

Distribución de la materia orgánica en un cultivo de vid conducido en espaldera^{*1/}

J. FERNANDEZ**, J. BALKAR***, L. H. MEYER***

ABSTRACT

Productivity of six trellis vineyards was evaluated. Different indexes related to the unit of trellis surface and to the unit of cultivated land were obtained. Results show that the proportion of grapes, leaves and sarments is similar in the different cultures studied, independently to the total production; about one square metre is required to produce 1 kg of grapes; the best yields were obtained in the trellis which had four or five leaf layers.

Introducción

LA materia orgánica que forman las vides por medio de la función fotosintética, se reparte entre los distintos órganos de la planta de diferente manera. Para el interés del viticultor, lo más importante es que se concentre la máxima cantidad de materia orgánica en los racimos, siempre que ello no vaya en detrimento del vigor de las plantas en el futuro.

Siendo las hojas los órganos encargados de asimilar el anhídrido carbónico del aire y transformarlo en azúcares utilizando para ello la energía de la luz (fotosíntesis), se comprende la importancia que deben tener aquéllas en la producción final de la planta. Naturalmente, es preciso que las hojas estén en una proporción equilibrada a la superficie de espaldera ocupada por la planta, ya que un exceso de hojas produce: ensombrecimiento de las hojas interiores y, como consecuencia, anulación de la fotosíntesis en éstas; pérdidas por respiración; mala circulación del aire en el interior de la espaldera; malas condiciones para la sanidad del cultivo; dificultad para realizar los tratamientos sanitarios. Por el contrario, un déficit de hojas respecto al óptimo que pueden distribuirse por la espaldera conduce a una mala utilización de las posibilida-

des fotosintéticas y, por tanto, a pérdidas en la productividad. Una consideración análoga hay que hacer respecto a la separación entre filas y altura de la espaldera, ya que filas juntas y espalderas altas producen efectos de apantallamiento análogos a los debidos a exceso de hojas; en cambio, espalderas bajas y filas separadas pueden producir un decrecimiento en cuanto a la producción por hectárea. Por las consideraciones anteriores se comprende fácilmente que se debe tender a conducir las plantaciones de manera tal que el equilibrio entre la parte vegetativa y la cantidad de fruto sea el óptimo para una máxima producción de uva.

El análisis de la productividad es un método para estimar la producción fotosintética de una planta o cultivo, basado principalmente en determinaciones gravimétricas de la materia orgánica producida durante un cierto período de tiempo. Revisiones sobre la metodología para realizar este tipo de análisis, así como de su aplicación a ecosistemas agrícolas y forestales, han sido realizadas recientemente por diversos autores (1, 6, 7, 8, 9, 10). Para analizar la productividad de un viñedo conducido en espaldera se hace preciso una adaptación de los métodos e índices tradicionales, ya que el desarrollo de la vegetación en superficies verticales no es el problema contemplado normalmente en este tipo de análisis. Aunque las cepas individualmente consideradas representan unidades fisiológicas de producción, para analizar la productividad de un cultivo de vid en espaldera es preferible utilizar como referencia de producción la *unidad de superficie de espaldera*, puesto que al estar entremezclados los sarmientos y hojas de unas plantas con otras próximas,

* Recibido para la publicación el 12 de agosto de 1976

1/ Trabajo realizado dentro del Proyecto "Evaluación de la actividad fotosintética de la vid" que desarrolla el Instituto de Vitivinicultura de la Universidad del Trabajo del Uruguay, con la asistencia técnica del Organismo Internacional de Energía Atómica (O.I.E.A.)

** Experto del O.I.E.A. Junta de Energía Nuclear. Isótopos. Apartado 3055. Madrid-3. España

*** Profesor del Instituto de Vitivinicultura. Las Piedras (Canelones) Uruguay

existen solapamientos cuya magnitud es difícil de evaluar a la hora de efectuar el análisis de la productividad. El estudio hecho de esta manera es conveniente, sobre todo, para obtener datos que se puedan extrapolar a toda la plantación y a la obtención de índices relativos a la superficie agrícola ocupada por el cultivo.

