

RESPUESTAS MORFO-FISIOLOGICAS EN AGLAONEMA COMMUTATUM ANTE CAMBIOS EN LA INTENSIDAD Y CALIDAD DE LA LUZ

A.H. DI BENEDETTO * y J.J. VALIA**

Recibido: 18-08-89

Aceptado: 15-12-89

RESUMEN

Los resultados obtenidos en *Aglaonema commutatum* señalan que: 1) El crecimiento de los primordios foliares es un proceso lento, transcurriendo entre 10 y 12 meses hasta la expansión completa de la hoja. 2) Con la irradiancia más baja ($2,7 \mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$) no se detuvo la producción de hojas, a pesar de hallarse la planta por debajo del punto de compensación lumínica. Esto se debería a que las hojas nuevas son subsidiadas con las reservas del esqueje que se utilizó para la multiplicación. 3) El tamaño del primordio en el momento de iniciarse el experimento influyó directamente sobre el tamaño final de la hoja. 4) Con baja intensidad de luz se producen hojas más pequeñas y de menor espesor, con menor relación largolancho de la lámina. También ocurre una disminución del crecimiento de las raíces. 5) Cuando las plantas son llevadas luego a irradiancias mayores transcurren entre 6 y 8 meses para la aparición de hojas similares a las de los controles. Estos resultados permiten aconsejar modificaciones en la técnica de cultivo y en el uso posterior de esta especie.

Palabras clave: Aglaonema, luz artificial, manejo de cultivo

MORPHO-PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF AGLAONEMA COMMUTATUM PLANTS TO CHANGES IN LIGHT

INTENSITY AND LIGHT QUALITY

SUMMARY

The results obtained have showed that: 1) Adaptation to low light intensities is slower in *Aglaonema commutatum* than in other sun- and shade-plants. Ten to twelve months are required for a leaf, initiated in any of the light treatments, to become fully expanded. 2) Growth at the lowest irradiances ($2,7 \mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$) did not stop despite the negative photosynthetic CO_2 exchange. The growth of new leaves would be then sustained by reserves stored in the cuttings. 3) Leaf size depends on primordium size at the beginning of the experiments. 4) The plants growing at the lowest irradiances expanded smaller and thinner leaves, with a lower length/width ratio. They showed a change in the dry matter partitioning with a poor growth of their root systems. 5) In response to an increase in irradiance after a long period in low light intensities, 6-8 months were required for leaves to develop the same structure as controls in high irradiance. The results have been analyzed with the trasference to ornamental plant growers.

Key words: Aglaonema, artificial light, crop management.

* Cátedra de Floricultura. Departamento de Producción Vegetal. Facultad de Agronomía UBA. Avda. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires - Argentina -

** Cátedra de Botánica Agrícola. Departamento de Ecología. Facultad de Agronomía. UBA. Avda. San Martín 4453. (1417)

INTRODUCCION

El uso de plantas perennes con follaje ornamental que puedan ser aptas para la decoración de lugares umbrosos ha aumentado en forma continua. En estos ambientes es común que la intensidad de la luz fotosintéticamente activa sea parecida, o aún inferior, a la del punto de compensación de gran parte de las especies. Además, la composición espectral proveniente de distintas fuentes artificiales es diferente a la del sol.

Larsen (1979) ha mencionado a varias especies de *Aglaonema* como plantas capaces de soportar intensidades de luz fluorescente tan bajas como $2,67 \mu\text{Em}^{-2}\text{seg}^{-1}$ durante ocho horas por día y aún producir nuevas hojas bajo condiciones en las cuales las especies más umbrófilas en cultivo comercial, como *Chamaedorea elegans* y *Phoenix canariensis*, no podían hacerlo.

La luz de baja intensidad proveniente de distintos tipos de lámparas tiene una relación rojo/rojo lejano superior a 1,0 - 1,2; la cual es mayor que la encontrada en sotobosques (entre 0,15 y 0,35, Smith 1981) y, en estas condiciones, la modulación del crecimiento de algunas especies umbrófilas podría diferir de la que ocurre en habitats naturales (Hurd, 1974; Rajan et al., 1971; Vicent-Prue y Tucker, 1983).

Como consecuencia de estas condiciones artificiales pueden producirse cambios indeseables en la forma y el tamaño de las hojas, limitando el uso de algunas especies ornamentales. Los productores procuran, entonces, cultivar otras plantas con menores requerimientos y ubicarlas en el cultivo en las condiciones más umbrosas compatibles con el crecimiento sin pérdida del valor comercial ("aclimatación" según Collins y Blesington 1981, Conover y Poole, 1981; Fails et al., 1982).

El cultivo y empleo de *A. commutatum* se hace de modo empírico y su difusión se debe a su capacidad para mantenerse en condiciones aceptables con escasa iluminación. No existe información sobre la respuesta de esta especie ante cambios de intensidad y calidad de la luz ni sobre los procesos fisiológicos que los controlan.

El objetivo de este trabajo fue hallar estos datos para irradiancias muy bajas ($2,7$ y $5,4 \mu\text{Em}^{-2}\text{seg}^{-1}$), similares a las de los ambientes donde se usará la planta, y también la respuesta posterior a una irradiancia de $20,0 \mu\text{Em}^{-2}\text{seg}^{-1}$.

MATERIALES Y METODOS

Los ensayos se realizaron en un cuarto de crecimiento con control de temperatura ($25-28^\circ\text{C}$) en la Cátedra de Floricultura (Facultad de Agronomía - U.B.A.).

1) Condiciones Generales

Las plantas fueron obtenidas a partir de esquejes apicales con 3 a 5 hojas expandidas y 3 primordios foliares de más de 0,2 mm (plantas chicas) y se hicieron enraizar en el lugar de origen de las plantas madres (Establecimiento Argenflora, Partido de San Martín, Prov. de Buenos Aires). Luego se trasladaron a macetas de plástico de 8 cm de diámetro, con un sustrato de acículas de pino-turba-perlita 1:2:1 (v/v) y agregando $3,6 \text{ kg/m}^3$ de dolomita (Poole y Conover, 1977).

