



RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias  
ISSN: 0325-8718  
Revista.ria@inta.gob.ar  
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria  
Argentina

Raffo, M.D.; Iglesias, N.  
Efecto de la intercepción y distribución de la radiación fotosintéticamente activa en manzanos cv. fuji, bajo cuatro sistemas de conducción en alta densidad  
RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, vol. 33, núm. 2, agosto, 2004, pp. 29-42  
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria  
Buenos Aires, Argentina

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86433203>

- 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

RIA, 33 (2): 29-42. Agosto 2004. INTA, Argentina

RIA, 33 (2): 29-42  
Agosto 2004  
INTA, Argentina

ISSN 0325 - 8718

## **EFFECTO DE LA INTERCEPCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA RADIACIÓN FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA EN MANZANOS CV. FUJI, BAJO CUATRO SISTEMAS DE CONDUCCIÓN EN ALTA DENSIDAD**

RAFFO, M.D.<sup>1</sup>; IGLESIAS, N.<sup>2</sup>

### **RESUMEN**

Actualmente, para la producción de manzanas, se implantan cultivos de alta densidad con árboles de porte controlado. Para poder obtener precocidad en la entrada en producción, rendimientos sostenibles y alta calidad de fruta, es necesario realizar una conducción y poda que sean adecuadas para cada variedad. La radiación fotosintéticamente activa (PAR) captada por un vegetal determina la cantidad de materia seca producida y la calidad de la producción. El objeto del presente trabajo fue evaluar la influencia de la intercepción total de PAR y la distribución de la misma dentro de la copa del árbol sobre la producción y calidad de la cv. Fuji (Nagafu6) en cuatro sistemas de conducción de alta densidad. Los resultados obtenidos mostraron diferencias en la captación y distribución de luz entre los tratamientos, lo cual se vio reflejado en la cantidad de fruta soleada y rendimiento por árbol.

**Palabras clave:** *eficiencia productiva, PAR, manzanas, plantaciones de alta densidad.*

<sup>1</sup> Sección Fruticultura, INTA EEA Alto Valle. CC 782, CP 8332, Gral. Roca, Río Negro. Correo electrónico: [doloresraffo@correo.inta.gov.ar](mailto:doloresraffo@correo.inta.gov.ar).

<sup>2</sup> Sección Horticultura, INTA EEA Alto Valle. CC 782, CP 8332, Gral. Roca, Río Negro.

## SUMMARY

At the moment, for production of apples, they are used high-density (HD) plantations with trees of controlling bearing. In order to be able to obtain sustainable precocity in the entrance in production, yields and discharge quality of fruit, it is necessary to make one training and pruning that are adapted for each variety. Photosynthetic active radiation (PAR) caught by a vegetable determines the amount of produced dry matter, and the quality of production. The objective of the present work was to study the influence of total interception of PAR and distribution of the same one within canopy, on production and quality of Fuji apples (Nagafu6) in four HD training systems. Differences in interception and distribution of light between the treatments were observed, which was reflected in the quantity of sunburn and yield by tree.

**Key words:** *efficiency of productivity, PAR, apples, high-density plantations.*

## INTRODUCCIÓN

La radiación fotosintéticamente activa (PAR) captada por un vegetal determina directamente la producción de fotosintatos, influyendo sobre el crecimiento, la productividad y calidad de fruta de las plantas (Ferree, D.C., 1980). La misma está comprendida en el rango 400-700nm de longitud de onda. Los diferentes cultivos según sus sistemas de manejo (densidad de plantación, sistemas de conducción, combinación portainjerto/variedad, poda) son más o menos eficientes de acuerdo con la energía lumínica interceptada (Wunsche J., A., Lakso, T. Robinson, F. Lenz and S. Denning, 1996).

Los cultivos anuales generalmente logran captar casi la totalidad de la radiación disponible, cuando el desarrollo del área foliar está completo (Sceicz, 1974). De todas maneras, en los cultivos frutícolas, la totalidad del área foliar no intercepta más del 65-70% de la radiación disponible, hecho que limita el potencial de producción (Jackson, 1980).

