



Agrociencia

ISSN: 1405-3195

agrocien@colpos.mx

Colegio de Postgraduados

México

Carrillo Mendoza, Omar; Rodríguez Alcázar, Jorge; Cano Medrano, Raquel; López Jiménez, Alfredo
Aplicación foliar de urea y sacarosa y su efecto en el acondicionamiento de planta de vivero y
producción de fresa (*FragariaXananassa* Duch.) CP 99-3a
Agrociencia, vol. 39, núm. 2, marzo-abril, 2005, pp. 195-204
Colegio de Postgraduados
Texcoco, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30239207>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

APLICACIÓN FOLIAR DE UREA Y SACAROSA Y SU EFECTO EN EL ACONDICIONAMIENTO DE PLANTA DE VIVERO Y PRODUCCIÓN DE FRESA (*Fragaria*×*ananassa* Duch.) 'CP 99-3A'

FOLIAR APPLICATION OF UREA AND SUCROSE, THEIR EFFECTS ON NURSERY PLANT CONDITIONING AND PRODUCTION OF STRAWBERRY(*Fragaria*×*ananassa* Duch.) 'CP 99-3A'

Omar Carrillo-Mendoza, Jorge Rodríguez-Alcázar, Raquel Cano-Medrano y Alfredo López-Jiménez

Fruticultura. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México.
Teléfono y Fax: 01 (595) 95 20233. (omarc@colpos.mx)

RESUMEN

Problemas de vigor y contenido de reservas causan retrasos en el desarrollo o pérdida de la planta de fresa. Se evaluó la aplicación foliar de urea y sacarosa a fresa en vivero para obtener plantas hijas con mayor vigor, madurez y contenido de reservas, con el fin de mejorar su desempeño después del trasplante. Se estudió urea (0, 1 y 2%), sacarosa (0 y 8%) y su interacción en un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial de los tratamientos. La interacción urea por sacarosa fue significativa ($p \leq 0.05$) para materia seca (MS) de raíz y tallo; urea y sacarosa, por separado, fueron significativos ($p \leq 0.05$) para MS de hojas e inflorescencias. Urea (1%) incrementó (19%; $p \leq 0.05$) el contenido de azúcares solubles totales de tallo. El contenido de nitrógeno reducido en raíz y tallo aumentó con la urea, pero se redujo con la sacarosa ($p \leq 0.05$). Los tratamientos no afectaron ($p > 0.05$) la tasa fotosintética, la acumulación de almidón, la precocidad de la floración, ni el rendimiento de fruto de las plantas hijas.

Palabras clave: *Fragaria*×*ananassa*, carbohidratos, plantas hijas, rendimiento, vigor.

INTRODUCCIÓN

Una plantación de fresa se establece con plantas producidas en viveros especializados. La calidad de las plantas debe ser aceptable: raíces abundantes, coronas múltiples y gruesas con muchas yemas diferenciadas y alto contenido de carbohidratos, para establecerse rápidamente en el terreno, con producción precoz y alto rendimiento (Stapleton *et al.*, 2001).

El contenido de carbohidratos de la planta hija de fresa influye en el establecimiento de la plantación y rendimiento de fruto (Schupp y Hennion 1997). Existe controversia respecto a la función del nitrógeno con la floración: niveles altos de nitrógeno inhiben la floración y promueven el crecimiento vegetativo (Galleta y Bringhurst, 1990); el contenido de nitrógeno en plantas inducidas a floración por días cortos es mayor que en las

ABSTRACT

Problems with vigor and reserve content cause delays in the development or loss of strawberry plants. Foliar application of urea and sucrose to obtain more vigorous mature daughter plants with higher reserve content was evaluated for improved performance after transplant. Urea (0, 1 and 2%), sucrose (0 and 8%), and their interaction were studied in a complete random block design with a factorial arrangement of treatments. The interaction urea×sucrose was significant ($p \leq 0.05$) for root and stem dry matter; urea and sucrose individually were significant ($p \leq 0.05$) for leaf and inflorescence dry matter. Urea (1%) increased the content of total soluble sugars in the stem (19%; $p \leq 0.05$). The reduced nitrogen content in root and stem increased with urea, but decreased with sucrose ($p \leq 0.05$). The treatments did not affect ($p > 0.05$) photosynthetic rate, starch accumulation, earliness of flowering, nor fruit yield of the daughter plants.

Key words: *Fragaria*×*ananassa*, carbohydrates, daughter plants, yield, vigor.

INTRODUCTION

Strawberry plantations are established with plants produced in specialized nurseries. Plant quality should be acceptable: abundant roots, multiple thick crowns with many differentiated buds and a high content of carbohydrates in order to adapt rapidly in the field; production should be early and yield high (Stapleton *et al.*, 2001).

Carbohydrate content of the daughter plant affects the establishment of the plantation and fruit yield (Schupp and Hennion, 1997). There is a controversy as to the function of nitrogen in flowering: high nitrogen contents inhibit flowering and promote vegetative growth (Galleta and Bringhurst, 1990); the nitrogen content in plants induced to flower for short days is greater than in non-induced plants (Yamasaki *et al.*, 2000). In citrus species (*Citrus* spp.) there is a close relationship among intensity of flowering and reduced nitrogen content and polyamines, which increase in plants with foliar

Recibido: Enero, 2004. Aprobado: Enero, 2005.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 39: 195-204. 2005.

no inducidas (Yamasaki *et al.*, 2000). En cítricos (*Citrus* spp.) hay una estrecha relación entre la intensidad de la floración y el contenido de nitrógeno reducido y poliaminas, que se incrementa en la planta con aplicaciones foliares de urea (Lovatt, 1990). Pero no hay cambio en el contenido de poliaminas en la transición del estado vegetativo a floral en fresa (Zhang *et al.*, 2000).