El número y tamaño de los primordios foliares se determinó diseccionando diez ápices y observándolos en un microscopio estereoscópico.

Se aplicó fertilizante 15-15-15 (2 gr por maceta) inmediatamente después de la plantación, y luego mensualmente. El sustrato fue mantenido en capacidad de campo.

También se usaron plantas de tamaño mediano (5 hojas expandidas y 5 primordios de más de 0,2 mm) que habían sido criadas en el cultivo comercial durante 8 meses.

2) Fuentes luminosas

Las fuentes de luz utilizadas fueron tubos fluorescentes Philips TLF 40W y lámparas mezcladoras Philips ML 250W con reflector externo. Las lámparas de cada tipo se montaron en compartimientos separados.

Debajo de cada fuente (aproximadamente a 20 cm) se colocó una placa de vidrio transparente de 10mm de espesor para interceptar la radiación calórica.

Para lograr las intensidades de luz requeridas al nivel de las plantas ($2,7-5,4$ y $20,0 \mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$) se sombreó con SARAN negro 80%.

Las plantas se irradiaron 8 hs por día con relaciones rojo/rojo lejano de 6,0 para los tubos fluorescentes y 0,8 para las lámparas mezcladoras.

3) Condiciones Experimentales

El ensayo se realizó en dos etapas: en la primera se estudió la adaptación de las plantas a las irradiancias bajas y en la segunda el efecto que tenía su traslado a irradiancias mayores.

4) Medición de los Parámetros Fotosintéticos.

El intercambio neto de CO_2 se midió encerrando las hojas en una cámara de Plexiglas (Sirigor GECh-Siemens) por donde pasaba una corriente de aire. La diferencia en el contenido de CO_2 se midió con un analizador infrarrojo de gases con registrador automático (URAS 2 - Hartman y Braun). Esta medida permite calcular el intercambio neto de carbono dentro de la cámara. La temperatura foliar fue de 25°C y la humedad relativa del aire de $70 \pm 10\%$. Los distintos niveles de irradiancia se consiguieron con dos lámparas de vapor de sodio PHILIPS SON 400W y sombreado con SARAN 80%.

Los distintos niveles lumínicos fotosintéticamente activos (400-700 nm) fueron medidos con un radiómetro (LI-COR, LI 188 SB) provisto de un sensor de densidad de flujo cuántico (LI-COR, LI 190 SB).

El valor del intercambio neto de carbono se midió después de 30 minutos de fotosíntesis constante en seis (6) irradiancias diferentes.

La escotorespiración se midió cubriendo la cámara de asimilación con plástico negro de 200 μm de espesor.

Las mediciones de intercambio neto de carbono se realizaron en todos los casos sobre hojas expandidas cuyos primordios tuvieron menos de 0,2 mm en el momento de comenzar cada etapa del esquema experimental.

Primera Etapa

Adaptación a irradiancias bajas

En el cuarto de crecimiento se colocaron 4 grupos de plantas medianas que recibieron $2,7$ ó $5,4 \mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$ bajo tubos fluorescentes ó lámparas mezcladoras. Este esquema se repitió con plantas chicas, pero agregando dos grupos que recibieron $20,0 \mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$.

La etapa se dio por terminada cuando las plantas expandieron, por lo menos, dos hojas más que el número de primordios presentes en el ápice en el inicio del ensayo. Se aseguró así que los primordios de estas últimas hojas se iniciaron en las condiciones del experimento.

Al inicio y al final del experimento con plantas chicas se cosecharon diez plantas por tratamiento, determinándose el peso seco luego de 48 horas en estufa (80°C) de: raíces, esqueje madre, tallo originado a partir del esqueje madre, bases foliares, pecíolos y láminas.

SEGUNDA ETAPA

Aumento de la irradiancia luego de la adaptación a bajos flujos en la primera etapa

La mitad de las plantas medianas de cada tratamiento a $5,4 \mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$ se llevaron a $20,0 \mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$, permaneciendo el resto, como control, bajo la irradiancia original. Se desecharon las plantas en $2,7 \mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$ debido a que el crecimiento en niveles lumínicos muy bajos había incrementado en forma considerable la heterogeneidad de las plantas.

Se procedió del mismo modo con las plantas chicas, usándose las cultivadas bajo $2,7$ y $5,4 \mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$.

5) Análisis Estadístico

Para ambas etapas del ensayo se usó un diseño estadístico factorial, con dos factores (relaciones rojo/rojo lejano) a dos o tres niveles (intensidades de luz). Los tratamientos fueron contrastados mediante un test de Tuckey al 5%.

RESULTADOS

1 Adaptación a bajas irradiancias

1.1 Area foliar de hojas totalmente expandidas

a) Plantas medianas

En las dos calidades de luz el área foliar de cada una de las nuevas hojas expandidas disminuyó bajo $2,7 \mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$ pero no cambió significativamente con $5,4 \mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$. El área foliar total fue siempre menor con $2,7$ que con $5,4 \mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$ (Cuadro N° 1). Las primeras hojas fueron más grandes cuando las plantas crecieron bajo $5,4 \mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$ de lámparas mezcladoras, aunque el mayor ritmo de aparición de hojas bajo tubos fluorescentes (Fig. 1A) determinó que el área foliar total expandida al finalizar el experimento fuera similar en ambas calidades.

b) Plantas chicas

A diferencia de lo ocurrido en las plantas medianas, la disminución de la irradiancia redujo el área de cada hoja independientemente de la calidad de la luz: las últimas hojas expandidas con $2,7 \mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$ fueron significativamente menores que con $5,4 \mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$, tanto bajo lámparas mezcladoras como con tubos fluorescentes (Cuadro N° 2). Con $20,0 \mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$ las hojas más jóvenes alcanzaron un área

final mayor que las más viejas. El área foliar total aumentó con la irradiancia, pero fue similar en cada intensidad para plantas que crecieron bajo lámparas mezcladoras o tubos fluorescentes.