En fruticultura, existe tecnología disponible para controlar el tamaño de los árboles como: pies enanizantes, poda, sistemas de conducción (Heinicke, 1964; Jackson and Blanco, 1973). Dicha tecnología permite plantaciones con un alto número de plantas de tamaño reducido por hectárea, que logran llenar rápidamente el espacio disponible, pudiendo de esta manera llegar a los niveles de interceptación de radiación máximos con anticipación.

En la producción frutícola, donde se presenta un desarrollo del área foliar discontinuo, la cantidad de luz que intercepta un árbol es afectada por la densidad de plantación, el tamaño y forma de la copa del árbol (que dependen de la edad del árbol y del sistema de conducción) y el Índice de Área Foliar (LAI) (Robinson, T. and Lakso A., 1991). Robinson, T., Lakso A. y Z. Ren (1991) han demostrado que las modificaciones de la estructura de la copa del árbol frutal inciden en la interceptación y distribución de la luz. Se ha observado que en árboles con un LAI mayor a 3, la penetración de la luz en la canopia es un 20% menor que la ocurrida en árboles con un LAI menor (Heinecke, 1964).

Barritt, B., Rom, C. R., Kamishi, B. J. y Dilley M. A. (1991) han determinado que los dardos de mayor calidad (mayor valor en  $\text{mg}/\text{cm}^2$ ) son los que se localizan en las partes más iluminadas de la canopia. Cain (1970) encontró una correlación lineal negativa entre la producción por unidad de área y el tamaño del árbol. Dicha relación establece una disminución de  $0,6 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-2}$  por cada metro de aumento de volumen del árbol producto de un mayor sombreado interno. Por su parte, Robinson T., E. J. Seeley y B. Barritt (1983) han demostrado que una distribución adecuada de luz dentro de la copa del manzano aumenta el tamaño de los frutos, mejora la calidad de los mismos y reduce la variabilidad entre árboles en cuanto a las características de los frutos. Por otro lado se sabe que los frutos que se encuentran en una zona sombreada del árbol presentan un menor tamaño, color y contenido de sólidos solubles que los más expuestos (Robinson, T. et al., 1991, Rom, C. R., 1991).

La estructura de las hojas de manzanos varía según su ubicación en la planta (brotes o dardos) y su exposición a la luz (Faust

M., 1989). Cowart (1935) y Jackson y Palmer (1977) encontraron que las hojas de manzano que se desarrollan en la sombra presentan una mayor superficie, pero son más finas. Mientras que Barden (1974, 1977) determinó que también presentan un menor desarrollo del tejido de empalizada, menor peso específico, rangos bajos de fotosíntesis neta y una menor tasa de respiración.

El área foliar que forma la copa de un árbol frutal es un sistema complejo. No solo cambia en forma y funcionamiento constantemente según su estado fenológico, sino también es afectado por los cambios de los factores ambientales que ocurren naturalmente (Curry E. A., 1991). Por ello es importante la comprensión de dichos procesos para poder luego determinar formas de manejar o modificar la canopia, y de esta manera maximizar la producción.

Lograr aumentos en la producción por unidad de área a través del incremento de la densidad de plantación ha provocado grandes cambios en cuanto al diseño y manejo de los montes frutales. Esto implica la necesidad de estudiar el comportamiento de los diferentes sistemas de conducción para cada variedad, a fin de encontrar el o los que mejor se adapten a las condiciones agroclimáticas de la región y que, a su vez, permita una rápida entrada en producción con fruta de calidad y un rápido retorno de las inversiones para conseguir máximos beneficios económicos.

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la cantidad de luz fotosintéticamente activa incidente dentro de la canopia y su influencia sobre la producción y calidad de fruta del cv. Fuji (Nagafu6) en cuatro sistemas de conducción.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se trabajó en un huerto plantado en 1995, con la cv Fuji (Nagafu 6) injertada sobre el portainjerto EM 9, ubicado en la EEA Alto Valle del INTA (Río Negro), donde se evaluaron cuatro sistemas de conducción: 1) Eje central modificado con poda retardada a 1,2 m de altura, a una distancia de plantación de 1,2 m por 3 m (2.666 plantas/hectárea), 2) Eje central modificado con poda de plantación a 0,9 m de altura, a 1,5 m por 3,5 m

(1.904 plantas/ hectárea), 3) Solaxe a 1,5 m por 3,5 m (1.904 plantas/hectárea) y 4) Espaldera en ángulo a 0,75 m por 4 m (3.383 plantas/hectárea).

