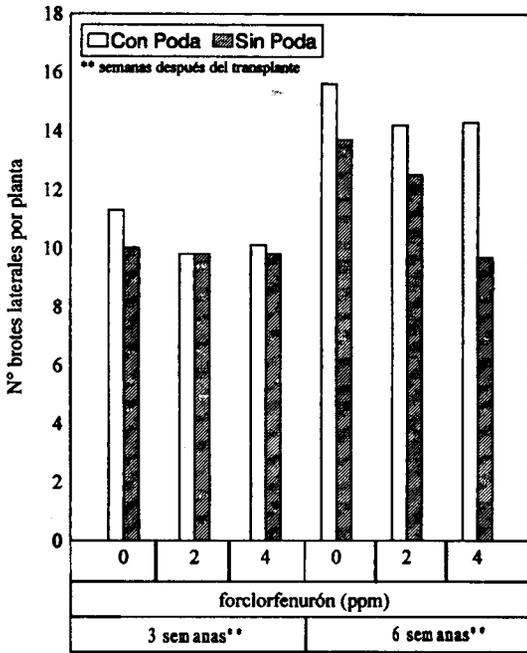


Fig. 1. Efecto de diferentes concentraciones de forclorfenurón sobre la formación de brotes laterales en plantas de china con y sin poda y en función de la época de aplicación.

Fig. 2. Influencia de la dosis de forclorfenurón sobre el número de flores formadas por inflorescencia en plantas de china tratadas o no con poda y en dos épocas de aplicación.

poda redujo este número de manera significativa ($\alpha=0,01$). Dosis 2 mg/L, aunque muestran un mayor número de flores, no fueron significativamente diferentes al testigo.

La aplicación, tanto de poda como de citoquinina, a las 6 semanas del trasplante, no produjo diferencias significativas. Además, se observó un número menor de flores por inflorescencia en comparación con las 3 semanas (Figura 2). El análisis estadístico de la interacción entre tratamientos y época de poda indicó que el aumento en número de flores a las 3 semanas, en comparación con lo observado a las 6 semanas, fue altamente significativo ($\alpha=0,01$).

El efecto general de los tratamientos sobre el número total de flores por planta se ilustra en la Figura 3. Dosis de 2 y 4 mg/L de forclorfenurón incrementaron de manera muy significativa ($\alpha=0,01$) el número de flores cuando se aplicaron a las 3 semanas del tratamiento y en ausencia de poda. En general, la poda y la aplicación de tratamientos 6 semanas después del trasplante produjeron un número menor de flores, con excepción del tratamiento testigo con poda a las 6 semanas,

aunque para esta época no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

Producción de semillas

Debido a la pequeña cantidad de semilla cosechada y a las dificultades de manejo al procesarla, no se hizo el análisis estadístico para la variable producción de semillas. Sin embargo, como se observa en el Cuadro 1, los tratamientos realizados 6 semanas después del trasplante produjeron, en comparación con el testigo sin poda ni forclorfenurón, un efecto negativo en la producción de semillas.

DISCUSION

Los resultados obtenidos muestran que la época en la cual se practicó los tratamientos influye de manera determinante sobre la respuesta de la planta. Se observa así una correlación inversa entre la formación de yemas vegetativas y reproductivas. Tratamientos que estimulan la formación de flores producen una menor brotación. Este efecto está relacionado con el mayor crecimiento

Cuadro 1. Efecto de diferentes dosis de forclorfenurón, de la poda de las plantas y de la época de aplicación de estos tratamientos, sobre la producción de semillas de china.

Semanas después del trasplante	Plantas con poda dosis (mg/L)			Plantas sin poda dosis (mg/L)		
	0	2	4	0	2	4
3	0,8*	1,01	0,8	0,9	0,9	0,6
6	0,5	0,5	0,4	0,8	0,5	0,4

* g de semilla/planta.

y desarrollo de la planta a las 6 semanas del trasplante en comparación con las 3 semanas, por lo que un mayor número de meristemas fue afectado. Siendo *Impatiens balsamina* una planta de día corto (Nanda y Sood, 1985), en cualquiera de las dos épocas de aplicación las plantas se encontraron bajo condiciones inductivas de la floración, lo cual debería haber limitado el posible número de yemas vegetativas que se desarrollaran. Pero debe considerarse que el proceso de inducción floral en esta especie es reversible (Wetmore y Steeves, 1971; Nanda y Sood, 1985).