La tasa de aparición de hojas fue menor a medida que disminuyó la irradiancia, pero no se observó ningún efecto debido a la calidad de luz (Figura 1B).

1.2. Relación largo/ancho de hojas totalmente expandidas

a) Plantas medianas

Este parámetro, utilizado para estimar la forma de las hojas, no se modificó en las expandidas con $2,7$ y $5,4 \mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$ bajo lámparas mezcladoras. Bajo tubos fluorescentes las hojas nuevas mostraron un cambio hacia láminas más cortas y anchas, que se hizo evidente a partir de la sexta hoja expandida (Figura 2A, barras negras).

b) Plantas chicas

No se modificó la forma de las hojas aparecidas en plantas cultivadas con $20,0 \mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$ (Fig. 2B). Con las irradiancias menores se encontró una leve disminución de la relación largo/ancho.

1.3 Distribución de materia seca

El peso seco de la parte aérea se incrementó en relación directa con la irradiancia (Fig. 3A).

El crecimiento radical también fue afectado por las bajas irradiancias: la adaptación a condiciones lumínicas muy umbrosas produjo una importante mortandad inicial de raíces y su posterior reemplazo. Con $2,7$ y $5,4 \mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$ el peso del sistema radical fue menor que el de plantas cosechadas antes de iniciarse el experimento. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con distinta calidad de luz (Fig. 3B).

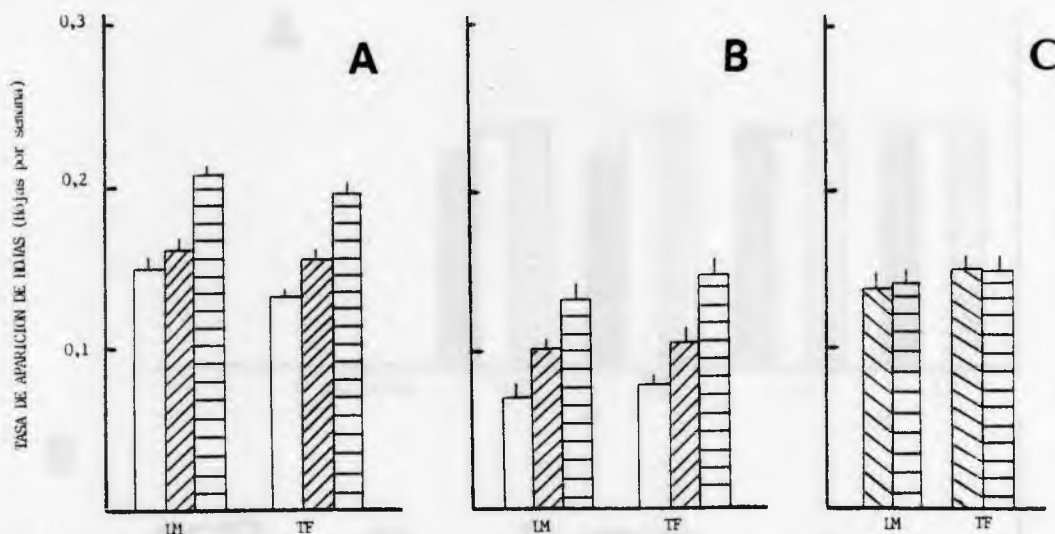


Figura 1:

Efecto de la intensidad y calidad de la luz sobre la tasa de aparición de hojas.

A: Plantas medianas que crecieron en 2,7 (\square) o 5,4 (\boxtimes) $\mu\text{E m}^{-2} \text{seg}^{-1}$ y plantas que luego de completar su adaptación a 5,4 $\mu\text{E m}^{-2} \text{seg}^{-1}$ fueron transferidas a 20,0 $\mu\text{E m}^{-2} \text{seg}^{-1}$ (\boxminus).

B: Plantas chicas que crecieron en 2,7 (\square); 5,4 (\boxtimes) o 20,0 (\boxminus) $\mu\text{E m}^{-2} \text{seg}^{-1}$.

C: Plantas chicas que luego de completar su adaptación a 2,7 (\boxtimes) o 5,4 (\boxminus) $\mu\text{E m}^{-2} \text{seg}^{-1}$ fueron transferidas a 20,0 $\mu\text{E m}^{-2} \text{seg}^{-1}$.

La línea sobre cada barra (promedio de treinta repeticiones) indica el valor del error estandar. LM: lámparas mezcladoras. TF: tubos fluorescentes.

En todos los casos el peso seco final del esqueje madre fue menor que el inicial (Fig. 3C). Bajo luz fluorescente hubo diferencias significativas en las tres intensidades.

1.4 Parámetros fotosintéticos

Las plantas chicas que crecieron en distintas intensidades bajo tubos fluorescentes mostraron variaciones en su respuesta fotosintética ante irradiancias crecientes (Fig. 4).

Se advierte en la figura que los valores de escotorespiración fueron aproximadamente similares, pero de signo contrario, a la tasa fotosin-

tética máxima en la irradiancia más baja. Esto significa que el intercambio neto de carbono fue negativo aún durante el período luminoso.

1.5 Peso foliar específico en plantas chicas

Las hojas de *A. conmutatum* permanecen funcionales por mucho tiempo: luego de 10 meses en las condiciones experimentales no hubo cambios en el peso foliar específico de las hojas que estaban expandidas al iniciarse el ensayo (Fig. 5). En las que lo hicieron durante el mismo disminuyó el peso foliar específico en casi todos los casos siendo, además, más finas en las irradiancias bajas que en la de 20,0 $\mu\text{E m}^{-2} \text{seg}^{-1}$.