Se evaluaron las siguientes variables: rendimiento y porcentaje de fruta asoleada como un componente importante dentro de la calidad de la fruta. Para ello se cosechó toda la fruta de cada repetición. Luego de pesarla se determinó el porcentaje de fruta asoleada y se clasificó en «grado 1» y «grado 2», según severidad del daño. «Grado 1»: quemado incipiente, «grado 2»: mancha de quemado bien definida. Se calculó la eficiencia de cada sistema de conducción tomando la producción acumulada desde el año de plantación sobre el Área Seccional del Tronco (AST). Para medir la interceptación y distribución de radiación PAR, se utilizó un ceptómetro (Cavadevice), con sensor tipo quantum, que integra el flujo recibido en un metro lineal ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Se efectuaron mediciones en dos alturas diferentes de la canopia a 50 cm y a 150 cm del suelo, tanto en el sector este como oeste de la fila. En ambas alturas y caras del árbol, se realizó una medición pegada al tronco y otra a 50 cm al exterior del mismo. Estas mediciones se repitieron en cuatro puntos diferentes dentro de cada repetición. Se tomó como radiación incidente a la medida por el ceptómetro y a la radiación interceptada por el árbol, a la diferencia entre la incidente (dentro de la copa del árbol) y la radiación medida sobre la copa. Se estimó el área foliar y se calculó el LAI. Luego de efectuada la cosecha, se recolectaron todas las hojas de tres plantas por tratamiento. Se colocaron en bolsas rotuladas y se les tomó el peso fresco; a continuación fueron secadas en estufa a 60 , hasta peso constante. Antes del secado se tomó una muestra de cada repetición, a las cuales se les determinó peso fresco, área foliar (mediante un integrador de área Li-Cor 3100) y se contó el número de hojas. A continuación se estimó el área foliar de cada árbol en función de la relación área de hoja ( $\text{cm}^2$ )/peso (g) de materia seca de cada muestra. Para calcular el índice de área foliar ( $\text{m}^2$  de hojas/ $\text{m}^2$  de suelo) se midió la proyección de la copa de los árboles y se efectuó la relación correspondiente.

#### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño estadístico consistió en cuatro tratamientos en bloques al azar, con tres repeticiones cada uno. La unidad experimental constaba de tres filas y las diferentes mediciones y evaluaciones se efectuaron en 10 plantas de la fila central.

Los datos fueron analizados empleando el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis Systems, SAS. Institute, Inc., 1999). Los análisis de varianza se realizaron utilizando el procedimiento General Lineal Model (GLM). La comparación entre medias de los tratamientos fue obtenida mediante el test de comparación múltiple de Duncan, con una significancia de 5%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1- Intercepción y distribución de PAR

Al tomar en cuenta la intercepción total de luz por parte del cultivo (como porcentaje del total de luz incidente), se observa

**Tabla 1:** Porcentaje de luz interceptada, y  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de luz interceptada a 0 metros y 0,5 metros del tronco por el follaje en los cuatro sistemas de conducción. Temporada 2002-03.

Tratamientos	% Luz interceptada	Promedio de luz interceptada 0 m ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	Promedio de luz interceptada 0,5 m ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
1-Eje central modificado con poda retardada	67,2 b	1170,83 a	796,52 a
2-Eje central modificado con poda de plantación	64,6 b	1125,16 a	578,48 b
3-Solaxe	62,6 b	1107,67 a	533,19 b
4-Espaldera en ángulo	46,7 a	338,68 b	916,66 a

Valores seguidos de una misma letra no presentan diferencias significativas. Nivel de significancia = 0,05

que la intercepción de luz en el Tratamiento 4 es significativamente inferior a la luz interceptada por los restantes sistemas de conducción.