Se ha inyectado sacarosa al tronco o tallo de mandarino (Iglesias *et al.*, 2001); aspersiones foliares en frijol (Alvim, 1960), soya (Martignone y Nakayama, 1983), jitomate (Wien, 1997) y pistache (*Pistachia vera*) (Arzani y Hokmabadi, 2002), y en tomate (*Physalis ixocarpa*) (Villegas *et al.*, 2001). Esos autores demostraron que la aplicación exógena de azúcares incrementa el vigor y rendimiento de órganos de interés económico. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de urea y sacarosa en plantas madre e hijas de fresa en vivero en la obtención de plantas de fresa para trasplante vigorosas, con mayor contenido de reservas, así como evaluar la posterior precocidad y producción de fruto. La hipótesis fue que la aplicación foliar de urea y sacarosa incrementa el vigor, las reservas de carbohidratos y nitrógeno reducido en plantas hijas de fresa, aumentando su precocidad y productividad después del trasplante.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se efectuó en el huerto San José, del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Estado de México. La altitud es 2250 m, el clima templado con temperatura media anual de 15.35 °C y precipitación anual de 574.25 mm (García, 1987). El experimento comenzó el 8 de abril de 2002 con la plantación del vivero en campo con la selección de fresa CP 99-3A, que es de día corto y buena productora de estolones (100 plantas hijas producidas por planta madre); se utilizó planta micropropagada, con cuatro meses de aclimatación en invernadero. Se plantó a una distancia de 1 m entre surcos y 0.5 m entre plantas. En el vivero se aplicaron los tratamientos desde la última semana de septiembre, o sea, 169 d después de la plantación del vivero (DDPV).

Tratamientos

Los tratamientos tuvieron un arreglo factorial 3×2 (0, 1 y 2% urea; 0 y 8% sacarosa) y se aplicaron mediante aspersión foliar a las plantas madres e hijas, con cuatro aplicaciones a intervalos catorcenales a partir de los 169 DDPV.

Variables

Fase de vivero

Las variables se midieron en cinco plantas hijas por unidad experimental, identificadas como primarias con una sola corona o tallo

aplicaciones de urea (Lovatt, 1990). But there is no change in polyamine content in the transition from the vegetative to the flowering stage in strawberries (Zhang *et al.*, 2000).

Sucrose has been injected into the trunk or stem of tangerine (Iglesias *et al.*, 2001); sprayed on foliage of beans (Alvim, 1960), soybeans (Martignone and Nakayama, 1983), tomato (Wien, 1997), and pistachios (*Pistachia vera*) (Arzani and Hokmabadi, 2002), and husk tomato (*Physalis ixocarpa*) (Villegas *et al.*, 2001). Those authors showed that exogenous application of sugars increases vigor and yield of organs of economic interest. The objective of the present study was to evaluate the effect of foliar application of urea and sucrose on mother and daughter strawberry plants in a nursery, to obtain vigorous strawberry plants with higher reserve content for transplanting and to evaluate earliness and yield of the fruit. The hypothesis was that foliar application of urea and sucrose would increase vigor, carbohydrate reserves and reduced nitrogen in daughter strawberry plants, thus increasing earliness and productivity after transplant.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in the San José Garden of the Colegio de Postgraduados in Montecillo, State of México. Altitude is 2250 m; climate is temperate with mean annual temperature of 15.35 °C and annual rainfall of 574.25 mm (García, 1987). The experiment began on April 8, 2002, with planting in the nursery of the strawberry selection CP99-3A, which is short-day and a good producer of runners (100 daughter plants per mother plant). Micropropagated plants were acclimatized for four months in a greenhouse and planted in rows 1 m apart with 0.5 m between plants. In the nursery treatments were applied as of the last week of September, 169 d after planting in the nursery (DDPV).

Treatments

The treatments had a 3×2 factorial array (0, 1 and 2% urea; 0 and 8% sucrose). The treatments were applied by foliar spraying on the mother and daughter plants, with four applications at fourteen day intervals beginning on 169 DDPV.

Variables

Nursery phase

The variables were measured in five daughter plants per experimental unit, identified as primary, with a single crown or main stem. Before the first application, and 3 and 7 d after each application, the photosynthetic rate was measured with a portable system, model LI-6200 (LI-COR Inc.). Starch accumulation in root cells was measured with the Bringhurst *et al.* (1960) method 13 d after each application. Root, stem, leaf and inflorescence dry matter (MS) in daughter plants

principal. Antes de la primera aplicación, y a los 3 y 7 d después de cada aplicación, se midió la tasa fotosintética con un sistema portátil modelo LI-6200 (LI-COR Inc). Se midió la acumulación de almidón en células de raíz mediante el método de Bringham *et al.* (1960) 13 d después de cada aplicación. En plantas hijas se cuantificó materia seca (MS) de raíces, tallos, hojas e inflorescencias, mediante secado en estufa por 72 h a 70 °C y pesado en balanza; así como el contenido de azúcares totales con el método de antrona (Witham *et al.*, 1971), y el contenido de nitrógeno reducido usando el método de Nessler (Alcántar y Sandoval, 1999) en hojas, tallos y raíces provenientes de plantas hijas muestreadas a los 225 DDPV, 14 d después de la última aplicación de tratamientos.

Fase de invernadero

Las plantas hijas se arrancaron del vivero en la primera semana de enero (273 DDPV); como índice de cosecha se tomó el método de Bringham *et al.* (1960). De las plantas hijas arrancadas, un grupo de seis plantas por unidad experimental se refrigeraron a 2 ± 1 °C por 7 d y se trasplantaron a invernadero en bolsas que contenían sustrato a base de peat moss y suelo (proporción 3:1), para evaluar inicio de floración, inflorescencias producidas por planta, frutos producidos por planta, rendimiento y coronas por planta. Los componentes de rendimiento se midieron de forma acumulada 196 d después del trasplante.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones. En vivero, para conformar las unidades experimentales se delimitaron áreas de 4 m² (1 m ancho de surco por 4 m longitud) separadas para evitar traslape de tratamientos. Se hizo análisis de varianza, prueba de medias de Tukey y correlación usando SAS (SAS, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase de vivero

