

Influencia de dosis altas de forclorfenuron sobre el desarrollo floral De china (*Impatiens balsamina* L.)

Eric Guevara ¹
Jorge Herrera ¹
Ramiro Alizaga ¹

Resumen

Se evaluó el efecto de aplicar en el follaje y los tallos de china (*Impatiens balsamina*) una solución forclorfenurón (N-(2-cloro-4-piridil)-N'fenilurea) en dosis de 0, 4, 6, 8 y 10 mg/L. Se utilizaron plantas con aproximadamente 6 semanas de edad de las líneas maternas 6042-1 y NLC67, las cuales estaban iniciando su floración. Se encontró que los tratamientos aumentaron el número de tallos florales en ambas líneas hasta la cuarta semana después del tratamiento, con dosis que fluctuaron entre 6 y 10 mg/L. El número de flores por inflorescencia se vio igualmente aumentado por el forclorfenurón obteniéndose los valores más altos con las dosis mayores, aunque ambas líneas tuvieron diferencias en el periodo durante el cual los tratamientos resultaron efectivos. Se

encontró que la producción acumulada de flores fue mayor en todas las dosis utilizadas de forclorfenurón. La producción de semilla se vio reducida por la aplicación de esta sustancia, disminuyendo conforme aumentó la dosis.

Introducción

La importancia de las plantas ornamentales en la producción agrícola de Costa Rica se ha incrementado durante los últimos años, hasta representar hoy en día uno de los productos no tradicionales más importantes. Esto se ha traducido en la necesidad de aumentar continuamente el área sembrada, de mejorar el desarrollo vegetativo de las plantas e incrementar la calidad y cantidad de la semilla producida.

¹ Centro para Investigaciones en Granos y Semillas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San Pedro, 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.

Impatiens balsamina, conocida como “china”, es una de las especies que tiene mayor demanda en el mercado mundial de plantas ornamentales. A pesar de tener una buena producción de flores y de semillas *per se*, estas plantas presentan un alto potencial de producción aún no aprovechado, debido a la falta de investigación en función de la productividad durante las diferentes etapas de desarrollo.

Con el fin de aumentar el potencial productivo de las plantas, se han utilizado reguladores del crecimiento naturales y sintéticos en diferentes cultivos. Así, Herrera *et al.* (1994) demostraron que la aplicación de forclorfenurón, una citoquinina sintética, podía reemplazar de manera satisfactoria el uso de la poda para aumentar el número de brotes laterales y de flores, en plantas de china utilizadas para producir el híbrido Super Elfin Orange. Estas citoquininas, que tienen una alta actividad en concentraciones muy bajas (Fellman *et al.*, 1992), presentan además un prolongado efecto residual, lo cual es útil en el caso de plantas con formación continua de tallos y flores como es el caso de *Impatiens*.

Herrera *et al.* (1994) no observaron ningún estímulo sobre la producción de semillas. En dicho trabajo, se probaron dosis de 2 y 4 mg/L; sin embargo, estas concentraciones posiblemente fueron muy bajas. La utilización de dosis superiores podría tener un efecto significativo sobre la producción de flores y de semillas, tal como se ha observado en otras especies (Karanov *et al.*, 1992; Mok *et al.*, 1987).

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de concentraciones elevadas de forclorfenurón sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo de dos híbridos de *Impatiens balsamina*.

Materiales y métodos

Esta investigación se realizó en las instalaciones de la Empresa Linda Vista S.A., situada en Dulce Nombre de Cartago. Se emplearon plantas de china de las líneas maternas de dos híbridos: 6042-1 x 6042-2, que presenta fluctuaciones en la producción de semillas y el híbrido NLC67 x NLC163, considerado como buen productor. Las plantas madre de ambos cultivares se colocaron en un invernadero sobre dos mesas de 35 m de longitud. Después de la siembra, las plántulas se mantuvieron en bandejas plásticas durante 40 días, después de lo cual se trasplantaron individualmente a bolsas de polietileno. Se aplicó riego por goteo y se siguieron las prácticas normales de cultivo de la empresa. Las polinizaciones se hicieron en forma manual 3 veces por semana, durante un periodo de 12 semanas.