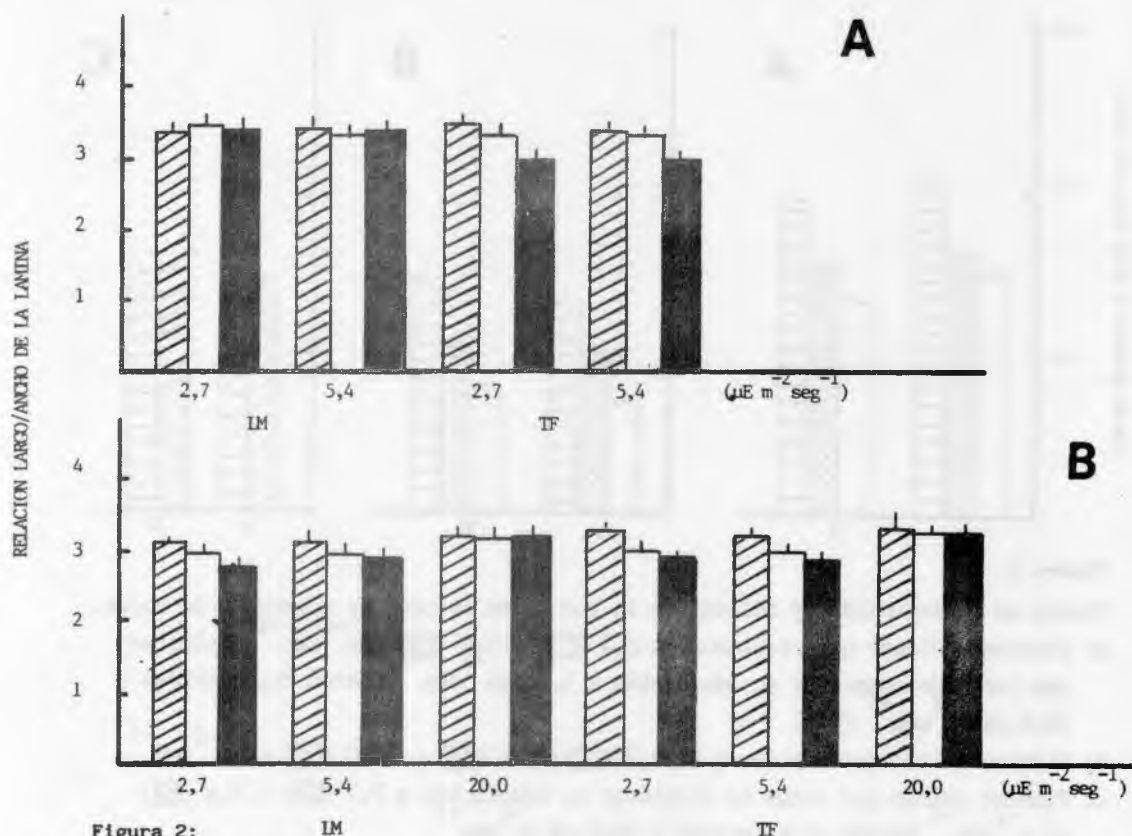


Figura 2:

IM

TF

Efecto de la intensidad y calidad de la luz sobre la relación largo/ancho de la lámina de plantas medianas (A) o chicas (B).

(▨): hojas expandidas antes del inicio del experimento. Hojas cuyos primordios tenían más (□) o menos (■) de 0,2 mm al inicio del experimento.

La línea sobre cada barra (promedio de treinta repeticiones) indica el valor del error estandar. IM: lámparas mezcladoras. TF: tubos fluorescentes.

2. Aumento de la irradiancia luego de la adaptación a bajos flujos luminosos

2.1 Area foliar de hojas totalmente expandidas

a) Plantas medianas

Las hojas nuevas aumentaron su área foliar cuando se aumentó la irradiancia de 5,4 a 20,0 $\mu\text{E m}^{-2} \text{seg}^{-1}$. Las tres primeras hojas aparecidas en esta nueva etapa bajo lámparas mezcladoras fueron más grandes que las que lo hicieron bajo tubos fluorescentes. En

las siguientes los valores tendieron a igualarse (Cuadro N° 1). El área foliar total fue significativamente mayor con tubos fluorescentes debido a la mayor tasa de aparición de hojas en este tratamiento (Fig. 1A).

b) Plantas chicas

El área foliar de la primera hoja expandida en 20,0 $\mu\text{E m}^{-2} \text{seg}^{-1}$ disminuyó en todos los tratamientos respecto de la última hoja expandida durante la adaptación a bajas irradiancias, aumen-

