

ANÁLISIS DEL ESTADO DE COMPETENCIA Y MANEJO DE LA DENSIDAD EN RODALES DE *Populus deltoides* Marsh EN EL DELTA DEL PARANA

C. WINCKLER; F. CACCIA; ANA M. GARAU; C. REZZANO y NOEMI MAZIA¹

Recibido: 06/06/94

Aceptado: 19/12/94

RESUMEN

Las plantaciones comerciales con *Populus deltoides* Marsh alcanzan gran importancia en la Argentina, siendo el destino de su producción variado (madera aserrada, trituración para pulpa o tableros de partícula y debobinado).

La necesidad de efectuar un manejo racional de las forestaciones se torna cada día más evidente, a fin de optimizar la productividad y de esta manera mejorar la rentabilidad.

Es esencial para los silvicultores contar con herramientas técnicas que les permitan tomar decisiones basadas en criterios científicos, objetivos y de relativa facilidad de aplicación.

En este trabajo se propone como criterio de manejo de la densidad en plantaciones comerciales de *Populus deltoides* al Índice de Densidad del Rodal (Reineke, 1933), aportando una primera aproximación al rango de valores máximos y mínimos de dicho índice (450-270) dentro del cual deben manejarse las densidades de las forestaciones para lograr los máximos incrementos de área basal.

Palabras clave: *Populus deltoides*, índice de densidad del rodal, manejo de la densidad.

AN ANALYSIS OF THE STATE OF COMPETITION AND DENSITY MANAGEMENT IN *Populus deltoides* Marsh STANDS IN THE DELTA OF THE PARANÁ RIVER

SUMMARY

Commercial plantations with *Populus deltoides* are of great importance in Argentina, with diverse industrial applications (sawn timber, chips for pulp or particle-boards, vanner).

The need to achieve rational management of the plantations density becomes ever more evident, in order to optimise productivity and thus increase forest profit.

It is essential for the silvicultors to employ technical tools, relatively easy to apply, on the basis of scientific and objective criteria.

In this work, we propose the use of Stand Density Index (Reineke, 1933) as a management tool for the control of density in commercial *Populus deltoides* plantations. The first approximation of the maximum and minimum range of stand density index values are given (450-270). We propose that plantation density should be managed within that range to maximise basal area increase.

Key words: *Populus deltoides*, stand density index, density management.

¹ Cátedra de Dasonomía. FAUBA. Av. San Martín 4453. (1417) Buenos Aires.

INTRODUCCION

Las forestaciones en la región del Delta del Río Paraná se realizan casi exclusivamente con Salicáceas, estimándose la superficie plantada con álamos (*Populus* sp) en 14000 ha, (Climent, 1992) predominando en la actualidad los carolinos mejorados (*Populus deltoides* Marsh.) debido a sus mayores rendimientos y su buena calidad de madera.

Existe una tendencia creciente y sostenida hacia la demanda de madera de mayores diámetros, situación que impone poner énfasis en todos los aspectos involucrados en el ajuste de un manejo silvicultural que posibilite regular los niveles de densidad que resulten compatibles con altas tasas de retorno económico.

Es posible maximizar la captación y utilización de los recursos del ambiente en rodales forestales cultivados controlando la expansión del área foliar y radical por unidad de superficie. Este objetivo podría lograrse a partir de la identificación de los niveles óptimos de densidad de las plantaciones (Day, 1985). En estos niveles, los individuos de un stand acumulan biomasa a una tasa máxima. Conocer los valores de densidad en los cuales se produce dicho proceso resulta imprescindible para ajustar un manejo silvicultural que garantice la obtención de elevados rendimientos de madera en el menor tiempo posible.

En la Argentina, tradicionalmente, la determinación de la oportunidad, intensidad y frecuencia en la aplicación de raleos en plantaciones forestales comerciales, se realiza según criterios subjetivos tales como proporción de copa viva, niveles de luz observados dentro del bosque, grado de superposición de copas y edad del rodal.