Se evaluó el efecto de la citoquinina sintética, forclorfenurón (N-(2-cloro-4-piridil)-N'-fenilurea) en concentraciones de 0, 4, 6, 8 y 10 mg/L. Las aplicaciones se hicieron 6 semanas después del trasplante. El producto se aplicó con una bomba manual y la aspersión se realizó cuidadosamente sobre todas las estructuras aéreas de la planta, teniendo especial cuidado de cubrir bien las yemas axilares.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 6 repeticiones. Cada unidad experimental consistió de 4 plantas. Los tratamientos se realizaron únicamente en la línea madre.

Se evaluó semanalmente el número de tallos florales y el número de flores por inflorescencia en cada planta, mientras que la producción de semillas se midió hasta la semana 12 después de iniciado el experimento.

Resultados

Se observó que la aplicación de forclorfenurón produjo plantas más compactas, con una elongación menor de los tallos. En concentraciones altas (6 mg/L o mayores) induce en las plantas tratadas invaginación y corrugamiento de las hojas, así como un leve amarilla-

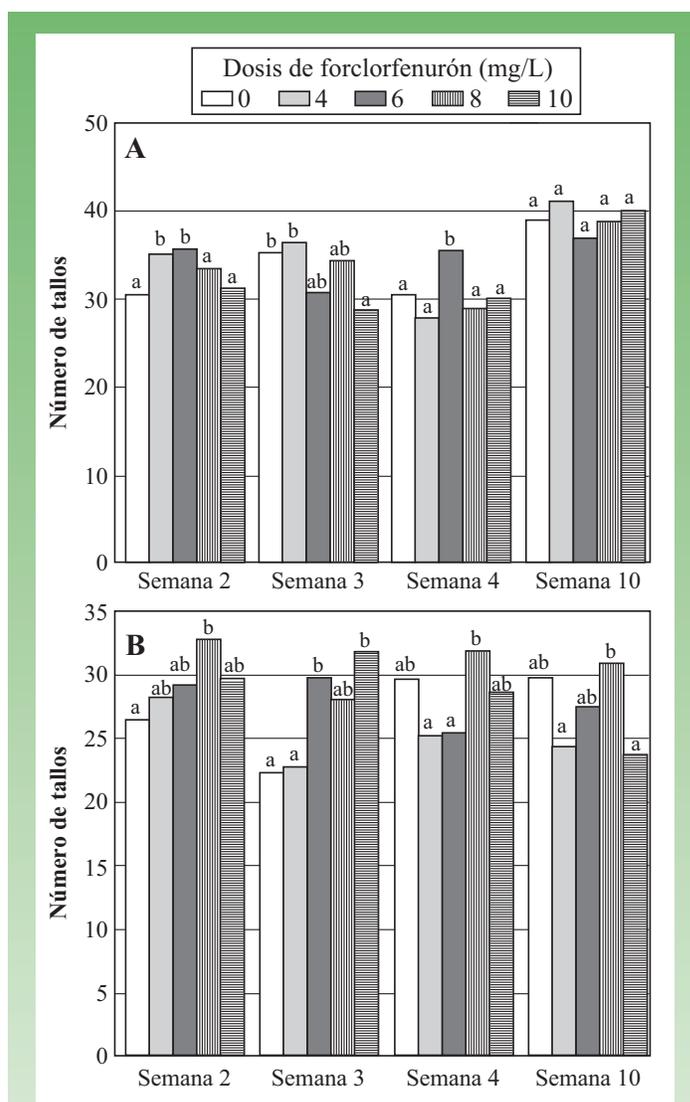


Figura 1

Efecto de diferentes dosis de forclorfenurón sobre el número de tallos florales, 2, 3, 4 y 10 semanas después de realizados los tratamientos, en los híbridos 6042-1 X 6042-2 (A) y NLC 67 X NLC 163 (B)

miento general de estas.

En la Figura 1 se resume el efecto de diferentes dosis de forclorfenurón en la formación de tallos florales en los dos híbridos estudiados. Puede observarse que ambas líneas tienen una respuesta similar al forclorfenurón. En general, se nota que en la línea NLC67 el mayor incremento es observado 2 semanas después de realizada la aplicación del producto y que se mantiene hasta la tercera semana, después de lo cual no se registraron diferencias significativas (Tukey = 0,05) con respecto al tratamiento testigo; así mismo, las dosis más efectivas estuvieron comprendidas entre 8 y 10 ppm. Dosis menores produjeron un número de tallos similar al testigo, durante todo el período de evaluación. Además, en ausencia de forclorfenurón, las plantas presentan a la segunda y tercera semanas una menor producción de tallos florales.