Materia seca de raíces, hojas, tallos e inflorescencias

Hubo efecto significativo ($p\leq 0.05$) de la interacción urea por sacarosa para MS de raíz, tallo e inflorescencia (Cuadro 1). El tratamiento sin urea con 8% de sacarosa produjo la mayor MS de raíz; la adición de urea 2% a sacarosa 8%, afectó negativamente en la acumulación de MS de raíz respecto a sacarosa 8% sin urea, aunque fueron superiores al testigo. Cuando no se aplicó sacarosa, urea al 1 y 2% incrementó la MS de raíz respecto a urea 0%; urea 1% sin sacarosa y urea 2% + sacarosa 8% incrementó la MS de tallo. En MS de hojas e inflorescencias no hubo efecto de la interacción urea por sacarosa (Cuadro 1); pero urea al 1 y 2% o sacarosa al 8% elevaron significativamente la MS de hoja e inflorescencia con respecto al testigo.

was quantified by drying in an oven at 70 °C for 72 h and weighed on a balance, while total sugar content was measured using the anthrone method (Witham *et al.*, 1971), and the content of reduced nitrogen was determined with the Nessler method (Alcantar and Sandoval, 1999) in leaves, stem and roots from the daughter plants sampled at 225 DDPV, 14 days after the last application of the treatments.

Greenhouse phase

Daughter plants were pulled up from the nursery in the first week of January (273 DDPV). The Bringham *et al.* (1960) method was used as the harvest index. Of the daughter plants harvested, a group of six plants per experimental unit was refrigerated at 2 ± 1 °C for 7 d and transplanted to a greenhouse in bags with a peat moss and soil-based substrate (3:1) for evaluation of initial flowering, inflorescences produced per plant, fruits produced per plant, yield and crowns per plant. The yield components were quantified accumulatively 196 d after transplant.

Experimental design and statistical analysis

A complete random block design with six treatments and four replications was used. In the nursery, to make up the experimental units, 4 m² areas (1-m-wide×4-m-long row) were delimited, separated to avoid overlapping of the treatments. Analysis of variance, Tukey test of means and correlation were performed using SAS (SAS, 2001).

RESULTS AND DISCUSSION

Nursery phase

Dry matter of roots, stems and inflorescences

There was a significant effect ($p\leq 0.05$) of the interaction urea x sucrose for root, stem and inflorescence dry matter (DM) (Table 1). The treatment without urea with 8% sucrose produced the most root DM; the addition of 2% urea to 8% sucrose negatively affected the accumulation of root DM, relative to 8% sucrose without urea, although this was higher than the control. When sucrose was not applied, 1 and 2% urea increased root DM, relative to 0% urea; 1% urea without sucrose and 2% urea + 8% sucrose increased stem DM. In leaf and inflorescence DM there was no effect of the interaction urea×sucrose (Table 1), but 1 and 2% urea as well as 8% sucrose significantly increased leaf and inflorescence DM compared with the control.

Urea increased vigor of the daughter plants because it is a source of nitrogen, which participates in the formation of amino acids of plants. The application of N stimulates growth and there is greater vegetative vigor in the plant (Marschner, 1990).

Cuadro 1. Materia seca de raíz, tallo, hoja e inflorescencia en plantas hijas de fresa 'CP 99-3A' con aplicaciones repetidas de urea y sacarosa en vivero (medias de 20 plantas).**Table 1. Root, stem, leaf and inflorescence dry matter in daughter plants of 'CP99-3a' strawberry with repeated applications of urea and sucrose in the nursery (means of 20 plants).**

Urea (%)	Sacarosa (%)	Materia seca (g)			
		Raíz	Tallo	Hoja	Inflorescencia
0	0	1.54 c [†]	1.46 c	8.18 a	1.65 a
0	8	2.34 a	1.70 bc	12.43 a	1.74 a
1	0	2.08 ab	2.43 a	10.89 a	1.81 a
1	8	2.02 ab	1.95 abc	12.66 a	2.40 a
2	0	2.01 ab	1.69 bc	10.15 a	1.97 a
2	8	1.87 bc	2.30 ab	13.89 a	2.25 a
Urea(%)					
0		1.94 a	1.58 b	10.30 b	1.70 b
1		2.05 a	2.19 a	11.78 a	2.10 a
2		1.94 a	1.99 a	12.02 a	2.11 a
Sacarosa (%)					
0		1.87 b	1.86 a	9.74 b	1.81 b
8		2.08 a	1.98 a	12.99 a	2.13 a

[†] Medias con diferente letra en una columna son diferentes ($p \leq 0.05$).

La urea aumentó el vigor de las plantas hijas porque es una fuente de nitrógeno que participa en la formación de los aminoácidos de las plantas. La aplicación de N estimula el crecimiento y hay un mayor vigor vegetativo en la planta (Marschner, 1990).

La sacarosa también incrementó el tamaño de las plantas hijas de fresa. Al respecto, Alvim (1960) encontró que la aplicación de sacarosa incrementó la tasa de asimilación neta, la superficie foliar y la tasa relativa de crecimiento en frijol, y la MS acumulada aumentó en 16.4%. Martignone y Nakayama (1983) también encontraron mayor acumulación de MS en tallo, hoja y órganos reproductivos de frijol, así como mayor peso específico foliar al aplicar urea y sacarosa en forma conjunta y repetida.

Sacarosa al 8% incrementó la MS de la raíz (Cuadro 1); Alvim (1960) encontró que la aplicación de AG_3 incrementaba el vigor de la parte aérea de frijol en detrimento del sistema radical, pero si se añadía sacarosa a 10% a la solución de AG_3 no se reducía el peso seco de raíz.

Azúcares solubles totales

Hubo interacción ($p \leq 0.05$) entre aplicaciones de urea y sacarosa para el contenido de azúcares solubles totales en tallo de fresa CP 99-3A en vivero (Cuadro 2). El tratamiento urea 1% + sacarosa 0% superó al tratamiento testigo sin urea ni sacarosa. Sólo en tallo hubo significancia, probablemente porque es un órgano de almacenamiento y las bajas temperaturas a partir de noviembre pudieron ocasionar que la planta movilizara los compuestos aplicados a la corona o tallo. Se encontraron pocos reportes que indiquen si los azúcares aplicados penetran en la hoja, cuáles son sus vías y metabolismo

Sucrose also increased the size of the daughter strawberry plants. In this respect Alvim (1960) found that in beans the application of sucrose increased the rate of net assimilation, leaf area and the relative growth rate, and accumulated DM increased by 16.4%. Martignone and Nakayama (1983) also found greater accumulation of DM in stem, leaf and reproductive organs of bean, as well as higher specific leaf weight when urea and sucrose were applied together repeatedly.