Un método basado en criterios más objetivos como el del Area Basimétrica Residual Normal (Assman, 1962; Cozzo, 1976) consiste en manejar los rodales dentro de niveles de densidad correspondientes a valores óptimos de esa variable. La restricción principal de esta metodología reside en la necesidad de conocer para cada especie, calidad de sitio y estado de desarrollo del rodal, el nivel de Area Basimétrica ideal en que debe mantenerse el mismo para maximizar su productividad. En nues-

tro país existen escasos antecedentes sobre su aplicación (Cozzo, 1976) como consecuencia de la falta de información básica necesaria para su implementación. En este sentido es generalizada en la Argentina la ausencia de tablas de rendimiento normal, las cuales contienen información sobre los valores de las principales variables de interés forestal definidas para cada especie, edad y calidad de sitio.

Las dificultades mencionadas pueden ser superadas utilizando métodos de estimación de la densidad en rodales forestales que sean independientes de la calidad de sitio y la edad tales como el Factor de Espaciamento (Wilson, 1946) o el Índice de Densidad del Rodal (IDR) (Reineke, 1933).

El IDR de una población forestal se define como el número de árboles por hectárea que existen en un rodal completamente poblado, y que presenta un diámetro cuadrático medio (DCM) de 25 cm. (Daniel *et al*, 1982; Day, 1985). La utilización de un DCM de referencia tiene como objetivo reducir a una unidad equivalente la densidad de los rodales con el propósito de permitir su comparación (Daniel *et al*, 1982). Resulta especialmente apropiado para el manejo de plantaciones cuando se carece de tablas de rendimiento locales, presentando además la característica fundamental de no ser afectado por la calidad de sitio y la edad del rodal (Reineke, 1933; Daniel *et al*, 1982; Day, 1985; Day y Gonda, 1987).

El IDR es una expresión forestal de la Regla de los $-3/2$ (White, 1980; Day y Gonda, 1987), la cual establece que existe una relación inversa entre el peso seco individual de los individuos remanentes a medida que la densidad de una población aumenta (Yoda *et al*, 1963; Harper, 1977); la pendiente de esta relación para la mayoría de las poblaciones estudiadas, se ubicó alrededor de $-1,5$ ó $-3/2$ (Yoda *et al*, 1963; Harper, 1977; Day, 1985) asumiéndose como un principio biológico general (White, 1980).

En el IDR la densidad (N°/ha) es considerada como la variable dependiente y el tamaño de la planta (DCM) como variable independiente, invirtiéndose de esa manera los términos establecidos en la Regla de los $-3/2$. Según Zeide (1987), la mortalidad densidad-dependiente es causada

por el incremento del tamaño de las plantas, por lo cual resulta más apropiado utilizar un indicador del tamaño de los individuos como variable independiente, y el número de plantas como variable dependiente. En este sentido el IDR utiliza el DCM como estimador del tamaño de los individuos, el cual presenta una buena correlación con el ancho de copa que es la variable que mejor caracteriza el tamaño de los mismos, pero que resulta de difícil estimación (Zeide, 1987).

Para utilizar el IDR en planes de manejo silvicultural es indispensable contar con los valores máximos y mínimos del mismo dentro de los cuales se deben dejar evolucionar las plantaciones a efectos de maximizar la productividad.

Dado que no se han encontrado antecedentes bibliográficos sobre la utilización de este índice en plantaciones de *Populus deltoides*, el presente trabajo tiene como objetivo aportar una primera aproximación a los valores de IDR que podrían resultar adecuados para planteos de manejo silvicultural.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del área

Se analizaron plantaciones realizadas con *Populus deltoides* ubicadas en la región del Delta inferior del río Paraná, cuyo clima es de tipo templado-húmedo, sin estación seca. La temperatura media anual es de 16 °C, siendo enero el mes más cálido con una temperatura media de 22.6 °C y julio el más frío con 10.5 °C. Presenta además 43 días con heladas. El régimen pluviométrico es isohigro, con un valor anual de alrededor de 1000 mm. (Berrondo y Gurini, 1990).