En el caso de la línea 6042-1, las dosis que produjeron un mayor estímulo fueron las de 4 y 6 mg/L, notándose una alta formación de tallos en la segunda y cuarta semanas. En oposición al cv. NLC67, en la última evaluación (10 semanas) había desaparecido el efecto de los tratamientos. Es interesante hacer notar que a la quinta semana y con excepción del tratamiento de 6 ppm de forclorfenurón todos los tratamientos presentaron una disminución en la formación de tallos (Tukey = 0,05). En la línea 6042-1 se observó un aumento en el número de tallos florales. En forma general, la línea 6042-1 formó un mayor número de tallos, en comparación con el cv. NLC67.

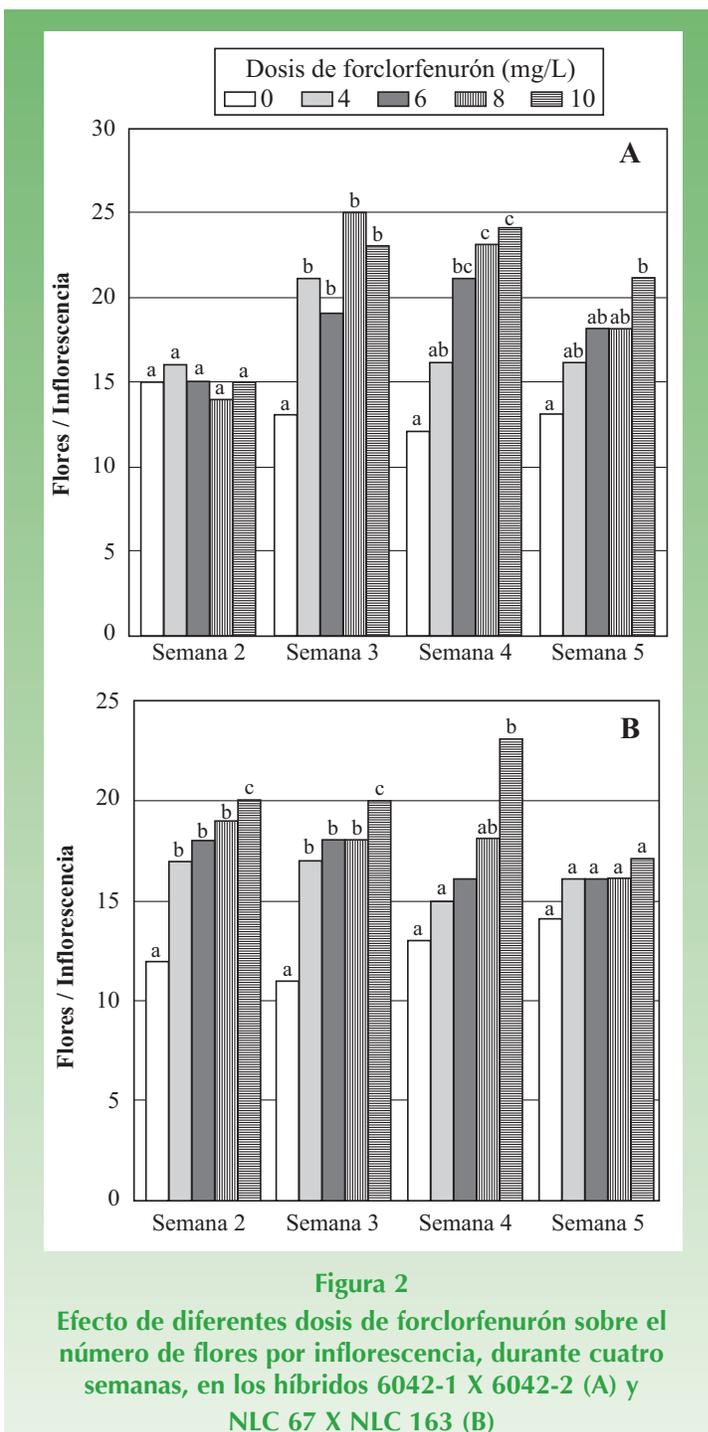
Efecto sobre la floración

En ambos híbridos la mayor producción de flores por inflorescencia se dio durante las primeras cinco semanas como respuesta a los tratamientos con forclorfenurón. Cabe mencionar que en la línea 6042-1 dicho efecto se manifestó entre

las semanas 3 y 5, mientras que en la línea NLC67 se manifestó entre las semanas 2 y 4.