El objeto del análisis de la productividad de un viñedo es doble: por un lado puede servir para determinar en los "viñedos modelo", de gran producción, cuáles son los índices que determinan el equilibrio entre la parte vegetativa y la del fruto, y por otro lado puede servir para diagnosticar el estado de un viñedo cualquiera y tomar las medidas pertinentes para aumentar su productividad en la medida de lo posible. Otra de las aplicaciones del análisis de la productividad es el conocimiento de la cantidad de materia orgánica que se le extrae como consecuencia de cada cosecha y la determinación, por tanto, de la cantidad de abonado mineral que hay que añadirle.

La distribución de la materia orgánica en los viñedos no es un tema frecuente de estudio y, por este motivo, los datos que se conocen normalmente son los que suelen citarse a título informativo en los tratados generales de viticultura (2, 3, 5).

En el caso concreto de los viñedos uruguayos no se disponía de datos que relacionasen la producción total de uva con la materia orgánica producida y, por ello, el objetivo principal del presente trabajo fue el de conocer la distribución de la materia orgánica formada durante el año en los diferentes órganos de las partes aéreas de las plantas, efectuándose las determinaciones en el momento de realizar la cosecha del fruto. El estudio fue llevado a cabo en plantaciones de vid de distintas variedades, conducidas todas ellas según la modalidad de espaldera.

Material y Métodos

Se estudiaron seis cultivos de vid diferentes, de los que cuatro estaban formados con cepas de la variedad 'Harriague' ('Tannat'), con distinta altura

y superficie de espaldera. Los otros dos cultivos pertenecían a dos variedades diferentes, la 'Trebbiano' y la 'Moscatel Negra'. Las características de cada plantación se expresan en el Cuadro 1. En cada cultivo se tomaron muestras de una zona de la espaldera procediéndose de la siguiente manera: Elegida una fila representativa del viñedo se señaló una zona de 60 m de longitud y en ella se marcaron, para muestrear, cinco bandas de 2 m de longitud separadas unas de otras por una distancia de 10 m, según se indica en la Figura 1. La superficie de espaldera que ocupaba cada banda muestreada se obtuvo al multiplicar la altura de la parte vegetativa del cultivo por los dos metros de longitud considerados en cada muestra. Como altura se tomó, en general, la separación entre los alambres extremos.

En cada banda elegida como muestra se sacaron todas las hojas, racimos y sarmientos (o porción) habidos en el año y se pesaron en fresco, determinándose en los racimos, además, el contenido en azúcar. También se precisó el peso total de los racimos de toda la zona de espaldera considerada (60 m), así como el peso de 100 racimos. En cada espaldera se obtuvo el valor medio de los pesos de hojas y sarmientos de las cinco muestras (referidas a la unidad de superficie de espaldera) y el coeficiente de variabilidad de los mismos. Respecto al peso de los racimos, se tomó el peso total de los existentes en toda la zona de espaldera considerada, para evitar la variabilidad de su distribución a lo largo de la espaldera. La representatividad de esta zona respecto a la totalidad del cultivo se dedujo teniendo en cuenta la producción total del cultivo, como se verá más adelante.

De los datos obtenidos en las muestras de espaldera se obtuvieron los siguientes índices:

Índice de producción (Ip).—Expresa la cantidad de uva que se produce por unidad de superficie de espaldera (kg/m^2). Este dato se dedujo de la producción total habida en los 60 m de espaldera.

Índice de producción equivalente (Ipe).—Con objeto de tener en cuenta la riqueza en azúcar de los racimos

Cuadro 1: Características de las plantaciones de vid estudiadas.

Concepto	Variedad y altura de la espaldera					
	Harriague 1 m	Harriague 1,8 m	Harriague 2,1 m	Harriague 2,2 m	Trebbiano 2,2 m	Moscatel negra 2,1 m
Separación entre filas (m).	2,0	2,5	3,0	2,0	2,0	3,0
Separación entre plantas (m).	1,0	2,0	2,5	1,0	1,0	2,5
Número teórico de plantas por ha	5.000	2.000	1.700	5.000	5.000	1.700
Superficie de espaldera cubierta (m^2/ha).	3.500	6.000	6.000	8.500	8.500	6.000