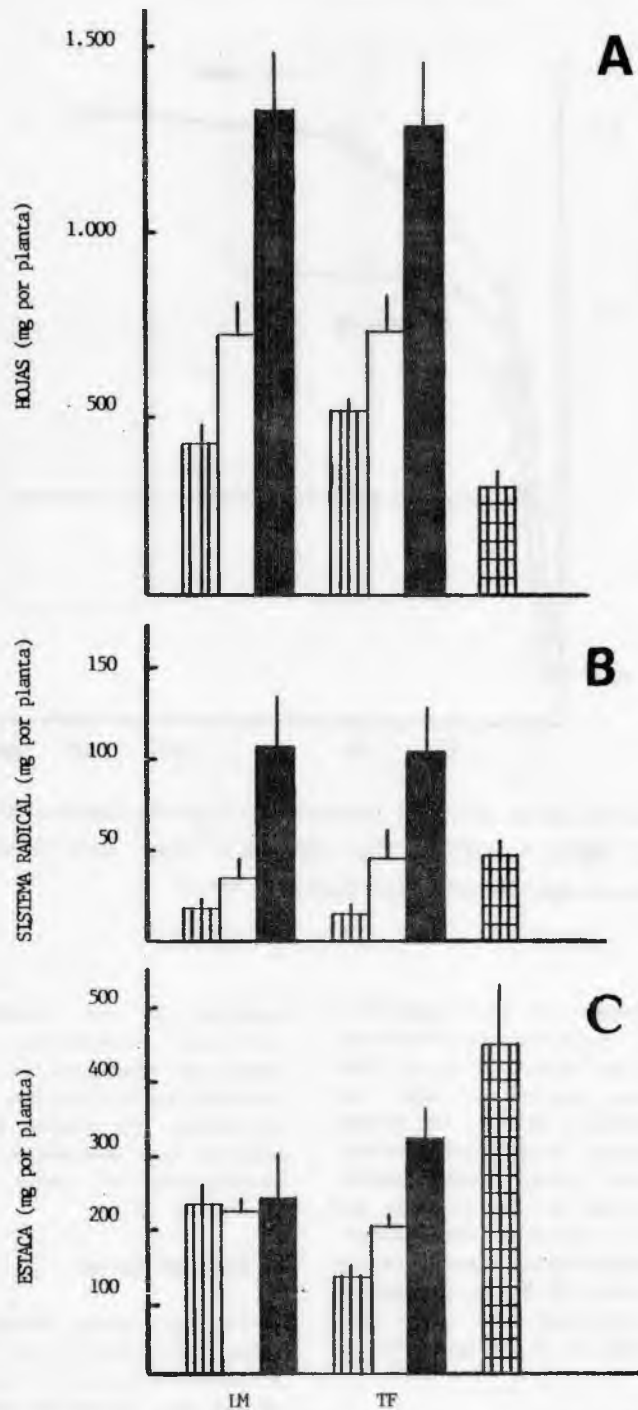


Figura 3:

Efecto de la intensidad y calidad de la luz sobre la acumulación de peso seco particionado en hojas (A), sistema radical (B) y estaca (C) de plantas chicas cultivadas en 2,7 (▨); 5,4 (□) o 20,0 (■) $\mu\text{Em}^{-2}\text{seg}^{-1}$. (▤): peso inicial. La línea sobre cada barra (promedio de diez repeticiones) indica el valor del error estandar. IM: lámparas mezcladoras. TF: tubos fluorescentes.

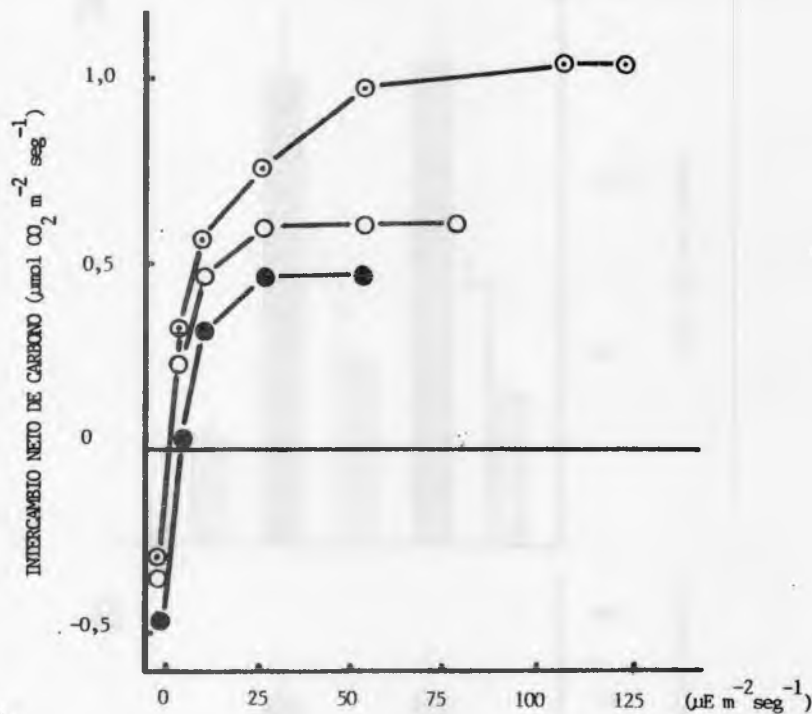


Figura 4:

Efecto de la irradiancia sobre el Intercambio Neto de Carbono en plantas chicas adaptadas a 2,7 (●); 5,4 (○) o 20,0 (⊙) $\mu\text{E m}^{-2} \text{seg}^{-1}$ bajo tubos fluorescentes. Mínima diferencia significativa ($p=0,05$): (—).

tando gradualmente en las siguientes (Cuadro N° 2). Aunque no se observaron diferencias significativas en el área de cada hoja expandida bajo las distintas calidades de luz, las pequeñas diferencias acumuladas determinaron un área foliar total significativamente mayor en las plantas que crecieron bajo lámparas mezcladoras, en las dos intensidades usadas. La tasa de aparición de hojas no mostró diferencias significativas entre distintas calidades de luz (Figura 1C).

2.2 Relación largo/ancho de hojas totalmente expandidas

a) Plantas medianas

A medida que se expandieron nuevas hojas, las plantas que se habían

adaptado en una irradiancia de 5,4 $\mu\text{E m}^{-2} \text{seg}^{-1}$ mostraron, en la nueva condición lumínica, un paulatino incremento en la relación largo/ancho de la lámina. El efecto fue similar en plantas que crecieron bajo lámparas mezcladoras o tubos fluorescentes (Cuadro N° 3).

b) Plantas chicas

En las hojas desarrolladas bajo tubos fluorescentes no se modificó la relación largo/ancho con respecto a la última hoja expandida durante la adaptación a bajas irradiancias. En cambio, en las que crecieron bajo lámparas mezcladoras se redujo este valor en la primera hoja, incrementándose luego paulatinamente hasta alcanzar relaciones similares a las encontradas bajo tubos fluorescentes (Cuadro N°3).