Por otro lado, al analizar la distribución de luz dentro de la canopia, se puede observar que mientras el Tratamiento 4 se diferencia de los otros tratamientos registrando una mayor cantidad de luz en la parte interna del árbol (0 cm), en las mediciones efectuadas a una distancia de 50 cm del tronco, los tratamientos

**Tabla 2:** Distribución de PAR incidente ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) a dos distancias desde el centro del árbol, para cuatro sistemas de conducción en manzanos cv. Fuji.

Tratamientos	Luz incidente a 0 cm ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	Luz incidente a 50 cm ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
1-Eje central modificado con poda retardada	89,72 c	463,98 b
2-Eje central modificado con poda de plantación	135,43 bc	722,72 a
3-Solaxe	152,75 b	732,56 a
4-Espaldera en ángulo	940,31 a	343,84 c

Valores seguidos de una misma letra no presentan diferencias significativas. Nivel de significancia = 0,05

2 y 3 son los que presentan significativamente una mayor llegada de luz (Tabla 2).

La distribución de luz en un sistema tipo Espaldera en ángulo (copa plana) depende de la transmisión de la luz a través de la canopia y de la exposición directa de la cara inferior de la canopia a la luz, y así es necesaria una distancia mayor a 1,5 m entre la parte superior de los brazos de árboles ubicados en filas adyacentes (Robinson T., *et al.*, 1991). En la Espaldera en ángulo evaluada en el presente ensayo, la separación superior entre los brazos de los árboles de filas continuas fue menor a 1 metro, obteniéndose un porcentaje de luz incidente de 31,17% (con respecto a la luz total incidente), valor que se encuentra por debajo del porcentaje mínimo necesario para obtener fruta con buenas características cualitativas (Faust, 1989), ya que manzanas que reciben menos de un 40% de la radiación presentan una coloración deficiente (Heinicke, 1966).

Los valores y tendencias obtenidas en cuanto a intercepción y distribución de PAR concuerdan con mediciones efectuadas por

otros autores. Según Robinson *et al.* (1991), los sistemas de conducción tipo «Eje central modificado con poda retardada» presentan problemas de sombreado en el interior de la copa, cuando no se efectúa la poda de verano, pudiendo causar problemas por falta de color. El Tratamiento 1 (Eje central modificado con poda retardada) fue el que presentó en este ensayo una distribución de luz dentro de la copa deficiente y diferente del resto de los tratamientos.

## 2- Parámetros vegetativos

Al considerar los parámetros vegetativos, el Tratamiento 1 (Eje

**Tabla 3:** Valores promedio de Área Seccional del Tronco (AST) y desarrollo foliar total por cada tipo de sistema de conducción. Temporada 2002-03.

Tratamientos	AST (cm <sup>2</sup> )	Peso Verde (kg)	Área Foliar (m <sup>2</sup> )	LAI
1-Eje central modificado con poda retardada	34,39 a	2,52 a	109,51 a	4,3 a
2-Eje central modificado con poda de plantación	28,72 a	1,90 a	84,48 a	3,4 a
3-Solaxe	30,17 a	2,11 a	84,82 a	3,8 a
4-Espaldera en ángulo	26,12 a	2,47 a	98,22 a	3,9 a

central modificado con poda retardada) es el que presenta los valores más altos de peso verde de hojas, área foliar, AST y LAI, sin diferenciarse significativamente del resto (Tabla 3), lo cual estaría indicando árboles más frondosos.

Si nos remitimos a la Tabla 1, se puede verificar que los árboles del Tratamiento 1 fueron los que lograron un mayor porcentaje de intercepción de luz (67,2%, sin diferencias con el 2 y 3), pero una menor llegada de radiación fotosintéticamente activa en el interior de la copa (Tabla 2).

Los valores obtenidos del análisis del follaje arrojan datos similares a los obtenidos en Chile, en cuanto a peso fresco y seco de las hojas, contenido de materia seca, peso fresco por unidad

de superficie y área foliar por hoja (Yuri, *et al.*, 2002).