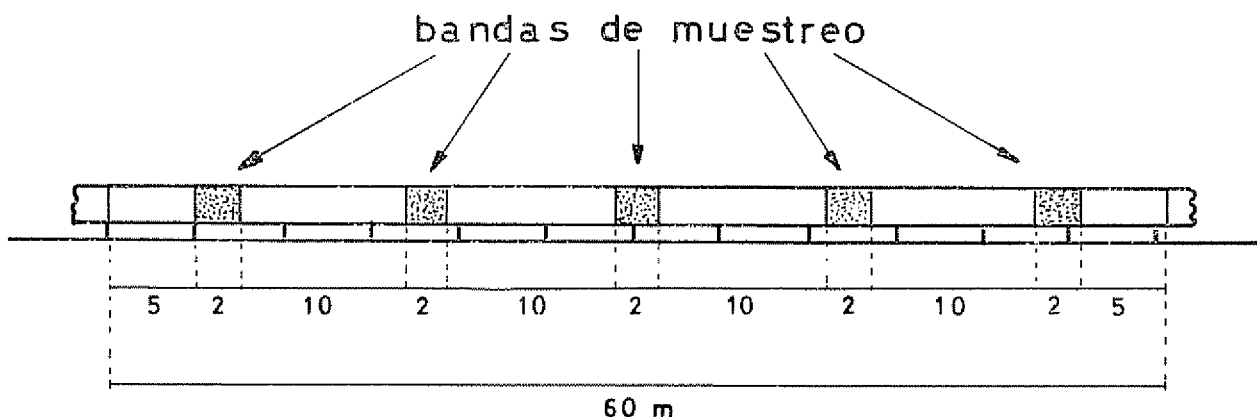


Fig. 1. Esquema de la localización de las bandas de muestreo en una porción de espaldera de 60 m.

y para poder comparar los resultados entre diversos cultivos, se debe referir la producción a un contenido fijo en azúcar que, en nuestro caso, se eligió el del 18 por ciento (180 g/l) por ser el mínimo que marca la Ley de muchos países (entre ellos Uruguay). Para realizar esta corrección se multiplicó el I_p por el contenido en azúcar (expresado en tanto por ciento) y se dividió por 18.

Peso medio de un racimo—Sirve para determinar el número de racimos por unidad de superficie de espaldera. Se obtuvo a partir del peso de 100 racimos.

Índice de superposición foliar—Indica el número de planos foliares que existen superpuestos y da una idea de la frondosidad del cultivo. Se obtuvo al dividir la superficie total de las hojas de la muestra por la superficie de la espaldera muestreada. La superficie foliar se dedujo multiplicando el peso de las hojas por un coeficiente de superficie específica (m^2/kg); en el Cuadro 2 se expresan los coeficientes de superficie específica obtenidos para las tres variedades estudiadas.

Cuadro 2: Coeficientes de superficie foliar específica obtenidos de tres variedades de vid cultivadas en Uruguay

Variedad	Proporción del limbo frente al peso total de hoja (%)	Superficie específica respecto al peso del limbo (m^2/kg)	Superficie específica respecto al peso de la hoja (m^2/kg)
Harriague	85,0	4,902	4,167
Trebbiano	83,3	4,164	3,719
Moscatel negra	83,6	4,250	3,553

Superficie foliar por kilogramo de racimos—Expresa la superficie de hojas que ha sido necesaria para producir un kg de racimos. Se obtuvo al dividir el índice de superposición foliar por el índice de producción.

Producción de materia seca en la parte aérea—En este índice no se consideró la materia incorporada a las partes de madera vieja ya que solamente se pesó la materia contenida en los racimos, hojas y sarmientos nacidos en el año. La materia seca se obtuvo al multiplicar cada uno de los pesos obtenidos por el porcentaje de materia seca que tenían, refiriendo el resultado a la unidad de superficie. El contenido medio de materia seca obtenido en los distintos órganos de la planta fue el siguiente: racimos 23,3 por ciento; hojas 35 por ciento; sarmientos 45,4 por ciento.

Proporción de la materia seca producida en el año—A partir de los datos de productividad referidos a materia seca producida por unidad de superficie, se pudo hallar la proporción en que está distribuida entre racimos, hojas y sarmientos, lo cual sirvió para analizar el cultivo respecto al estado de equilibrio óptimo entre la parte vegetativa y el fruto.

La plantación en espaldera, por ocupar una superficie vertical, exige un tratamiento especial para la obtención de datos relativos a la superficie agraria cultivada. Para analizar el rendimiento de la plantación respecto a la superficie que ocupa, fue necesario considerar los siguientes índices:

Superficie de espaldera cubierta (m^2/ba)—Se obtuvo al multiplicar la longitud total de las filas de espaldera existentes en una hectárea por la altura media que ocupaban las plantas disminuida de la distancia entre el suelo y el límite inferior de desarrollo de la vegetación.