Sucrose (8%) increased root DM (Table 1); Alvim (1960) found that the application of GA_3 increased vigor of the aboveground part of the beans in detriment to the root system, but if 10% sucrose was added to the GA_3 solution, root dry weight did not decrease.

Total soluble sugars

Interaction occurred ($p \leq 0.05$) between applications of urea and sucrose for content of total soluble sugars in the stem of the strawberry CP99-3A in the nursery (Table 2). The treatment 1% urea + 0% sucrose surpassed the control treatment without urea or sucrose. Only in the stem were the results significant, probably because it is a storage organ and the low temperatures beginning in November could have caused the plant to mobilize the compounds applied to the crown or stem. Few reports were found that indicate whether the applied sugars penetrate into the leaf or what their pathways are and how it is later metabolized (Arzani and Hokmabadi, 2002); only changes in the accumulation of DM and yield, which are the product of changes in the physiology of several crops, have been found.

posterior (Arzani y Hokmabadi, 2002); sólo se reportaron cambios en la acumulación de MS y rendimiento, producto de cambios en la fisiología de diversos cultivos.

Nitrógeno reducido

No hubo interacción ($p>0.05$) de urea por sacarosa (Cuadro 2). Pero la aplicación de urea incrementó los niveles de nitrógeno reducido en raíz y tallo, mientras que la aplicación de sacarosa disminuyó ($p\leq 0.05$) nitrógeno reducido en tallo. En fresa hay movilización de compuestos nitrogenados de la hoja hacia el tallo y raíz en el otoño por ser órganos de almacenamiento, aunque la aplicación de urea foliar 5% en septiembre hizo una aportación relativamente baja al incremento en las reservas de compuestos nitrogenados en órganos de almacenamiento y es menor al efecto en frutales leñosos (Strik *et al.*, 2004). Cinco días previos al muestreo de las plantas se registró la primera helada (16 de noviembre de 2002, 220 DDPV) con una mínima de $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (estación meteorológica del Colegio de Postgraduados), y durante los siguientes 5 d hubo bajas temperaturas. El crecimiento de las plantas de fresa fue normal hasta la helada y después cesó, lo que probablemente movilizó compuestos nitrogenados a los órganos de almacenamiento, detectándose las diferencias en tallo y raíz.

Acumulación de almidón

No hubo diferencias estadísticas ($p>0.05$) entre tratamientos; el almidón en células de raíz de fresa se acumuló

Reduced nitrogen

There was no interaction ($p>0.05$) between urea and sucrose (Table 2). But the application of urea increased the levels of reduced nitrogen in root and stem, while the application of sucrose decreased ($p\leq 0.05$) reduced nitrogen in the stem. In strawberry there is mobilization of nitrogen compounds from the leaf to root in the fall, since the latter are storage organs; however, the foliar application of 5% urea made a relatively low contribution to the increase in their reserves of nitrogen compounds, and it is lower than the effect in woody fruit species (Strik *et al.*, 2004). Five days previous to the sampling of the plants the first frost occurred (November 16, 2002, 220 DDPV) with a low of $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (meteorological station of Colegio de Postgraduados), and during the following 5 d temperatures were low. The strawberry plants continued normal growth up to the frost, and afterwards ceased, probably causing mobilization of nitrogen compounds to the storage organs and thus differences in stem and root were detected.

Starch accumulation

There were no statistical differences ($p>0.05$) among treatments; the starch in strawberry root cells accumulated over time and as the temperatures fell in fall 2002 (Figure 1). Guttridge (1985) indicated that low temperature is a determining factor in the activating the synthesis and accumulation of starch in strawberry roots.

Cuadro 2. Contenido de azúcares solubles totales en materia fresca (MF) y de nitrógeno reducido en materia seca (MS) de raíz, tallo y hoja en plantas hijas de fresa CP-99 3A con aplicaciones repetidas de urea y sacarosa en vivero de fresa (medias de veinte plantas).

Table 2. Content of total soluble sugars in fresh matter (FM) and of reduced nitrogen in dry matter (DM) of root, stem and leaf of daughter CP99-3A strawberry plants with repeated applications of urea and sucrose in the nursery (means of 20 plants).

Urea (%)	Sacarosa (%)	Azúcares solubles totales (mg g^{-1} MF)			Nitrógeno reducido ($\mu\text{g g}^{-1}$ MS)		
		Raíz	Tallo	Hoja	Raíz	Tallo	Hoja
0	0	0.015 a [†]	0.039 b	0.023 a	63.9 a	76.6 a	54.1 a
0	8	0.025 a	0.046 ab	0.022 a	54.7 a	76.4 a	59.8 a
1	0	0.028 a	0.053 a	0.021 a	70.1 a	131.0 a	66.0 a
1	8	0.022 a	0.041 ab	0.025 a	65.5 a	115.5 a	66.9 a
2	0	0.027 a	0.047 ab	0.024 a	85.2 a	139.3 a	68.7 a
2	8	0.026 a	0.049 ab	0.023 a	72.6 a	110.9 a	62.2 a
Urea (%)							
	0	0.020 a	0.043 a	0.022 a	59.3 b	76.5 b	57.0 a
	1	0.025 a	0.047 a	0.026 a	67.8 a	123.2 a	66.5 a
	2	0.027 a	0.048 a	0.023 a	78.9 a	125.1 a	65.4 a
Sacarosa (%)							
	0	0.023 a	0.046 a	0.022 a	73.1 a	115.6 a	62.9 a
	8	0.024 a	0.045 a	0.023 a	64.3 a	100.9 b	63.0 a

[†] Medias con diferente letra en una columna son diferentes ($p\leq 0.05$).

a través del tiempo y conforme las temperaturas bajaron en el otoño de 2002 (Figura 1). Guttridge (1985) indicó que el frío es un factor determinante para activar la síntesis y acumulación de almidón en raíces de fresa.