En la Tabla 4 se puede observar que no existieron diferencias significativas en las variables peso fresco (PF), peso seco (PS), materia seca (MS) y área foliar (AF) por hoja, ni en peso fresco por área foliar entre los diferentes tratamientos de conducción. Los

**Tabla 4:** Variables por unidad foliar en manzana cv Fuji en cuatro sistemas de conducción. Temporada 2002-03.

Tratamiento	PF/Hoja (gr)	PS/Hoja (gr)	MS (%)	PF/Área Foliar (mg/cm <sup>2</sup> )	Área foliar/Hoja (cm <sup>2</sup> )
1-Eje central modificado con poda retardada	0,45 a	0,19 a	40,91 a	23,13 a	19,71 a
2-Eje central modificado con poda de plantación	0,40 a	0,17 a	43,46 a	22,84 a	18,19 a
3-Solaxe	0,43 a	0,18 a	42,55 a	24,84 a	17,16 a
4-Espaldera en ángulo	0,40 a	0,18 a	44,95 a	25,48 a	15,60 a

Valores seguidos de una misma letra no presentan diferencias significativas. Nivel de significancia =0,05

datos de distribución de la luz presentados en la Tabla 2 mostraron que el Tratamiento 1 presentaba una distribución de luz pobre dentro de la planta, lo cual no se vio reflejado en menores porcentajes de MS.

### 3- Variables de producción y calidad

Se observaron diferencias significativas entre tratamientos respecto de los rendimientos por árbol y por hectárea (Tabla 5). Mientras el Tratamiento 3 (sistema Solaxe) fue el más productivo por árbol (sin diferencias con el 4), el Tratamiento 4 fue el más productivo por unidad de superficie (Ha) (sin diferencias con el 3 ni 1), producto de una densidad de plantación mayor al resto de los sistemas de conducción. Además, se puede observar que el Tratamiento 2 (Eje central modificado con poda de plantación) fue el de menor rendimiento por árbol y por hectárea (sin diferencias con el 1), a pesar de haber logrado una adecuada intercepción y distribución de luz dentro de la copa.

Al analizar la eficiencia productiva (kg de fruta/AST) se vio que el sistema Solaxe demostró ser el más eficiente (Tabla 5). Si nos

**Tabla 5:** Rendimiento por árbol y por hectárea y eficiencia de cuatro sistemas de conducción de manzana cv. Fuji. Temporada 2002-03.

Tratamientos	Rendimiento (Kg/árbol)	Rendimiento (Kg/ha)	Eficiencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
1- Eje central modificado con poda retardada	7,2 ab	19.208,5 ab	1,70 bc
2- Eje central modificado con poda de plantación	6,5 a	12.444,5 a	1,54 a
3- Solaxe	12,8 c	24.550,2 b	2,26 c
4- Espaldera en ángulo	8,2 bc	27.892,8 b	1,59 ab

Valores seguidos de una misma letra no presentan diferencias significativas. Nivel de significancia =0,05

remitimos a la tabla 2, observamos que es el sistema que muestra un mayor equilibrio en la distribución de luz desde el centro a la periferia de la planta, factor que incidiría en una mejor calidad de los órganos productivos (Barrit 1991).

Al considerar la proporción de fruta no asoleada a cosecha, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 6).

**Tabla 6:** Proporción de frutos no asoleados en cuatro sistemas de conducción en manzanos cv Fuji. Temporada 2002-03.

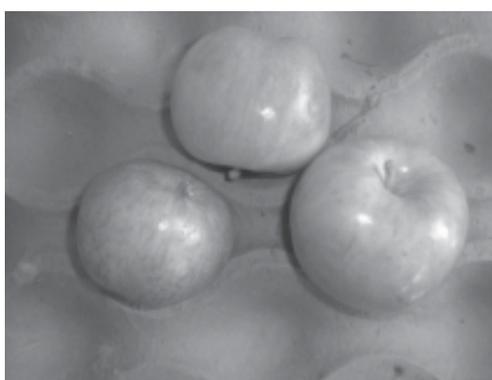
Tratamientos	Porcentaje de fruta no asoleada
1- Eje central modificado con poda retardada	59,03 b
2- Eje Central modificado con poda de plantación	42,18 a
3- Solaxe	49,13 a
4- Espaldera en ángulo	41,95 a