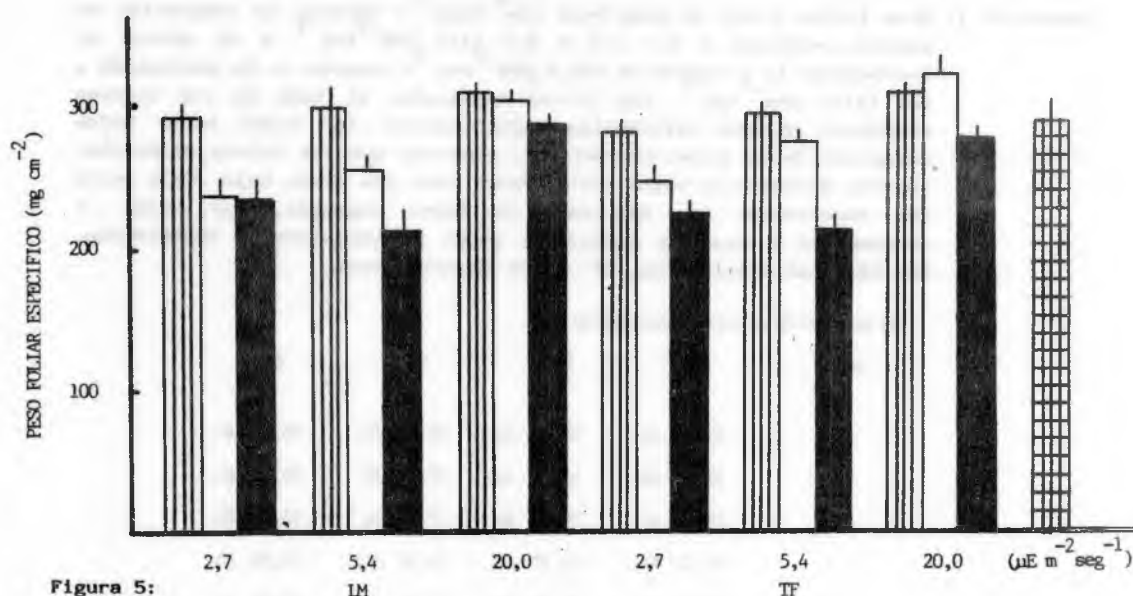


Figura 5:

Peso foliar específico en plantas chicas.

(▨): hojas -1 a -3 al inicio del experimento

(▧): hojas -1 a -3 al final del experimento

(□): hojas 1 a 3

(■): hoja 4

La línea sobre cada barra (promedio de diez repeticiones) indica el valor del error estandar. LM: Lámparas mezcladoras. TF: tubos fluorescentes.

DISCUSION

Con este trabajo se ha intentado describir el efecto de la intensidad y calidad de la luz sobre el crecimiento foliar de *A. commutatum*, para entender sobre bases ecofisiológicas su capacidad de adaptación a condiciones muy umbrosas, lo que ha permitido su introducción con apreciable éxito en el mercado de especies ornamentales.

Los experimentos realizados en condiciones controladas mostraron que el tamaño y forma que pueden alcanzar las hojas son el producto de un proceso complejo, aunque es posible utilizar los resultados obtenidos para sugerir un manejo más racional de esta especie en el cultivo comercial y en su utilización en arreglos ornamentales.

En el cultivo comercial el objetivo principal es obtener la mayor producción con el mínimo costo, estando este último aspecto estrechamente ligado a un mayor aprovechamiento de las estructuras existentes (invernáculos calefaccionados, coberturas, etc.) Para lograrlo, las plantas deben crecer en un ambiente lumínico cercano al punto de saturación, pero no muy por encima de éste, porque en las especies umbrófilas absolutas, como por ejemplo *A. commutatum*, irradiancias muy altas producen fotooxidación de la clorofila y pérdida de calidad comercial (Björkman, 1981).

Durante el invierno existe una marcada disminución de la irradiancia ya que, aunque la radiación fotosintéticamente activa promedio se halla

Cuadro N° 1: Area foliar final de cada hoja ($\text{cm}^2 \text{ hoja}^{-1}$) durante la adaptación de plantas medianas a 2,7 (I) ó 5,4 (II) $\mu\text{Em}^{-2} \text{ seg}^{-1}$ y el efecto de incrementar la irradiancia (20,0 $\mu\text{Em}^{-2} \text{ seg}^{-1}$) después de la adaptación a 5,4 (II*) $\mu\text{Em}^{-2} \text{ seg}^{-1}$. Las letras mayúsculas al lado de los valores numéricos indican diferencias significativas ($p= 0,05$) entre hojas sucesivas de un mismo tratamiento, mientras que las letras minúsculas indican diferencias entre tratamientos para una misma hoja. Cada parte del experimento fue analizada en forma separada. Las hojas -1 corresponden a aquellas expandidas antes de iniciarse el experimento. LM: lámparas mezcladoras. TF: tubos fluorescentes.

A) Adaptación a baja intensidad de luz

Hoja	LM _I	LM _{II}	TF _I	TF _{II}
-1	30,60 Aa	30,70 Aa	32,70 Aa	30,66 Aa
1	30,98 Ab	34,25 Aa	27,70 Bc	30,75 Ab
2	29,68 Ac	36,59 Aa	27,72 Bc	33,16 Ab
3	23,43 Bc	34,39 Aa	23,16 BCc	29,56 Ab
4	20,77 Cb	31,26 Aa	22,97 BCb	28,69 Aa
5	20,23 Cb	31,82 Aa	21,76 Cb	28,75 Aa
6	19,84 Cb	29,73 Aa	19,10 Cb	27,59 Aa
7		30,09 Aa	17,72 Dc	26,48 Ab
8				29,62 A
Total	144,93 b	228,14 a	160,13 b	234,60 a

B) Aumento de la irradiancia luego de la adaptación a bajas intensidades de luz.