Producción calculada equivalente (kg/ba)—Se consiguió al multiplicar el índice de producción equivalente por la superficie de espaldera cubierta.

Producción real equivalente (kg/ba).—Se calculó a partir del dato de producción que se obtuvo en la vendimia, corregido para el 18 por ciento de azúcar, como se indicó anteriormente

Índice de representatividad de la muestra.—Se dedujo al dividir la producción calculada equivalente por la producción real equivalente

Índice de utilización de la superficie agraria.—Se obtuvo al dividir la superficie total de la espaldera por la superficie del suelo que ocupaba.

Índice foliar agrario.—Se calculó al multiplicar el índice de utilización de la superficie agraria por el índice de superposición foliar. Este índice da una idea de la frondosidad total del cultivo y de la "cobertura vegetal" del terreno

Materia seca producida durante el año en la parte aérea (kg/ba).—A partir de los datos de producción de materia seca y de la proporción contenida en los diversos órganos de la planta, se pudo obtener el reparto de la materia seca producida por hectárea entre los racimos, hojas y sarmientos

Resultados

En el Cuadro 3 se expresan los índices obtenidos para las distintas unidades de superficie de espaldera en los cultivos estudiados. En el Cuadro 4 se indican los índices de productividad relativos a la superficie agraria ocupada por el cultivo, los cuales están obtenidos a partir de los datos del Cuadro 3 y de las características de la plantación

Discusión

La finalidad principal de este trabajo fue la de poner a punto un método sencillo para caracterizar un cultivo de vid conducido en espaldera. Los resultados que se expresan en el presente trabajo son los primeros que se han obtenido con este método y corresponden a una sola campaña. El interés principal de su aplicación se notará cuando, después de varias campañas, se puedan comparar los índices obtenidos durante distintos años en los mismos cultivos. En nuestra opinión, será entonces cuando se puedan deducir conclusiones definitivas sobre el grado óptimo de equilibrio

Cuadro 3: Índices de productividad relativos a la superficie de espaldera en las distintas plantaciones de vid estudiadas. Los valores están deducidos a partir de los pesos medios de 5 muestras de hojas y sarmientos tomados en cada espaldera y de la totalidad del peso de los racimos recolectados en la zona de espaldera considerada. El coeficiente de variabilidad de las muestras de hojas y sarmientos, dentro de cada espaldera analizada, fue siempre inferior al 20 por ciento

Índice	Unidad	Variedad y altura de la espaldera					
		Harrigue 1 m	Harrigue 1,8 m	Harrigue 2,1 m	Harrigue 2,2 m	Trebbiano 2,2 m	Moscateal negra 2,1 m
Índice de producción	kg/m ²	3,76	3,61	4,14	2,69	2,94	4,89
Riqueza en azúcar	%	19,0	16,9	21,5	18,8	17,0	18,6
Índice de producción equivalente (18% en azúcar)	kg/m ²	3,97	3,39	4,95	2,81	2,77	5,05
Peso medio de un racimo	kg	0,133	0,115	0,160	0,167	0,233	0,190
Índice de superposición foliar	—	3,80	4,69	4,61	2,72	2,13	4,36
Superficie foliar por kg de racimo	m ²	1,01	1,30	1,11	1,01	0,72	0,89
Producción de materia seca en la parte aérea	kg/m ²	1,419	1,466	1,644	0,984	1,065	1,856
Proporción de la materia seca producida en el año:							
Racimos	%	61,5	57,4	58,8	63,8	64,3	61,4
Hojas	%	22,5	26,9	23,5	23,2	18,8	23,1
Sarmientos	%	16,0	15,7	17,7	13,0	16,9	15,5

Cuadro 4: Indices de productividad relativos a la superficie ocupada por las distintas plantaciones de vid estudiadas, deducidos a partir de los índices obtenidos en el Cuadro 3.