El régimen eólico influye en el comportamiento del sistema hídrico alterando el nivel hidrométrico de los ríos.

Los suelos hidromórficos con elevado porcentaje de materia orgánica, son del tipo denominado Hidraquents Orticos en el caso de los bañados (pajonales), y Umbraquept Ortico con afinidad a los Aplaquell en el caso de los albardones (Berrondo y Gurini, 1990).

Fuentes de información

Durante esta primera etapa del proyecto se utilizaron para el análisis datos correspondientes a plantaciones realizadas por el INTA ubicadas en campos particulares en el área de influencia de la E.E.A. Delta del

Paraná. Dichos ensayos presentaban un diseño en bloques completamente aleatorizados, y se establecieron originalmente para evaluar la productividad de distintos clones de *Populus deltoides*.

Las plantaciones analizadas se caracterizaban por ser monoclonales, coetáneas y con distancias de plantación habituales para la zona. Para la selección de los ensayos los criterios utilizados fueron que las parcelas (repeticiones) tuvieran al menos 10 individuos y que existieran datos completos y consecutivos a lo largo de una secuencia mínima de 4 años en la cual se manifestaran diferencias en el crecimiento debido a la competencia.

Los ensayos seleccionados fueron

Ensayo	Jauregui- berry	Mendi- zábal
Año plantación	1970	1984
Distancia de plantación (m)	4 x 4	3 x 3
Nº de repeticiones	5	5
Años analizados	1972/79	1989/92
Clones	Catfish 2 Catfish 5 1 72/51	Catfish 2 Catfish 5 125/68 151/68
Nº individuos/parcela	20	15

En el ensayo Jaureguiberry las parcelas tenían en total 42 individuos, descartándose una fila del perímetro como bordura, quedando así 20 árboles centrales sobre los que se realizaron las mediciones. En el ensayo Mendizábal los valores fueron de 35 y 15 respectivamente.

Elaboración de datos

Para cada ensayo, clon y repetición se calculó el área transversal y el área basal a partir del Nº de individuos/ha. Estos cálculos se hicieron para la secuencia anual de datos consecutivos con los que se contaba.

A partir del área transversal promedio se calculó el diámetro cuadrático medio del rodal (DCM), descartando algunas parcelas con datos incompletos o con pocos individuos debido a causas no atribuibles a la compe-

tencia, tales como inundaciones o apeo. Esta situación se presentó con el clon 172/51 del ensayo Jaureguiberry, descartándose las parcelas 1 y 2.

Posteriormente y para cada situación, se obtuvo el valor del Índice de Densidad del Rodal (IDR) ajustado al sistema métrico decimal (Daniel *et al.* 1982; Day, 1987). Se calculó el incremento corriente anual (ICA) de área basal y luego se obtuvieron gráficos de ICA de área basal en función de los correspondientes valores de IDR para la secuencia de años considerada en cada caso.

En esos gráficos se analizó la tendencia del ICA del área basal con el objetivo de identificar los niveles de densidad en términos de IDR en los que el efecto de la competencia comienza a afectar la productividad. El criterio adoptado fué considerar el valor de IDR en el cual la productividad en términos de ICA de área basal fuera máxima, para posteriormente disminuir al menos un 10 % respecto del año anterior durante por lo menos 2 años consecutivos (ICA de area basal de referencia), asumiendo de esta manera que la disminución del ICA de área basal se produce por efectos de la competencia.

Este análisis permitió definir el límite superior del rango de valores de IDR para el manejo de las plantaciones. El valor inferior se calculó en función del 60 % de dicho valor máximo, de acuerdo a lo expuesto por Moller (1945) y Assman (1962) en el sentido que los incrementos corrientes periódicos no son sustancialmente modificados a lo largo de un amplio rango de densidades (entre 60 y 100 % de los valores normales).