Hoja	LM _{II*}	TF _{II*}
1	30,91 Da	30,21 Eb
2	46,60 Ca	37,65 Db
3	49,93 Ba	45,56 Cb
4	52,08 Ba	53,98 Ba
5	53,01 Bd	57,68 Aa
6	56,64 Aa	56,90 Aa
7		56,80 A
Total	297,17 b	349,70 a

aproximadamente en 18 $\text{Em}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ($600 \mu\text{Em}^{-2} \text{ seg}^{-1}$) dentro de un invernáculo de plástico transparente, la utilización de otras coberturas y el estado de muchas de ellas determina que la cantidad de luz que reciben efectivamente las plantas sea mucho menor (Di Benedetto, 1989).

La hoja aislada de *A. commutatum* presenta un punto de saturación lumínica de $50,0 \mu\text{Em}^{-2} \text{ seg}^{-1}$ y, aunque se considera que en las condiciones de cultivo este valor debe duplicarse o triplicarse, la disponibilidad de luz aún en las épocas más críticas, estaría muy por encima de este valor.

Cuadro N° 2: Area final de cada hoja ($\text{cm}^2 \text{ hoja}^{-1}$) durante la adaptación de plantas chicas a 2,7 (I), 5,4 (II) y 20,0 (III) $\mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$ y el efecto de incrementar la irradiancia (20,0 $\mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$) después de la adaptación a 2,7 (I*) ó 5,4(II*) $\mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$.

Las letra mayúsculas al lado de los valores numéricos indican diferencias significativas ($p= 0,05$) entre hojas sucesivas de un mismo tratamiento, mientras que las letras minúsculas indican diferencias entre tratamientos para una misma hoja. Cada parte del experimento fue analizado en forma separada. Las hojas -1 corresponden a aquellas expandidas antes de iniciarse el experimento. LM: lámparas mezcladoras. TF: tubos fluorescentes.

A) Adaptación a baja intensidad de luz

Hoja	LM _I	LM _{II}	LM _{III}	TF _I	TF _{II}	TF _{III}
-1	22,56 Aa	22,28 Aa	23,22 Aa	22,89 Aa	22,91 Aa	21,29 Ba
1	16,36 Bd	18,89 Aa	22,19 Ba	13,83 Cb	14,97 Bb	19,40 Ba
2	18,41 Bb	25,73 Aa	21,25 Bb	17,23 Cb	26,13 Aa	19,61 Bb
3	17,15 Bc	23,59 Ab	32,03 Aa	12,94 Cd	25,87 Ab	30,71 Aa
4	19,77 Bc	24,38 Ab	31,28 Aa	19,78 Bc	24,37 Ab	33,14 Aa
5			28,71 Aa			29,60 Aa
Total	71,69 c	92,59 b	135,46 a	63,78 c	91,43 b	132,46 a

B) Aumento de la irradiancia luego de la adaptación a bajas intensidades de luz.

Hoja	LM _{I*}	LM _{II*}	TF _{I*}	TF _{II*}
1	16,90 Ca	14,78 Da	15,73 Ca	15,78 Ca
2	23,45 Ba	22,01 Ca	19,41 Ba	19,31 Ba
3	24,63 Ba	25,67 Ba	22,12 Ba	21,45 Ba
4	32,58 Aa	33,99 Aa	28,92 Aa	29,15 Aa
Total	97,56 a	96,45 a	86,18 b	85,69 b

Sin embargo, esta irradiancia afectaría el máximo crecimiento de otras especies umbrófilas que se suelen cultivar en el mismo invernáculo como, por ejemplo, *Philodendron scandens*, *Cissus rhombifolia* y *Fatsia japonica* (Araus et al., 1986).

Un aspecto tecnológico crítico durante el invierno es el costo de la calefacción. Para optimizar el gasto por unidad de área existen dos alternativas posibles:

a) aumentar la densidad de plantas en el invernáculo tradicional, sobre las mesas y en sentido vertical. La densidad de plantas de *A. commutatum* puede ser muy alta ya que, aún en los meses de baja radiación, sus requerimientos lumínicos son aproximadamente el 25% de la luz disponible. De todos modos, aunque se llegue al caso extremo de que la radiación que reciben las plantas esté cerca del punto de compensación lumínica, la

Cuadro N° 3: Efecto de un incremento en la irradiancia ($20,0 \mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$) después de la adaptación a 2,7 (I) ó 5,4 (II) $\mu\text{Em}^{-2} \text{seg}^{-1}$ sobre la relación largo/ancho de la lámina. Las letras mayúsculas al lado de los valores numéricos indican diferencias significativas ($p=0,05$) entre hojas sucesivas de una misma planta, mientras que las letras minúsculas indican diferencias entre tratamientos para una misma hoja. Cada experimento fue analizado en forma separada. Las hojas -1 corresponden a aquellas expandidas antes de iniciarse el experimento. LM: lámparas mezcladoras. TF: tubos fluorescentes.

A) Plantas medianas

Hoja	LM _{II}	TF _{II}
-1	3,42 Ca	3,01 Db
1	3,12 Da	3,14 Da
2	3,36 Ca	3,42 Ca
3	3,67 Ba	3,66 Ba
4	3,78 Ba	3,85 Aa
5	4,00 Aa	3,95 Aa
6	4,20 Aa	4,23 Aa

B) Plantas chicas

Hoja	LM _I	LM _{II}	TF _I	TF _{II}
-1	2,85 Aa	2,95 Aa	2,90 Aa	2,93 Aa
1	2,32 Bc	2,66 Bb	2,85 Aa	2,92 Aa
2	2,57 Ba	2,62 Ba	2,61 Ba	2,68 Ba
3	2,59 Ba	2,73 Aa	2,74 Aa	2,70 Ba
4	2,99 Aa	2,93 Aa	2,92 Aa	3,01 Aa

modificación del tamaño y forma de las hojas por las bajas irradiancias sólo afectaría a una o dos de ellas, con lo que la pérdida de calidad comercial sería mínima.

b) utilizar cuartos de crecimientos con fuentes de luz artificial, pues conservan mejor el calor que los invernáculos más eficientes. Los resultados experimentales muestran que el tipo de lámpara utilizada podría modificar el tamaño y forma de las hojas de *A. commutatum* pero, nuevamente, como el período de crecimiento en esas condiciones no sería muy prolongado

(2-3 meses), el efecto final sobre la calidad sería mínimo. Este planteo puede ser posible en esta especie porque, debido a sus bajos requerimientos de saturación, se podría mantener una tasa de crecimiento máxima con un consumo de energía relativamente bajo.