En la Figura 2 se presentan los resultados de aplicar forclorfenurón sobre la

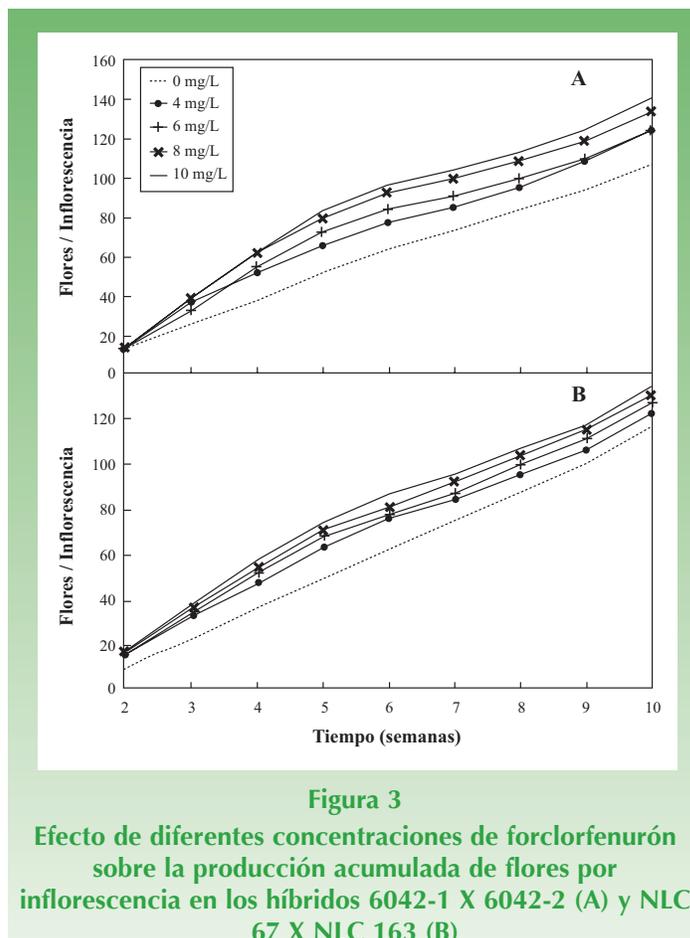
producción de flores hasta la semana 5. Es importante mencionar que en la línea 6042-1 se presentó un marcado descenso en el número de flores por inflorescencia en todos los tratamientos (incluido el testigo) a partir de la sexta semana. Por



el contrario, en la línea NLC67 se presentó esta disminución en los tratamientos con forclorfenurón, aunque el testigo presentó variaciones muy leves.

Aunque en algunos casos los tratamientos de 4 y 6 mg/L estimularon significativamente la producción de flores, fueron las dosis de 8 y 10 mg/L las que casi sin excepción produjeron el mayor número de flores y estadísticamente (Tukey = 0,05) superaron al testigo. Además, se observó una tendencia hacia el aumento en el número de flores conforme aumentó la dosis de forclorfenurón.

El efecto sobre el número acumulado de flores por inflorescencia se aprecia en la Figura 3. En general, se nota en ambos



híbridos un incremento del número de flores formadas conforme aumenta la concentración de forclorfenurón. Independientemente del tratamiento, la respuesta de ambos híbridos muestran un incremento lineal, con una formación final de flores por inflorescencia similar. Sin embargo, se puede notar que a partir de las semanas 5 y 6 la curva presenta una disminución en la pendiente, la cual es más pronunciada para el híbrido 6042-1, aunque a partir de la novena semana el número de flores se incrementa ligeramente.