Se esperaba acumulación de reservas de carbohidratos más rápida en las plantas tratadas, pero los resultados de MS parecen indicar que la planta aprovechó la urea y sacarosa aplicada para acumular MS, pero no reservas de almidón mientras las temperaturas fueron favorables. El desarrollo de las plantas de fresa no cesó hasta la incidencia de bajas temperaturas en noviembre.

Tasa fotosintética

La aplicación de los tratamientos no afectó ($p>0.05$) la tasa fotosintética. La mayoría de las variedades de fresa cultivada tienen una tasa de fotosíntesis neta de $15\text{--}25\ \mu\text{mol CO}_2\ \text{m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$ (Hancock, 1999); en la selección CP 99-3A la mayoría de las mediciones estuvo entre 13 a $18\ \mu\text{mol CO}_2\ \text{m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$ (Figura 2).

No existieron cambios notables en la tasa fotosintética con la aplicación foliar de urea, aunque se esperaba que esta aplicación incrementara la tasa de fotosíntesis. Moon *et al.* (1990) mencionaron que 70-80% del nitrógeno aplicado a fresa se encuentra en las hojas e incorporado a proteínas como la RUBISCO (ribulosa 1,5-bifosfato carboxilasa/oxigenasa), enzima que cataliza la reacción del CO_2 con la ribulosa 1,5-bifosfato en el inicio de la fase enzimática de la fotosíntesis; por tanto, las aplicaciones de N pueden incrementar la fotosíntesis. En fresa se ha encontrado que el ecotipo silvestre RCP37 tiene mayores tasas de fotosíntesis ($16.1\ \mu\text{mol CO}_2\ \text{m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$) que la variedad cultivada Midway ($13.1\ \mu\text{mol CO}_2\ \text{m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$), ya que el primer cultivar tenía mayores contenidos de RUBISCO y N foliar y puede almacenar más N en forma de RUBISCO (Fallahi *et al.*, 2000).

La aplicación foliar de sacarosa no afectó ($p>0.05$) la actividad fotosintética de la fresa. La actividad fotosintética *in vitro* de fresa disminuye con un incremento en la concentración de azúcar en el medio (Hdider y Desjardins, 1994). En el presente trabajo la sacarosa aplicada foliarmente no parece inhibir la fotosíntesis de fresa en campo, ya que no hubo diferencias significativas.

Fase de invernadero

Inicio de floración

No existieron diferencias estadísticas ($p>0.05$) para los días desde el trasplante hasta la aparición de inflorescencias (Cuadro 3). En todos los tratamientos la emergencia de la primera inflorescencia fue a las ocho semanas después de la plantación. En fresa Sweet Charlie se encontraron correlaciones no consistentes

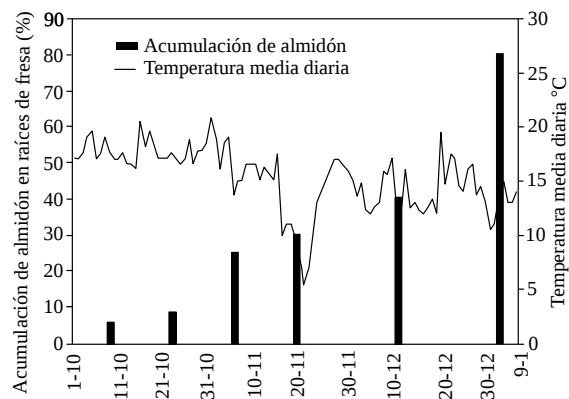


Figura 1. Acumulación de almidón en raíces de plantas hijas de fresa CP 99-3A y temperaturas medias diaria en el otoño-invierno de 2002-2003.

Figure 1. Accumulation of starch in roots of daughter plants of CP99-3A strawberry plants and mean daily temperatures in fall-winter, 2002-2003.

A faster accumulation of carbohydrate reserves was expected in the treated plants, but the results of DM seem to indicate that the plant used the applied urea and sucrose to accumulate DM, but not starch reserves, as long as temperatures were favorable. The growth of the strawberry plant did not cease until the incidence of low temperatures in November.

Photosynthesis rate

The application of the treatments did not affect ($p>0.05$) the rate of photosynthesis. Most of the cultivated strawberry varieties have a net photosynthesis rate of $15\text{--}25\ \mu\text{mol CO}_2\ \text{m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$ (Hancock, 1999); in the CP99-3A selection, most of the measurements were between 13 and $18\ \mu\text{mol CO}_2\ \text{m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$ (Figure 2).

There were no notable changes in the rate of photosynthesis with the foliar application of urea, although it was expected that there would be an increase. Moon *et al.* (1990) stated that 70-80% of the nitrogen applied to strawberry is found in the leaves and incorporated into proteins such as RUBISCO (ribulose 1,5-biphosphate carboxylase/oxygenase), the enzyme that catalyzes the CO_2 reaction with ribulose 1,5 biphosphate at the beginning of the enzymatic phase of photosynthesis. Thus, applications of N can increase photosynthesis. In strawberry, it has been found that the wild ecotype RCP37 has higher rates of photosynthesis ($16.1\ \mu\text{mol CO}_2\ \text{m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$) than the cultivated variety Midway ($13.1\ \mu\text{mol CO}_2\ \text{m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$), since the first cultivar had higher contents of RUBISCO and leaf N and can store more N in the form of RUBISCO (Fallahi *et al.*, 2000).

entre el diámetro inicial del tallo y producción temprana de fruto (Stapleton *et al.* 2001); los tratamientos que incrementaron MS no tuvieron efecto en adelantar la floración.