Índice	Unidad	Variedad y altura de la espaldera					
		Harriague 1 m	Harriague 1.8 m	Harriague 2.1 m	Harriague 2.2 m	Trebbiano 2.2 m	Moscatel negra 2.1 m
Superficie de espaldera	m ² /ha	3 500	6 000	6 000	8 500	8 500	6 000
Producción calculada equivalente (18% en azúcar)	kg/ha	13 895	20 340	29 700	23 885	23 545	30 300
Producción real equivalente (18% en azúcar)	kg/ha	9 309	18 958	31 008	17 469	25 698	27 761
Índice de representatividad de la muestra	---	1,19	1,07	0,96	1,33	0,92	1,09
Índice de utilización de la superficie agraria	---	0,35	0,60	0,60	0,85	0,85	0,60
Índice foliar agrario	---	1,33	2,81	2,77	2,31	1,81	2,62
Materia seca producida							
Racimos	kg/ha	3 054	5 049	5 800	5 336	5 820	6 838
Hojas	kg/ha	1 117	2 366	2 318	1 940	1 702	2 572
Sarmientos	kg/ha	795	1 381	1 746	1 088	1 530	1 726
Total	kg/ha	4 966	8 796	9 864	8 364	9 052	11 136

entre la parte fructífera y la parte vegetativa en orden a la obtención de la mayor producción posible sin detrimento del vigor del cultivo.

Respecto a los resultados obtenidos, lo primero que queda patente es que la productividad total del viñedo no es directamente proporcional al número de cepas por hectárea ni siquiera a la superficie total de espaldera ocupada. Las plantaciones de 'Moscatel Negra' y de 'Harriague' de 2,1 m de altura y una separación entre filas de 3 m (que eran las que tenían menor número de plantas por hectárea) son las que tuvieron un mayor índice de producción y una mayor producción total; por el contrario, los cultivos de 'Trebbiano' y 'Harriague' de 2,2 m de altura y cuyas filas estaban separadas 2 m solamente, fueron los que tuvieron el índice de productividad más bajo, aunque la producción total fue más elevada que en las plantaciones de espaldera baja de análoga separación entre filas. Esto indica que es muy conveniente, antes de hacer una plantación, estudiar cuál es el marco más adecuado y la altura de espaldera óptima para que la producción compense los costes.

Respecto al índice de superposición foliar, según parece, los rendimientos más elevados se obtienen cuando el número de planos foliares superpuestos está comprendido entre 4 y 5 (aproximadamente dos a cada lado de la espaldera). Estos resultados están de acuer-

do con los obtenidos en los estudios que hemos realizado sobre la influencia de la luz en la actividad fotosintética de las hojas de vid (4)

El estudio de la superficie foliar de una cepa o de una hectárea de cultivo de vid es un tema que ha sido tratado por diversos autores. Gallet (5, p 358) refiere que Muntz, en el siglo pasado, fue el primero en observar la diferencia que existe entre el contenido de hojas en los cultivos de las zonas húmedas y en los de zonas secas, atribuyendo el exceso de hojas en las zonas húmedas a la necesidad de disponer de una mayor superficie foliar para recolectar más sol ya que en estas zonas las nubes producen una considerable reducción en el número de horas de insolación. En los tratados modernos de viticultura se dan cifras relativas a la superficie foliar por hectárea y a la cantidad de hojas necesaria para producir 1 kg de uvas o un grado alcohólico (2, 5). En general, en estos tratados se dan datos referentes a variedades específicas cultivadas de una forma determinada, pero los valores que citan son del mismo orden que los obtenidos en nuestro trabajo. El índice foliar agrario, en los cultivos analizados, varió entre 1,33 y 2,81; estos valores son sensiblemente inferiores a los que corresponderían a una "cubierta vegetal" completa (de tipo parral, por ejemplo) y desde el punto de vista de aprovechamiento fotosintético de la luz este último tipo de conducción resultaría más eficiente.

Respecto a la proporción de materia orgánica contenida en los racimos, hojas y sarmientos, cabe destacar que entre los seis cultivos analizados se observó una concordancia bastante grande, con independencia del vigor de las plantas o de la altura de la espaldera. La principal aplicación del conocimiento de estas proporciones es la de poder evaluar a partir de la cosecha de uva (cuyo peso se conoce siempre) la cantidad de materia orgánica exportada por las hojas y sarmientos y, como consecuencia, calcular la cantidad de abono necesario para añadir al cultivo. Branas y otros (3) trataron de establecer una ecuación que relacionara el peso de la cosecha, el de los sarmientos y el grado alcohólico probable del vino pero, dicha ecuación, sólo se cumplía en la variedad estudiada ('Aramon')