El cultivo de *A. commutatum* durante períodos prolongados bajo tubos fluorescentes con bajas irradiancias redujo el tamaño de las hojas, disminuyó el largo en proporción al ancho y aumentó la tasa de aparición de hojas con respecto a las plantas medianas que crecieron bajo lámparas mezcla-

doras. Por esto, el uso de luz suplementaria o complementaria de determinada relación rojo/rojo lejano permitiría obtener dos fenotipos con características estéticas diferentes.

Durante el verano, debido a los altos costos de refrigeración, el sombreado es la forma usual de disminuir la temperatura en los invernáculos comerciales. La disminución de la radiación, que en especies como **Nephrolepis exaltata** y **Platyserium alcicorni** compromete su crecimiento y aún su supervivencia, no tendría efectos apreciables sobre **A. commutatum**, lo que permitiría tener elevada densidad de plantas por invernáculo, con el correlativo incremento en la productividad por unidad de área.

En la decoración de interiores se necesitan especies de crecimiento lento, que se adapten a condiciones umbrosas sin pérdidas rápidas de calidad estética. **A. commutatum**, cuyo punto de compensación lumínica (aproximadamente $5,0 \mu\text{Em}^{-2}\text{seg}^{-1}$) es similar al de otras especies umbrófilas, sobrevive en irradiancias mucho más bajas ($2,7 \mu\text{Em}^{-2}\text{seg}^{-1}$) porque el crecimiento de las hojas nuevas es subsidiado mucho tiempo por carbohidratos del tallo. En esas condiciones las hojas más viejas no senescen, aunque no pueden aportar fotoasimilados.

Los cambios producidos en el aspecto de la planta como consecuencia

de la intensidad y calidad de la luz que reciben, tal como se deduce de los experimentos, permiten predecir su comportamiento en las decoraciones, así como su rehabilitación por el cultivo dándole un período de alta irradiancia.

Se debe tener en cuenta que, en plantas medianas y en irradiancias bajas, deben expandirse más de 5 hojas (8 a 10 meses) antes de que se adviertan cambios de tamaño y forma que afecten la calidad de los ejemplares.

El proceso de adaptación a altas intensidades es también un proceso complejo, aunque requiere menos tiempo debido a que la tasa de expansión de los primordios preformados es mucho mayor.

La transferencia tecnológica de estos resultados dependerá de la factibilidad económica de su aplicación, pero su análisis escapa a los objetivos de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al técnico Roberto Tornese su eficiente colaboración en la instalación y calibración del equipo utilizado para la medición del Intercambio Neto de Carbono (Sirigor GECh-Siemens) y al Ing. Agr. José Cerrota, del Establecimiento Argenflora, el material utilizado durante los experimentos.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ARAUS, J.L.; L. ALEGRE; L. TAPIA; R. CALAFELI, and M.D. SERRET. 1986. Relationship between photosynthetic capacity and leaf structure in several shade plants. *Amer. J. Bot.*, 73(12):1760-1770.
- 2) BJORKMAN, O. 1968. Further studies on differentiation of photosynthetic properties in sun and shade ecotypes of *Solidago virgaurea* L. *Physiol. Pl.*, 21:84-89
- 3) BJORKMAN, O. 1981. Responses to different quantum flux densities. En: *Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, Vol. X11A, Physiological Plant Ecology*, (O.L. Range, P.S. Nobel, C.B. Osmond y H. Ziegler eds.) pp. 57-107, Springer Verlag.
- 4) COLLINS, P.C. and T.M. BLESSINGTON. 1981. Influence of production light and ancymidol on foliage plants. *HortScience*, 16(2):215-216.

- 5) CONOVER, C.A. and R.T. POOLE. 1981. Light acclimation of African violet. *HortScience*, 16(1):92-93.
- 6) DI BENEDETTO, A.H. 1989. Efecto de la intensidad y calidad de luz sobre el crecimiento foliar en *Aglaonema commutatum* (Araceae). Tesis Magister Scientiae en Producción Vegetal (Facultad de Agronomía, U.B.A) 150 pág.
- 7) FAILS, B.S.; A.J. LEWIS and J.A. BARDEN. 1982. Light acclimatization potential of *Ficus benjamina*. *J. Amer. Soc. Hort. Scie.*, 107(5):762-766
- 8) HURD, R.G. 1974. The effect of an incandescent supplement on the growth of tomato plants in low light. *Ann. Bot.*, 38:613-623.
- 9) LARSEN, R. 1979. The tolerance of ornamental foliage plants to low light intensities *Swedish J. Agr. Res.*, 9:169-172.
- 10) POOLE, R.T and C.A. CONOVER, 1977: Nitrogen and potassium fertilization of *Aglaonema commutatum* Schott cvs *Frasher* and *Pseudobracteatum*. *HortScience*, 12(6):570-571.
- 11) RAJAN, A.K.; B. BETTERIDGE and G.E. BLACKMAN. 1971. Interrelationships between the nature of the light source, ambient air temperature and the vegetative growth of different species within growth cabinets. *Ann. Bot.*, 35:323-343.
- 12) SMITH, H. 1981. Light quality, photoperception and plant strategy. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 33:481-518.
- 13) VINCENT-PRUE, D. and D.J. TUCKER. 1983. Photomorphogenesis in leaves. En: *The growth and functioning of leaves*. J.A. Dale y F.L. Milthorpe eds. Cambridge Univ. Press.