Inflorescencias producidas por planta, frutos producidos por planta y rendimiento

No hubo diferencias estadísticas ($p > 0.05$) de la interacción y los factores urea y sacarosa en los componentes de rendimiento (Cuadro 3). La aplicación de urea foliar aumenta rendimientos en diversos cultivos; en cítricos, el estrés hídrico o la incidencia de bajas temperaturas incrementan los niveles de nitrógeno reducido en la planta, se tiene una floración precoz y mayor con rendimientos más altos, y la aplicación de urea foliar produce los mismos efectos de incremento de compuestos nitrogenados y floración (Lovatt, 1990). En fresa, el estrés hídrico y bajas temperaturas incrementan la floración cuando el fotoperiodo lo permite, pero no se conoce con certeza la influencia de estas dos condiciones con los niveles de nitrógeno reducido en la planta y su influencia en la floración (Guttridge, 1985). En el presente experimento la aplicación de urea foliar incrementó el nivel de nitrógeno reducido en raíz y tallo de fresa, pero no se reflejó en mayor floración y rendimiento. Coincidiendo con esto, Neuweiler (1997) y Strik *et al.* (2004) no encontraron efectos en rendimiento de fresa en primavera con aplicaciones foliares de urea en el otoño previo.

El nivel poliaminas en fresa Chandler no estuvo relacionado directamente con la formación de flores; sólo hubo altos niveles en tejidos jóvenes en desarrollo, como hojas, yemas florales y frutos recientemente formados (Zhang *et al.*, 2000). El nivel de nitrógeno es mayor en coronas, ápices de brotes, hojas jóvenes y raíces de plantas de fresa Nyoko inducidas a floración (Yamasaki *et al.*, 2000).

Existió una correlación positiva ($p \leq 0.05$) pero baja entre el contenido de nitrógeno reducido de tallo y número de inflorescencias, frutos y rendimiento ($r = 0.37, 0.38, 0.28$). No hubo correlación significativa ($p > 0.05$) entre contenido de azúcares solubles totales en tallo y número de inflorescencias, número de frutos y rendimiento ($r = 0.33, 0.31, 0.26$). Se ha reportado correlación alta entre el contenido de reservas de carbohidratos y establecimiento en campo y rendimiento en fresa (Schupp y Henion, 1997). La ausencia de correlación se puede deber a que no se incrementó el contenido de azúcares solubles totales y rendimiento con los tratamientos aplicados en el presente estudio.

Tampoco se registró correlación significativa ($p > 0.05$) entre MS de hoja, MS de tallo, diámetro de tallo y MS de raíz con número de inflorescencias ($r = 0.34, 0.21, 0.14$,

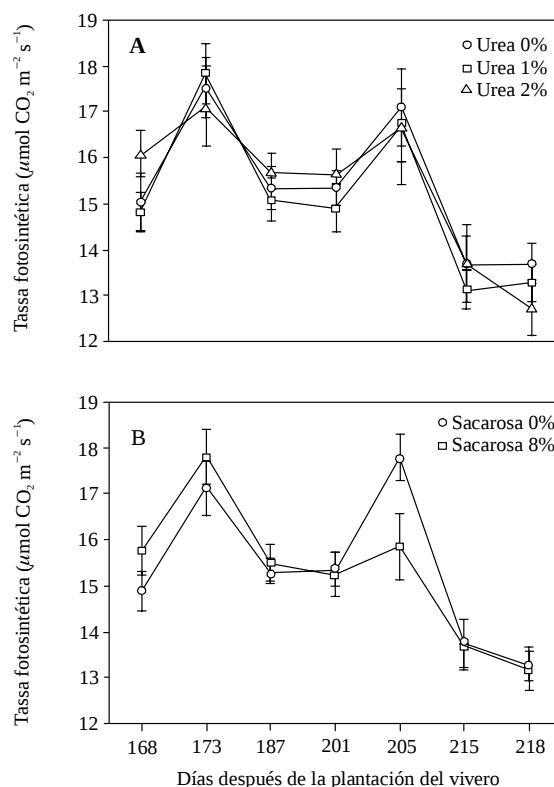


Figura 2. Efecto de las aplicaciones de urea A) y sacarosa B) en la tasa fotosintética de plantas hijas de fresa CP 99-3A en fase de vivero. Los valores son medias $n=8$ para urea y $n=12$ para sacarosa, $\pm$ error estándar. Las barras del error estándar se muestran cuando son más grandes que el símbolo.

Figure 2. Effect of the applications of urea A) and sucrose B) in the photosynthetic rate of daughter CP99-3A strawberry plants in the nursery phase. The values are means $n=8$ for urea and $n=12$ for sucrose, $\pm$ standard error. The bars of the standard error are shown when they are larger than the symbol.

The foliar application of sucrose did not affect ($p > 0.05$) photosynthetic activity of strawberry. *In vitro* photosynthetic activity of strawberry decreases with an increase in the concentration of sugar in the medium (Hdider and Desjardins, 1994). In our work, the sucrose applied to the foliage did not seem to inhibit photosynthesis of strawberry in the field, as there were no significant differences.

Greenhouse phase

Initiation of flowering

There were no statistical differences ($p > 0.05$) for days from transplant to appearance of inflorescences (Table 3).

Cuadro 3. Inicio de floración y componentes de rendimiento en plantas de fresa CP 99-3A en invernadero de forma acumulada hasta 196 días después del trasplante con aplicaciones repetidas de urea y sacarosa en vivero (medias de veinte plantas).**Table 3. Initiation of flowering and yield components in CP99-3A strawberry plants in the greenhouse, accumulated 196 d after transplant, with repeated applications of urea and sucrose in the nursery (means of 20 plants).**

Urea (%)	Sacarosa (%)	Inicio de floración (días)	Inflorescencias por planta (número)	Frutos por planta (número)	Rendimiento por planta (g)	Coronas por planta (número)
0	0	54 a [†]	4.87 a	27.01 a	282.95 a	1.7 a
0	8	54 a	5.05 a	27.8 a	291.90 a	1.9 a
1	0	56 a	5.33 a	29.51 a	304.21 a	1.6 a
1	8	56 a	5.29 a	29.09 a	308.35 a	1.9 a
2	0	56 a	5.18 a	28.49 a	297.66 a	1.9 a
2	8	56 a	5.38 a	29.6 a	301.97 a	1.9 a
Urea (%)						
0		54 a	4.9 a	27.4 a	287.4 a	1.8 a
1		56 a	5.3 a	29.3 a	306.2 a	1.7 a
2		56 a	5.2 a	29.0 a	299.8 a	1.9 a
Sacarosa (%)						
0		55 a	5.2 a	28.3 a	294.4 a	1.7 a
8		55 a	5.1 a	28.8 a	300.7 a	1.9 a

[†] Medias con diferente letra en una columna son diferentes ($p \leq 0.05$).