Sin embargo, el uso del forclorfenurón inhibió la brotación en forma creciente, reforzando la dominancia apical, especialmente en las plantas tratadas a las 6 semanas; en ausencia de poda la dosis de 4 mg/L produjo una brotación muy reducida, comparable con la observada a las 3 semanas. Este resultado es contrario a la consideración general de que las citoquininas tienen un efecto antagónico a la dominancia apical (Cline, 1991; Mok *et al.*, 1987) y que su aplicación sobre una yema inhibida promueve su crecimiento (Sachs y Thimann, 1967). Sin embargo, Li y Bangerth (1992) demostraron que la aplicación de citoquininas sobre ápices de plantas de arveja no decapitadas reforzaba la dominancia apical. El hecho de que en *Impatiens* la inducción floral ocurre en las yemas laterales y no en la yema apical, la cual permanece indeterminada (Nanda y Sood, 1985), refuerza la posible acción estimuladora del forclorfenurón sobre la dominancia apical y por lo tanto una inhibición del crecimiento de las yemas laterales.

Un caso interesante lo constituye la poda. En *Impatiens*, Bernier y Kinet (1986) consideran que la decapitación de la yema apical promueve el desarrollo de yemas axilares florales. Sin embargo, en este trabajo la poda estimuló una mayor formación de yemas vegetativas sólo cuando el

tratamiento fue tardío (6 semanas), lo cual evidencia que la planta no presenta condiciones fisiológicas similares en ambos períodos de aplicación. Al decapitar la planta se rompen las correlaciones de inhibición del tallo y cesa la dominancia apical, lo cual promueve el crecimiento de las yemas axilares (Cline, 1991). Al respecto, Li y Bangerth (1992) demostraron que la aplicación continua de forclorfenurón o de BAP sobre yemas laterales de arveja permitía a estas yemas liberarse de la dominancia apical en forma más eficiente que la poda, pero conforme esta yema crece, tiende a convertirse a su vez en un tallo dominante, por lo que tendría un efecto inhibitorio sobre el posterior crecimiento de nuevas yemas. Una respuesta similar ha sido observada en *Coleus* (M. Hegele, Universität Hohenheim, Stuttgart, Alemania, comunicación personal 1994). Por lo tanto, la poda aplicada tardíamente causó un estrés importante, estimulando el crecimiento de brotes vegetativos, que se oponen al proceso reproductivo (Matthysse y Scott, 1984; Greene, 1989). Este fenómeno se ve facilitado por el hecho de que la inducción floral en *Impatiens* es reversible, aún cuando haya ocurrido formación del óvulo (Nanda y Sood, 1985). Este efecto diferencial del forclorfenurón podría deberse a su mayor actividad biológica y mayor resistencia a la degradación, aún en comparación con otras citoquininas. Por ello debe considerarse su aplicación directamente sobre el área o la yema que se pretende inducir a crecer. Una aplicación generalizada ha resultado en otras especies en un refuerzo de la dominancia apical (Dr. F. Bangerth, Universität Hohenheim, Stuttgart, Alemania, comunicación personal 1994). El hecho de que a las 3 semanas no se presentan diferencias significativas con respecto al testigo por parte del tratamiento de poda o de forclorfenurón sobre la brotación, refuerza un posible rol estimulador de la dominancia apical por parte de este tipo de citoquinina.

Curiosamente, el forclorfenurón estimuló la producción de flores cuando se aplicó tempranamente. Además, los resultados de las Figuras 2 y 3 indican que la mayor o menor estimulación de brotes vegetativos (según el momento de realización de los tratamientos) no tuvo incidencia directa sobre la floración, ya que el número de inflorescencias por planta fue comparable entre todos los tratamientos. Esto implica que la diferencia en la respuesta del forclorfenurón sobre las yemas axilares tuvo su origen en la condición fisiológica de éstas en el momento de aplicación (Figura 3), lo cual incrementó o disminuyó el número de flores por inflorescencia. Con base en los datos obtenidos, es posible suponer que esta citoquinina inhibió las yemas que ya habían alcanzado un determinado grado de diferenciación floral. Si bien se mencionó anteriormente que la inducción floral en *Impatiens* es reversible, la secuencia de reversión es basípeta y aquellas flores que se diferenciaron con 8 o más días de anterioridad continuarán con su proceso (Nanda y Sood, 1985). Por lo tanto, es probable que la floración de la parte baja de las plantas de *Impatiens* se exprese normalmente, mientras que las yemas de las zonas media y apical de la planta se vean más afectadas por un proceso de reversión floral, o bien de inhibición correlativa. Comparada con otras citoquininas, el forclorfenurón presenta una movilidad mucho menor dentro de la planta (Dr. F. Bangerth, Universität Hohenheim, Stuttgart, Alemania, comunicación personal, 1994), por lo que el efecto final observado lo es a nivel del sitio de aplicación. Otro factor importante es el hecho de que en *Impatiens*, contrario a lo observado en otras especies, el estímulo floral no es transmisible de un tallo a otro (Nanda y Sood, 1985). La aplicación tardía (6 semanas) afectaría entonces un mayor número de yemas en proceso de diferenciación floral, antagonizando el proceso, como ha sido observado en *Limonium sinuatum* (Oviedo y Guevara, 1988). Ello permitiría explicar la menor producción de semilla observada en el Cuadro 1.