A fin de verificar el ajuste de los datos al método de análisis propuesto, se realizó una regresión entre el log₁₀ del DCM (variable independiente) y el log₁₀ del N° de individuos por hectárea (variable dependiente), ambos correspondientes al ICA de AB de referencia.

Se evaluó el efecto de los clones sobre los valores medios de IDR correspondientes al ICA de AB de referencia por medio de un análisis de varianza (ANVA)

Con datos provenientes de plantaciones bien manejadas en Estados Unidos (Mc Knight, 1970; Baker y Broadfoot, 1979; Shelton *et al.*, 1982) se calcularon los valores de IDR correspondientes a situaciones pre y post raleo.

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa Statgraphics (Statistical Graphics Corporation, 1986).

RESULTADOS

El análisis de regresión para las variables log N° árboles por hectárea y log DCM permitió verificar el ajuste de los datos con el método propuesto. El modelo de regresión lineal estimado $\log y = 11,28 - 1,615 \log x$ explica el 66,78% de la variabilidad en y ($r^2 = 66,78\%$; $p < 0,01$).

El valor de la pendiente fué de -1,615, muy similar al valor de -1,605 encontrado por Reineke (1933).

El nivel de asociación entre ambas variables resultó altamente significativo ($r = -0,817$; $p < 0,01$; error estándar de la estimación = 0,19).

La evolución del ICA de área basal en función de la densidad, expresada en términos de IDR, para los clones considerados y discriminada por parcelas se observa en las Figs. 1 y 2.

Los valores de IDR correspondientes al ICA de área basal de referencia para los ensayos analizados, discriminados por clon y por parcela, se presentan en el Cuadro N° 1.

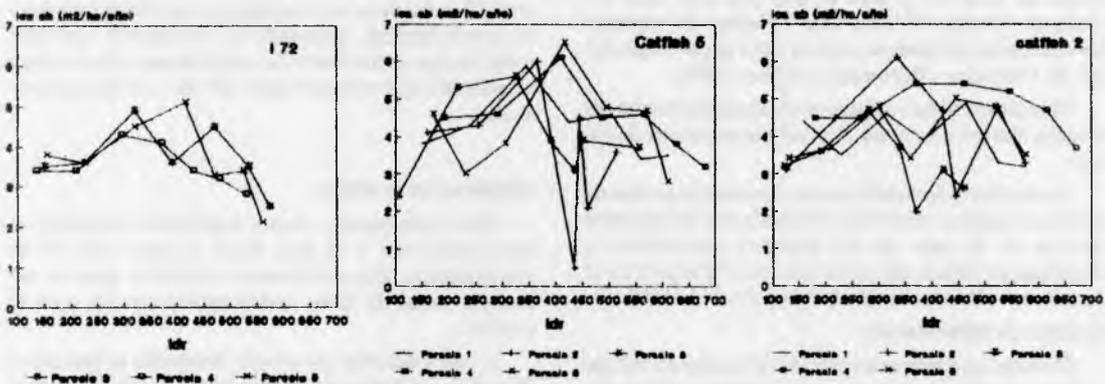


Figura 1: Relación entre el incremento Corriente Anual (ICA) en Area Basimétrica y el índice de Densidad del Rodal (IDR) para los clones del ensayo Jaureguiberry