Valores seguidos de una misma letra no presentan diferencias significativas. Nivel de significancia =0,05. CV: 16,78

Significativamente, el Tratamiento 1 (Eje central modificado con poda retardada) presentó una mayor proporción de frutos no asoleados, lo cual estaría estrechamente correlacionado con la

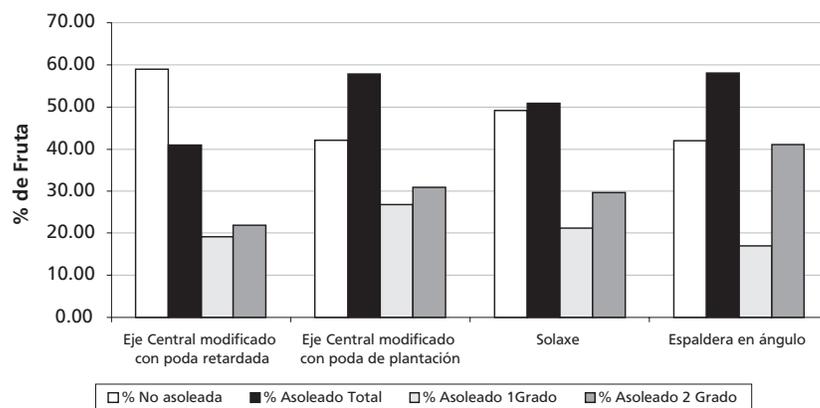
menor llegada de luz al interior de la copa.

En cuanto a la proporción y grado de asoleado de los frutos,



**Fig. 1:** Proporción de frutos sanos, asoleados totales y asoleados de 1 y 2 grado, al momento de la cosecha en los diferentes tratamientos. Temporada 2002-03.

según se observa en la Figura 1, el Tratamiento 2 (Eje central modificado con poda de plantación) presentó una mayor proporción de frutos asoleados «grado 1» (Foto 1a), diferenciándose del resto de los tratamientos.



Tomando en cuenta la proporción de fruta con grado de asoleado 2 (Foto 2b), el Tratamiento 4 (Espaldera en ángulo) presentó diferencias con el resto, pues fue la proporción de fruta asoleada de segundo grado con respecto a la fruta asoleada total, superior al resto de los tratamientos (41.08 %).

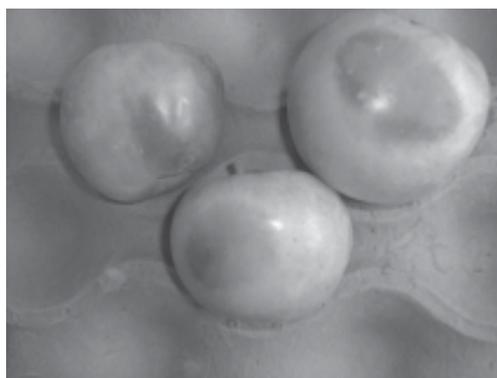


Fig. 2: Manzanas cv. Fuji con grado de asoleado 1 (2a) y grado de asoleado 2 (2b).

Esta gran proporción de fruta asoleada de «grado 2» podría deberse a la alternancia de momentos con alta radiación seguidos por otros con una llegada de luz deficiente, ocasionados por la forma de estos árboles y las características morfológicas de las hojas.

## CONCLUSIONES

Se observa una diferencia en la captación y distribución de luz entre los tratamientos, en la proporción de fruta asoleada y rendimiento por árbol.

En árboles adultos, no siempre una mayor canopia se corresponde proporcionalmente con una mayor intercepción y distribución de luz, ya que una gran masa foliar produce sombreado entre las hojas y en consecuencia disminuye la fotosíntesis. El sistema de conduc-

RIA, 33 (2): 29-42. Agosto 2004. INTA, Argentina

ción «Eje central modificado con poda retardada» presenta una mayor intercepción de luz, pero la distribución de la misma es deficiente en la parte interna de la planta, provocando una menor proporción de fruta asoleada, pero una menor eficiencia productiva.