Los efectos del forclorfenurón han sido principalmente estudiados sobre el desarrollo de los frutos y no de las flores (Tartarini *et al.*, 1993; Karanov *et al.*, 1992). En el caso de *Impatiens* solo se han estudiado derivados purínicos, los cuales, aunque no son específicamente citoquininas, han estimulado la floración (Nanda y Sood, 1985). Sin embargo, se ha observado que la aplicación de BAP sobre flores en soya estimuló el desarrollo de

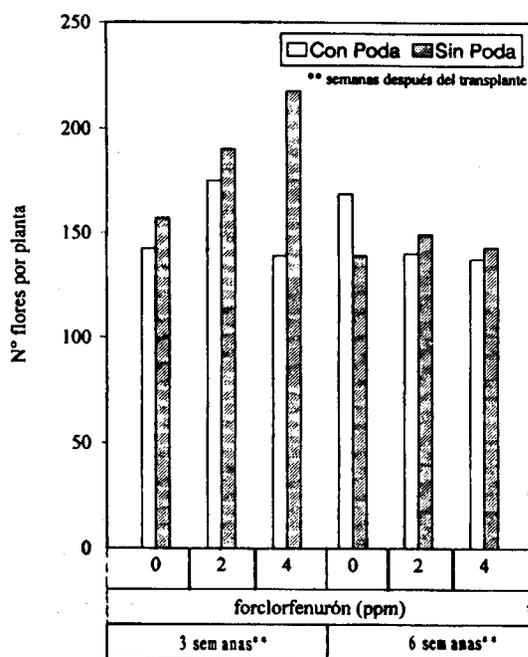


Fig. 3. Producción total de flores en plantas de china podadas o no y tratadas con diferentes concentraciones de forclorfenurón. Respuesta observada en dos épocas de aplicación.

óvulos, los cuales normalmente abortan (O'Hara *et al.*, 1993). Es por lo tanto posible suponer que en *Impatiens balsamina*, la aplicación de forclorfenurón sobre yemas ya diferenciadas tuvo un efecto similar, estimulando flores que de otro modo abortarían o bien que normalmente no crecen, lo que explicaría el incremento observado en el número de flores por inflorescencia. Es interesante hacer notar que en un experimento preliminar se obtuvo que una dosis de 10 mg/L de forclorfenurón estimuló fuertemente la formación de brotes laterales en china, observándose además enrollamiento y clorosis en las hojas, así como un engrosamiento del ovario (Herrera, Guevara, Alizaga, datos sin publicar). Este último aspecto refuerza la posible acción del forclorfenurón mencionada anteriormente.

Los brotes vegetativos formados por acción del forclorfenurón no parecen entonces haber participado directamente en el incremento de la floración. Es posible que estos brotes, después de formar un cierto número de hojas y por lo tanto de yemas axilares, pudieran sufrir una diferenciación floral.

RESUMEN

Se estudió el efecto de una citoquinina sintética, forclorfenurón, en dosis de 0; 2 y 4 mg/L sobre la ramificación y floración de plantas de *Impatiens balsamina* podadas o no en el momento de la aplicación. Se evaluó además 2 épocas de tratamiento (3 y 6 semanas después del trasplante). Se observó que un tratamiento tardío de poda estimuló el número de brotes laterales en crecimiento. La aplicación de forclorfenurón tuvo un efecto negativo en esta variable. Por el contrario, se observaron incrementos significativos en el número de flores por inflorescencia, así como en el número total de flores por planta, cuando se realizó el tratamiento con concentraciones crecientes de forclorfenurón, aplicadas a plantas sin poda a las 3 semanas del trasplante. No se observaron diferencias en cuanto al número de inflorescencias por planta. La cosecha de semilla se redujo en plantas podadas y/o tratadas con forclorfenurón 6 semanas después del trasplante.