Efecto sobre la producción de semillas

La Figura 4 muestra la producción de semillas de china en función del tratamiento aplicado y del periodo de cosecha. Es interesante hacer notas que la productividad, expresada en gramos por planta, es significativamente mayor en el testigo. Conforme aumenta la dosis de forclorfenurón, disminuye la producción de las plantas, expresada como semilla, la cual llega a representar con dosis de 10 ppm solamente entre 25 a 30% de la producción del testigo durante las primeras dos evaluaciones. Este comportamiento no varió en las tres fechas de evaluación.

Discusión

Efecto sobre la formación de tallos laterales

Los resultados obtenidos evidencian un rol inicialmente estimulador del forclorfenurón en el número de tallos formados. Esto, aparentemente, no concuerda con lo observado por Herrera *et al.* (1994) en otros cultivares de china, en los que encontraron un efecto inhibitorio o no existente sobre la formación de brotes laterales con niveles de 2 y 4 mg/L de esta citoquinina, aunque esto pudo

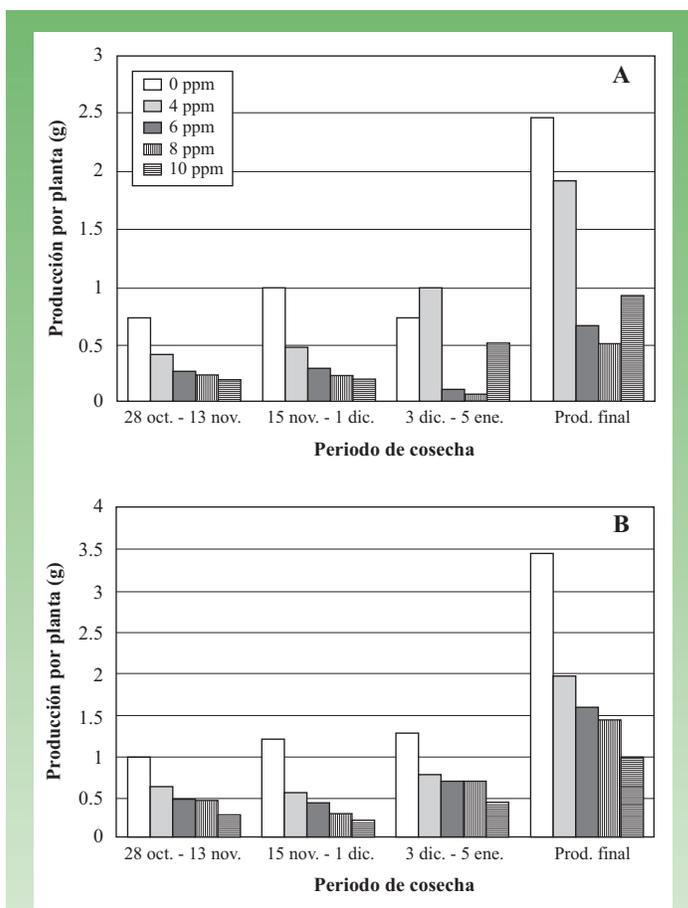


Figura 4

Efecto de diferentes concentraciones de clorfenurón sobre el rendimiento promedio de semillas por planta, en diferentes periodos de cosecha en los híbridos 6042-1 X 6042-2 (A) y NLC 67 X NLC 163 (B)

deberse a las dosis bajas utilizadas en dicho trabajo. Por el contrario, este efecto estimulador es congruente con lo observado por Fellman *et al.* (1987) en otras especies. Una posible explicación, en el caso de la línea NLC67, es que este resultado es consecuencia del uso de una concentración de 8 mg/L, que supera en forma constante al testigo, el cual, a partir de la segunda semana, presenta una mayor formación de tallos en comparación con niveles bajos (4 y 6 mg/L). Sin embargo, esto no puede generalizarse, ya que la línea 6042-1 no presenta este comportamiento, mostrando un fuerte estímulo con dosis