El Tratamiento 4 (Espaldera en ángulo) presentó ciertas deficiencias en cuanto a captación y distribución de PAR, logrando de todas maneras tener altos rendimientos por hectárea.

## AGRADECIMIENTO

A los Ing. Valentín Tassile y Pablo Reeb por efectuar los análisis estadísticos de los datos.

## BIBLIOGRAFÍA

BARDEN, J.A. (1974). Net photosynthesis, dark respiration, specific leaf weight, and growth of young apple trees as influenced by light regime. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99: pp. 547-551.

BARDEN, J.A. (1977). Apple tree growth, net photosynthesis, dark respiration, specific leaf weight, and growth of young apple trees as affected by continuous and intermittent shade. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: pp. 391-394.

BARRITT, B.H.; ROM, C.R.; KAMISHI, B.J.; DILLEY, M.A. (1991). Light level influences spur quality and canopy development and light interception influence fruit production in apple. *HortScience*, Vol. 26(8): pp. 993-999.

CAIN, J.C. (1970). Optimum tree density for apple orchard. *HortScience* 5: pp. 232-234.

COWART, F.F. (1935). Apple leaf structure as related to position of the leaf upon the shoot and type of growth. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 33: pp. 145-148.

CURRY, E.A. (1991). Introduction (Colloquium Papers and Autors). *HortScience*, Vol. 26(8): 988 p.

FAUST, M. (1989). *Physiology of Temperate Zone fruit trees*. Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Inc.

RIA, 33 (2): 29-42. Agosto 2004. INTA, Argentina

- FERREE, D.C. (1980). Canopy Development and Yield Efficiency of Golden Delicious Apple Trees in Four Orchard Management Systems. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105(3): pp. 376-380.
- HEINICKE, D.R. (1964). The microclimate of fruit trees. III. The effect of tree size on light penetration and leaf area in 'Red Delicious' apple trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 85: pp. 33-41.
- HEINICKE, D.R. (1966). Characteristic of Macintosh and Red Delicious apples as influenced by exposure to sunlight during the growing season. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 89: pp. 10-13.
- JACKSON, J.E. (1980). Light interception and utilization by orchard systems. *Hort. Rev.* 2, pp. 208-67.
- JACKSON, J.E.; BLANCO, A.B. (1973). EMRS takes problem of containment pruning. *Growers*80, pp. 1200-1209.
- JACKSON, J.E.; PALMER, J.W. (1977). Effects of shade on the growth and cropping of apples trees. I. Experimental details and effects on vegetative growth. *J. Hort. Sci.* 52: pp. 245-252.
- ROBINSON, T.; SEELEY, E.J.; BARRITT, B. (1983). Effect of light environment and spur age on Delicious apple fruit size and quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108 (5): pp. 855-861.
- ROBINSON, T.; LAKSO, A. (1991). Bases of Yield and Production Efficiency in Apple Orchard System. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116(2): pp. 118-192.
- ROBINSON, T.; LAKSO, A.; REN, Z. (1991). Modifying Apple Tree Canopies for Improved Production Efficiency. *HortScience*, Vol. 26(8).
- ROM, C.R. (1991). Light Thresholds for Apple Tree Canopy Growth Development. *HortScience*, Vol. 26(8).
- SAS INSTITUTE, INC. (1997). SAS User's guide. Statistics version. 6. 4<sup>th</sup> ed., Vol 1 and 2. Cary, NC.
- SCEICZ, G. (1974). Solar radiation in crop canopies. *J. Appl. Ecol.* 11, pp. 1117-1156.
- WUNSCH, J.; LAKSO, A.; ROBINSON, T.; LENZ, F.; DENNING, S. (1996). The Basis of Productivity in Apple Production Systems: The role of light interception by different shoot types. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121(5): pp. 886-893.
- YURI J.A., ORMAZÁBAL, J. (2002). Desarrollo de la canopia en manzanos. Pomáceas. *Boletín Técnico Volumen 2, Número 1.* ISSA 0717-6910.

original recibido el 18 de septiembre de 2003