La cantidad de materia seca producida en la parte aérea de los cultivos de mayor producción fue del orden de las 10 toneladas por hectárea y año. Considerando que la radiación solar recibida por hectárea y año equivalente a $1,2 \times 10^{10}$ kcal (valor estimado) y asignando un valor de 4 kcal por gramo de materia seca se puede establecer que la eficiencia neta en la transformación fotosintética anual de la energía solar en materia orgánica aprovechable (racimos, hojas y sarmientos) en los cultivos estudiados osciló entre el 0,17 y el 0,37 por ciento. Aunque estos valores son inferiores a los reales, ya que no se ha tenido en cuenta la materia orgánica producida y almacenada en las raíces y partes leñosas del tallo, distan mucho de ser los límites fisiológicos desde el punto de vista fotosintético (seguramente se podría llegar a eficiencias del orden 1 por ciento ó superiores). Esto quiere decir que es posible esperar un incremento en la productividad optimizando las condiciones de conducción y cultivo de estos viñedos.

Conclusiones

Como consecuencia de los resultados obtenidos se han podido establecer las siguientes conclusiones para los cultivos estudiados:

- La producción de uva en un viñedo cultivado en espaldera depende, más que de la densidad de plantación o de la superficie total de espaldera, de la manera de conducirlo.
- La superficie foliar necesaria para producir 1 kg de uva oscila alrededor de 1 m², variando el número de planos foliares superpuestos entre 2 y 5.
- La proporción relativa de la materia orgánica contenida en los racimos representa aproximadamente un 60 por ciento de la materia orgánica producida en la parte aérea (considerando racimos, hojas y sarmientos) y es independiente de la producción total.
- La producción de materia orgánica está muy por debajo de los límites fisiológicos impuestos por la

eficiencia de la fotosíntesis, por lo que es de esperar mayores producciones si se optimizan los factores variables que intervienen en el desarrollo de las plantas

Resumen

Se evalúa la productividad de seis cultivos de vid conducidos en espaldera. Se determinan diversos índices relativos a la unidad de superficie de espaldera y a la unidad de superficie agrícola cultivada. En los resultados obtenidos se observa que la proporción de racimos, hojas y sarmientos en los diferentes cultivos analizados, permanece bastante constante con independencia de la producción total; para la producción de 1 kg de racimos se requiere, aproximadamente, 1 metro cuadrado de superficie foliar; los mejores rendimientos se obtienen en las espalderas cuyo número de planos foliares superpuestos está comprendido entre cuatro y cinco.

Literatura citada

- 1 AUSSENAC, G., BOUCHON, J., DUCREY, M. — La production photosynthetique forestiere. *In* Photosynthese et production vegetale. Paris, Gauthier-Villars, 1975 pp 217-242
- 2 BRANAS, J. - Viticulture Montpellier, Paul Dehan 1974 990 p
- 3 BERNON, G., LEVADOUX, L. - Elements de viticulture generale. Bordeaux, Delmas Ed't 1946. 400 p
- 4 FERNANDEZ, J., BALKAR, J y MEYER, I. H. - Influencia de la iluminación sobre la actividad fotosintética de las hojas de vid cultivada en espaldera Turrialba 27 (1): 3-6 1977
- 5 GALLET, P. - Precis de viticulture Montpellier, Paul Dehan. 1973 584 p
- 6 KIRA, T. - Primary production of forests. *In* Photosynthesis and productivity in different environments Cambridge University Press, 1975. pp 5-40.
- 7 KVET, J., ONDOK, J. P., NECAS, I. y JARVIS, P. G. - Methods of growth analysis. *In* Plant photosynthetic production. Manual of methods La Haya, Dr. W. Junk, 1971. pp 343-391
- 8 LOOMIS, R. S. y GERAKIS, P. A. - Productivity of agricultural ecosystems. *In* Photosynthesis and productivity in different environments. Cambridge University Press, 1975 pp 145-172.
- 9 ————— y WILLIAMS, W. A. - Productivity and the morphology of crop stands. *In* Physiological aspects of crop yield Madison, American Society of Agronomy, 1969 pp 27-51
- 10 MONSI, M. y MURATA, Y. Development of photosynthetic systems as influenced by distribution of matter. *In* Prediction and measurement of photosynthetic productivity Wageningen, Centre for Agricultural Publishing and Documentation 1970 pp 115-129