0.19), número de frutos por planta ($r = 0.31, 0.17, 0.14, 0.16$) y rendimiento total acumulado ($r = 0.28, 0.26, 0.15$ y 0.14). Jemali y Boxus (1993) indicaron que el tamaño de la planta es importante como indicador del rendimiento en fresa Gorella, porque el número de flores fue mayor con coronas más gruesas. El rendimiento fue similar en plantas de fresa Chandler sacadas de vivero y clasificadas mediante la longitud de los peciolas como pequeñas, medianas y grandes (Crawford *et al.* 2000). El tamaño de las plantas hijas puede influir en el rendimiento, pero existen otros factores que afectan la producción de fresa, como variedad utilizada, fitosanidad, manejo y condiciones ambientales.

Coronas por planta

No existieron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) en la interacción y los componentes urea y sacarosa para el desarrollo de coronas múltiples a partir de tallos de una corona desde el trasplante y hasta los 196 DDT (Cuadro 3). Guttridge (1985) afirmó que el número de inflorescencias en la planta de fresa puede incrementarse si la respuesta dominante a los nutrimentos es la producción de más coronas y, por tanto, mayor posibilidad de lugares donde se tengan ejes florales.

Los tratamientos no incrementaron el número de coronas después del trasplante y, por tanto, no se obtuvieron aumentos en el rendimiento total.

CONCLUSIONES

La aplicación foliar de urea y sacarosa en vivero de fresa CP 99-3A aumentó el vigor de las plantas hijas de

In all treatments emergence of the first inflorescence was eight weeks after planting. In Sweet Charlie strawberries, inconsistent correlations were found between initial stem diameter and early fruit production (Stapleton *et al.*, 2001). The treatments that increased DM had no effect on earliness of flowering.

Inflorescences produced per plant, fruits produced per plant and yield.

There were no statistical differences ($p > 0.05$) for interaction and the factors urea and sucrose in the yield components (Table 3). Foliar application of urea increases yields in several crops: in citrus species, water stress or the incidence of low temperatures increase levels of reduced nitrogen in the plant, it flowers earlier and more abundantly, and yields are higher, while foliar application of urea produces the same effects of increased nitrogen compounds and flowering (Lovatt, 1990). In strawberry, water stress and low temperatures increase flowering when the photoperiod permits, but it is not known with certainty what influence these two conditions have on levels of reduced nitrogen in the plant or how it influences flowering (Guttridge, 1985). In the present experiment application of foliar urea increased the level of reduced nitrogen in strawberry root and stem, but this was not reflected in greater flowering or yield. Coinciding with this finding, Neuweiler (1997) and Strik *et al.* (2004) found no effects in strawberry yield in spring with foliar applications of urea the previous fall.

The level of polyamines in Chandler strawberry was not directly related to the formation of flowers; there were only high levels in young developing tissues such as

fresa, medido en la materia seca de raíces, tallos, hojas e inflorescencias de plantas hijas. La aplicación de urea 1% sin sacarosa incrementó el contenido de azúcares solubles totales en tallo. El contenido de nitrógeno reducido en raíz y tallo aumentó con urea 1 y 2%, pero disminuyó con la sacarosa 8%. La acumulación de reservas de almidón y la tasa de fotosíntesis, la precocidad y rendimiento de plantas hijas trasplantadas a invernadero no cambiaron con los tratamientos.

LITERATURA CITADA

- Alcántar, G. G., y M. Sandoval V. 1999. Manual de Análisis de Tejido Vegetal. Publicación especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C. Chapingo, Méx. 370 p.
- Alvim, P. 1960. Net assimilation rate and growth behavior of beans as affected by giberellic acid urea and sugar sprays. *Plant Physiol.* 35: 285-288.
- Azani, K., and H. Hokmabadi. 2002. Effects of some carbohydrates on qualitative and quantitative traits of pistachio nuts cv. Kalleh-Ghoochi. *Acta Hort.* 594: 291-295.
- Bringhurst, R. S., V. Voth, and V. D. Hook. 1960. Relationship of root starch content and chilling history to performance of California Strawberries. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 75: 373-381.
- Crawford, T. D., D. G. Himelrick, J. L. Sibley, and J. A. Pitts. 2000. Effects of runner plant size on performance of strawberry plug plants. *Small Fruits Rev.* 1: 15-21.
- Fallahi, E. R., J. W. Moon, Y. Huang, and R. Jensen. 2000. Effects of ribulose 1,5 biphosphate carboxylase/oxygenase content, leaf nitrogen and leaf morphology on CO₂ assimilation in strawberry genotypes. *Acta Hort.* 527: 177-183.
- Galleta, G. J., and R. S. Bringhurst. 1990. Strawberry management. In: Galleta, G. J., and D. G. Himelrick (eds). *Small Fruit Crop Management*. Prentice Hall. Englewood Cliffs, USA. pp: 83-156.
- García, E. 1987. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köpen para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. 217 p.
- Guttridge, C. G. 1985. *Fragaria x ananassa*. In: Halvey, A. H. (ed) *CRC Handbook of Flowering*, Vol. III. CRC Press. Boca Raton, USA. pp: 16-33.
- Hancock, J. F. 1999. *Strawberries*. CABI Publishing, Cambridge, U. K. 237 p.
- Hidder, C., and X. Desjardins. 1994. Effects of sucrose on photosynthesis and PEP carboxylase activity of in vitro cultured strawberry plantlets. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 36: 21-33.
- Iglesias, D. J., F. R. Tadeo, F. Legaz, E. Primo-Millo, and M. Talon. 2001. *In vivo* sucrose stimulation of colour change in citrus fruit epicarps: Interactions between nutritional and hormonal signals. *Physiol. Plant.* 112: 244-250.
- Jemmali, A., and P. Boxus. 1993. Early estimation of strawberry floral intensity and its improvement under cold greenhouse. *Acta Hort.* 348: 357-359.
- Lovatt, C. J. 1990. The role of nitrogen in citrus flowering and fruit set. *Low-input citrus management*. University of California. Riverside, USA. 10 p.
- Lovatt, C. J., and H. Cheng. 1990. Comparison of some aspects of nitrogen metabolism of avocado and citrus. *Acta Horti.* 275: 489-455.
- Marschner, H. 1990. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press. San Diego, USA.
- Martignone, R. A., y F. Nakayama. 1983. Fertilización foliar con urea y sacarosa en soya. *Phyton* 43: 167-178.