bajas (4 y 6 ppm) sobre la formación de tallos y un efecto inhibitorio con dosis altas (10 ppm). Ello implicaría la existencia de diferencias varietales importantes, que podrían basarse en las concentraciones endógenas de reguladores, en particular de citoquininas, lo cual afectaría la respuesta al producto aplicado. Estas variaciones endógenas en el contenido de citoquininas han sido observadas en petunia (Auer *et al.*, 1992), las cuales modulan la respuesta según los tratamientos aplicados. El porte de ambas líneas es igualmente diferente: la línea NLC67 presenta mayor altura y porte más erecto que la línea 6042-1, cuyo porte es más abierto, pero de crecimiento más lento. Es probable que lo anterior explique la necesidad de concentraciones mayores para estimular el crecimiento en la línea NLC67, dada una mayor dominancia apical en comparación con la línea 6042-1, que por sus características de crecimiento parece tener una dominancia apical débil y, por lo tanto, más susceptible de ser estimulada por dos más bajas de citoquininas. Sin embargo, esta hipótesis debe ser verificada experimentalmente.

Efecto sobre la floración

Herrera *et al.* (1994) evidenciaron que el forclorfenurón afecta principalmente el número de flores por inflorescencia, y no se observan diferencias en el número total de inflorescencias formadas. Los resultados del presente trabajo confirman lo antes expuesto y, además, evidencian el efecto estimulador de dosis crecientes de esta citoquinina sobre el número de flores. Nanda y Sood (1985) observaron que derivados purínicos estimulaban la formación de yemas florales, tanto en condiciones inductivas como no inductivas. El elevado número de flores obtenidas en este experimento fue muy superior al observado en el trabajo anterior (Herrera *et al.*, 1994), aunque, como se men-

cionó anteriormente, esto pueda deberse a las características genéticas de los cultivares estudiados y a las dosis utilizadas. Un aspecto interesante es que el estudio continuo realizado en el presente trabajo evidenció un efecto residual de los tratamientos relativamente largo, cubriendo en forma aproximada las primeras 5 semanas, ya que posteriormente no se observan diferencias significativas con respecto al testigo. Resulta evidente que esta floración inicial es efecto directo de los tratamientos realizados. La floración posterior a las cinco semanas, que se caracteriza por ser mucho más baja, refleja igualmente el cese del efecto del forclorfenurón.

Los resultados anteriores sugieren la necesidad de un segundo tratamiento a las cinco o seis semanas después del primer tratamiento, con el fin de determinar si es posible mantener una elevada formación de tallos. Estos tallos podrían formar nuevas inflorescencias en un lapso inferior a las 14 semanas, pudiendo entonces tener tiempo suficiente para formar flores y frutos dentro del ciclo de aprovechamiento “económico” del cultivo para la producción de semillas. El incremento natural observado a las diez semanas (Figura 2) en general no es útil de manera productiva, por cuanto la cosecha económicamente rentable está muy avanzada. Sin embargo, cabe mencionar que el aumento en el número de tallos puede ser de gran importancia cuando se deseen multiplicar plantas de reproducción asexual o líneas madres de híbridos comerciales, que presentan barreras a la autopolinización, tales como androesterilidad o autoincompatibilidad. Además, algunas empresas productoras de plantas ornamentales que ofrecen en mercados extranjeros las plantas ya en producción podrían suministrar un producto más

atractivo al aumentar la floración y ramificación de las variedades comerciales.

Efecto sobre la producción de semilla

La menor cantidad de semillas producida en las plantas tratadas con forclorfenurón indica que no existe una correlación positiva entre esta variable y el alto número de flores formadas. Este efecto es muy marcado en las tres épocas de cosecha y, nuevamente, evidencia un efecto prolongado del forclorfenurón sobre el desarrollo de las plantas. Herrera *et al.* (1994) observaron que dosis de 2 ppm de forclorfenurón no tenían efecto detrimental sobre la producción de semillas de china. Efectos estimulatorios para el amarre y desarrollo de frutos con aplicaciones de citoquininas han sido observados en la soya (O'Hara *et al.*, 1993) y en *Lupinus angustifolius* (Atkins y Pigeaire, 1993). Aunque se debe señalar que el mayor efecto de las citoquininas fue obtenido con aplicaciones selectivas sobre el peciolo o la base de las flores. De esta forma, obtuvieron niveles altos de citoquininas endógenas, lo que estimula el desarrollo del óvulo. Sin embargo, la aplicación por aspersión al follaje no produjo en el caso de *Lupinus* un efecto benéfico. En el caso de la manzana, la aplicación al tallo y no al fruto no produce diferencias significativas con el testigo. Este efecto puede explicarse en cierta medida por la baja movilidad que presenta el forclorfenurón (Tartarini *et al.*, 1993; F., Bangerth, Universität Hohenheim, Stuttgart, Alemania, comunicación personal). Por su parte Noodén y Letham (1993) observaron que la translocación de citoquininas a los frutos en desarrollo de soya no se realizaba en forma directa de la raíz hacia las vainas, sino más bien a partir de las hojas, donde se translocan primero las citoquininas. La senescencia foliar ocurrió cuando el flujo de citoquininas provenientes de la raíz cesó, y las citoqui-