LITERATURA CITADA

- BERNIER, G.; KINET, J.M. 1986. The control of flower initiation and development. *In* Plant Growth Substances 1985. Ed. by M. Bopp. Springer-Verlag, Berlin. pp. 293-302.
- CLINE, M.G. 1991. Apical dominance. *Botanical Review* 57(4):318-358.
- GREENE, D.W. 1989. CPPU influences "Macintosh" Apple crop load and fruit characteristics. *HortScience* 24(1):94-96.
- KARANOV, E.; ILIEV, L.; GEORGIEV, G.T.S.; TSOLOVA, M.; ALEXIEVA, V.; PUNEVA, I. 1992. Physiology and applications of phenylurea cytokinins. *In* Progress in Plant Growth Regulation. Ed. by C.M. Karssen; L.C. Van Loon; D. Vreugdenhil. Martinus-Nijhoff Publishers, The Hague, Netherlands. pp. 842-851.
- KREKULE, J. 1979. Stimulation and inhibition of flowering. Morphological and physiological studies. *In* C.N.R.S. Physiologie de la Floraison. Editions du C.N.R.S. Paris. pp. 19-58.
- LI, C.J.; BANGERTH, F. 1992. The possible role of cytokinins, ethylene and indoleacetic acid in apical dominance. *In* Progress in Plant Growth Regulation. Ed. by C.M. Karssen; L.C. Van Loon; D. Vreugdenhil. Martinus-Nijhoff Publishers, The Hague, Netherlands. pp. 431-436.
- MARTIN, G.C. 1987. Apical dominance. *HortScience* 22(5):824-832.
- MATTHYSSE, A.G.; SCOTT, T.K. 1984. Functions of hormones at the whole plant level of organization. *In* Hormonal Regulation of Development II. The functions of Hormones from the level of the cell to the whole plant. Ed. by T.C. Scott., Berlin, Springer-Verlag. p. 219-244.
- MOORE, T.C. 1989. Biochemistry and physiology of plant hormones. 2da Ed. New York., Springer Verlag. 330 p.
- NANDA, K.K.; SOOD, V. 1985. *Impatiens balsamina*. *In* Handbook of Flowering. Vol III: Ed. by A.H. Halevy. CRC Press, Boca Ratón, Florida. pp. 187-199.
- NICKELL, L. G. 1986. Effect of N-(2-chloro-4-piridil)-N-phenylurea and the 3-chloro-benzil ester of dicamba on the growth and sugar contents of grapes. *Acta Horticulturae* 149:805-806.
- O'HARA, C.; PETERSON, C.M.; TRUELOVE, B.; DUKE, R. 1993. Stimulation of pod and ovule growth of soybean *Glycine max* (L.) Merr by 6-benzylaminopurine. *Annals of Botany* 71:193-199
- OVIEDO, C.; GUEVARA, E. 1988. Propagación *in vitro* de la estacía *Limonium sinuatum* cv. 'Midnight Blue'. *Agronomía Costarricense* 12(1):113-122.
- SACHS, T.; THIMANN, K.V. 1967. The role of auxins and cytokinins in the release of buds from dominance. *Amer. J. Bot.* 54:136-144.
- SKW-TROTSBERG. 1988. Plant growth regulator SKW-20010. Technical data sheet. SKW-Trotsberg Aktiengesellschaft. Agricultural Division. Alemania. 4 p.
- STEWART, F.C.; KRİKORIAN, A.D. 1971. Plants, chemicals and growth. Nueva York, Academic Press. pp. 85 -120.
- TARTARINI, S.; SANSAVINI, S.; VENTURA, M. 1993. CPPU control of fruit morphogenesis in apple. *Scientia Horticulturae* 53:273-279.
- WEISS, D.; SHILLO, R. 1988. Axillary bud inhibition induced by young leaves or bract in *Euphorbia pulcherrima* Willd. *Annals of Botany* 62:435-440.
- WETMORE, R.H.; STEEVES, T.A. 1971. Morphological introduction to growth and development. *In* Plant Physiology: A treatise. Vol VIA. Ed. by F.C. Stewart. Academic Press, N.Y. pp. 3 -166.
- ZIESLIN, N.; HALEVY, A.H. 1976. Components of axillary bud inhibition in rose plants. I. The effect of different plant parts (correlative inhibition). *Botanical Gazette* 137(4):291-296.