leaves, flower buds and recently formed fruits (Zhang *et al.*, 2000). The concentration of nitrogen is greater in crowns, bud apexes, young leaves and roots of Nyoko strawberry induced to flowering (Yamasaki *et al.*, 2000).

There was a positive, but low, correlation ($p \leq 0.05$) between reduced nitrogen content and number of inflorescences, fruits, and yield ($r = 0.37, 0.38, 0.28$). There was no significant correlation ($p > 0.05$) between total soluble sugar content in stem and number of inflorescences, number of fruits or yield ($r = 0.33, 0.31, 0.25$). Carbohydrate reserve content has been highly correlated with establishment in the field and yield in strawberry (Schupp and Henion, 1997). In our study, the absence of correlation could be due to the fact that the content of total soluble sugars and yield did not increase with the applied treatments.

Nor was there significant correlation ($p \leq 0.05$) between leaf DM, stem DM, stem diameter or root DM and number of inflorescences ($r = 0.34, 0.21, 0.14, 0.19$), number of fruits per plant ($r = 0.31, 0.17, 0.14, 0.16$) and total accumulated yield ($r = 0.28, 0.26, 0.15, \text{ and } 0.14$). Jemali and Boxus (1993) indicated that the size of the plant is an important indicator of yield in Gorella strawberry because the number of flowers is higher with thicker crowns. However, nursery-grown Chandler strawberry plants classified by length of petioles as small, medium and large (Crawford *et al.*, 2000) had similar yield. Size of the daughter plants can influence yield, but there are other factors that affect strawberry production, such as variety used, plant health, management and environmental conditions.

Crowns per plant

There were no statistical differences ($p > 0.05$) in the interaction and the urea and sucrose components for development of multiple crowns from stems of one crown from transplant to 196 DDT (Table 3). Guttridge (1985) stated that the number of inflorescences on a strawberry plant can increase if the dominant response to the nutrients is the production of more crowns, and therefore, there is greater possibility of places where floral axes can develop.

The treatments did not increase the number of crowns after transplant and, therefore, there were no increases in the total yield.

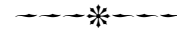
CONCLUSIONS

The foliar application of urea and sucrose on CP99-3A strawberry in the nursery increased the vigor of daughter strawberry plants, measured in root, stem, leaf and inflorescence dry matter of the daughter plants. The application of 1% urea without sucrose increased the content of total soluble sugars in the stem. The content

- Moon, J. W. Jr., D. A. Bailey., E. Fallahi., R. G. Jensen, and G. Zhu. 1990. Effect of nitrogen application on growth and photosynthetic nitrogen use efficiency in two ecotypes of wild strawberry, *Fragaria chiloensis*. *Physiol. Plant.* 80: 612-618.
- Neuweiler, R. 1997. Nitrogen fertilization in integrated outdoor strawberry production. *Acta Hort.* 439: 747-751.
- SAS. 1999. SAS/STAT User's Guide (Release 8.20). SAS Inst. Inc. Cary, NC, USA. 558 p.
- Schupp, J., and B. Hennion. 1997. The quality of strawberry plants in relation to carbohydrate reserves in roots. *Acta Hort.* 439: 617-621.
- Stapleton, S. C., C. Chandler K., D. Legard E., J. Price E., and J. Sumler C. 2001. Transplant source affects fruiting performance and pests of 'Sweet Charlie' strawberry in Florida. *HorTechnology* 11: 61-65.
- Strik B., T. Righetti, and G. Buller. 2004. Influence of rate, timing, and method of nitrogen fertilizer application on uptake and use of fertilizer nitrogen, growth, and yield of june-bearing strawberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129: 165-174.
- Villegas, T. O. G., M. de las N. Rodríguez M., L. I. Trejo T., y G. Alcántar G. 2001. Potencial de la miel de abeja en la nutrición de plántulas de tomate. *Terra* 19: 97-102.
- Wien, H. C. 1997. Transplanting. *In*: Wien H. C. (ed). *The Physiology of Vegetable Crops*, CABI publishing. Cambridge, U. K. pp: 73-121.

of reduced nitrogen in root and stem increased with 1 and 2% urea, but decreased with 8% sucrose. The accumulation of starch reserves and in photosynthetic rate, earliness and yield of daughter plants transplanted to a greenhouse did not change with the treatments.

—End of the English version—



- Witham, F. H., D. F. Blaydes, and R. M. Devlin. 1971. *Experiments in Plant Physiology*. Van Nostrand Reinhold Company. New York. 245 p.
- Yamasaki, A., T. Yoneyama, and F. Tanaka. 2000. Carbon and nitrogen status of flower-induced strawberry as revealed by ¹³C- and ¹⁵N-tracers studies. *Acta Hort.* 514: 301-309.
- Zhang, X., F. M. Woods, R. C. Ebel, D. G. Himelrick, N. K. Singh, and C. Mosjidis. 2000. Possible involvement of polyamines in floral stimulus in springbearing strawberries. *HortScience* 35:3 251.