ninas se translocaron a los frutos en desarrollo. La aplicación de citoquininas retarda la senescencia foliar, lo que reduce la degradación de proteínas y ácidos nucleicos y moviliza asimilados y minerales hacia estas hojas. Es posible pensar entonces que una aplicación generalizada podría crear una competencia por movilización de nutrientes hacia las hojas, en detrimento del desarrollo de los frutos. Además, la mayor resistencia de las fenilureas a la degradación en la planta (Karanov *et al.*, 1992) provocaría un efecto sostenido por un espacio de tiempo prolongado, que podría afectar seriamente la translocación de asimilados hacia el fruto. Ello explicaría el bajo rendimiento observado en cuanto a producción de semilla.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo evidencian diferencias en la respuesta de los diferentes cultivares de *Impatiens balsamina* a tratamientos con forclorfenurón, las cuales probablemente se deban a factores genéticos, aunque pueden también deberse al uso de una aplicación foliar generalizada, que afectó los procesos metabólicos de la planta y ocasionó competencia por la citoquinina entre diversos órganos. Es necesario, entonces, considerar el uso de aplicaciones localizadas, así como la aplicación fraccionada de los productos, con el fin de comprender mejor el estímulo producido por esta sustancia.

Bibliografía

Atkins, C.A.; Pigeaire, A. 1993. Application

of cytokinins to flowers to increase pod se in *Lupinus angustifolius*. Aust. J. Agric. Res. 44:1799-1819.

Auer, C.A.; Cohen, J.D.; Laloue, M.; Cooke, T.J. 1992. Comparason of benzyladenine, metabolism in two Petunia hibrida lines differing in shoot organogenesis. Plant Physiol. 98:1035-1041.

Fellman, C.D.; Read, P.E.; Hosier, M.A. 1987. Effect of thidiazuron and CPPU on meristem formation and shoot proliferation, HortScience 22 (6):1197-1200.

Herrera, J.; Alizaga, R.; Guevara, E. 1994. Efecto del forclorfenurón sobre la ramificación y floración de la china (*Impatiens balsamina*). Agronomía Costarricense (aceptado para su publicación).

Karanov, E.; Iliev, L.; Georgiev, G.T.S.; Tsoleva, M.; Alexieva, V.; Puneva, Y. 1992. Physiology and application of phenylurea cytokinins. In: Progress in Plant Growth Regulation. Edited by C.M. Karssen; L.C. Van Loon; D. Vreugdenhil.

Nanda, K.K.; Sood, V. 1985. Impatiens balsamina. In: Handbook of Flowering. Vol. III. Edited by A.H. Halevy. CRC Press, Boca Ratón, Florida. pp. 187-199.

Nooden, L.D.; Letham, D.S. 1993. Cytokinin metabolism and signalling in the soybean plant. Aust. J. Plant Physiology. 20: 639-653.

Mok, C.; Mok, D.W.S.; Turner, J.E.; Mujer, C.V. 1987. Biological and biochemical effects of cytokinin-active phenylurea derivatives in tissue culture sustems. HortScience 22 (6): 1194-1197.

O'Hara, C.; Peterson, C.M.; Truelove, B.; Duke, R. Stimulation of pod and ovule growth of soybean Glycine max (L.) Merr. by 6-benzulaminopurine. Annals of Botany 71:193-199.

Tartarini, S.; Sansavini, S.; Ventura, M. 1993. CPPU control of fruit morphogenesis in apple. Scientia Horticulturae 53:273-279.