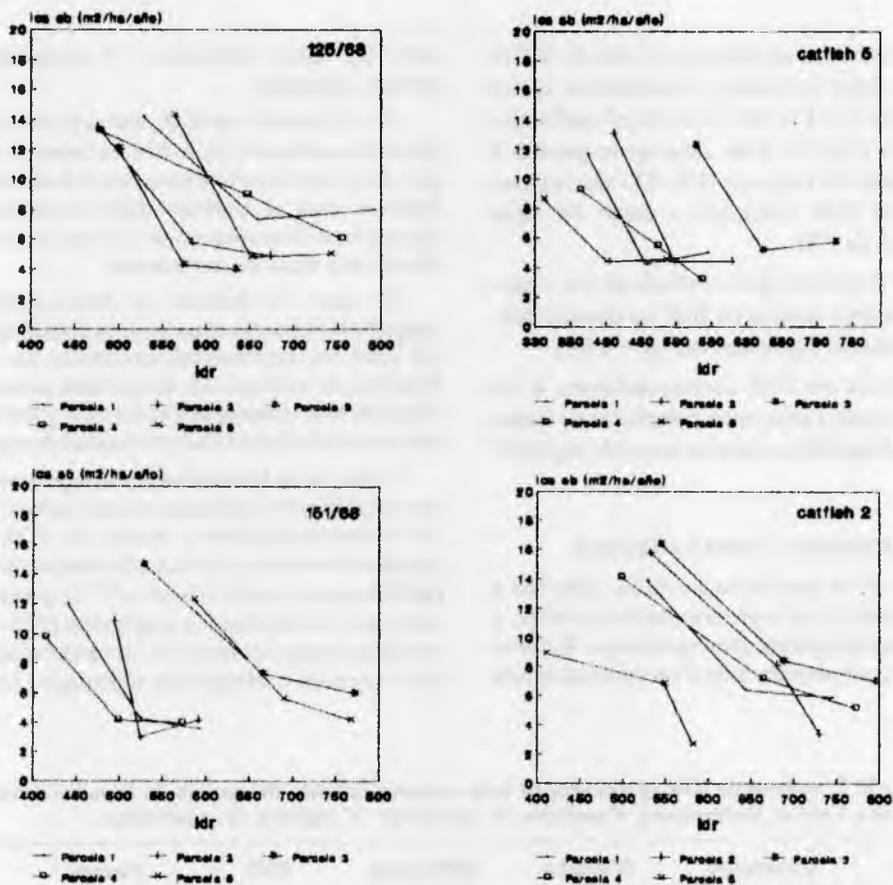


Figura 2: Relacion entre el incremento Corriente Anual (ICA) en Area Basimetrica y el indice de Densidad del Rodal (IDR) para los clones del ensayo Mendizabal.

Cuadro N° 1 Valores de IDR correspondientes al ICA de área basal de referencia. Par.: parcela; Cat.: Catfish.

	Ensayo Jaureguiberry			Ensayo Mendizábal			
	Clon			Clon			
Par.	Cat.2	Cat.5	1 72/51	Cat.2	Cat.5	151/68	125/68
1	466	346		529	405	441	529
2	337	364		533	442	496	476
3	278	323	471	544	558	530	500
4	546	405	371	498	394	415	478
5	520	416	414	410	343	587	565
\bar{x} =	429,4	370,8	418,6	502,8	428,4	493,8	509,6
S=	116,8	39,2	50,2	54,6	80,6	68,9	37,6
CV% =	27,2	10,6	12,0	10,8	18,8	14,0	7,3

A partir de estos resultados, se calculó el IDR medio para todos los clones y situaciones, el cual resultó ser de 452,4 +/- 80,7, siendo el coeficiente de variación 17,83 %. Este valor correspondió al límite superior del rango de IDR. El valor mínimo del rango de IDR, calculado a partir del valor máximo, fué de 270.

El ANVA para evaluar el efecto de los clones sobre los valores medios de IDR no detectó diferencias altamente significativas ($p > 0,01$).

Los valores de IDR correspondientes a los momentos de pre y post raleo calculados en base a revisión bibliográfica se presentan en el Cuadro N° 2.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

El valor de la pendiente (-1,615), obtenido a través del análisis de regresión entre $\log N^{\circ}/ha$ y $\log DCM$ resultó similar al propuesto por Reineke (-1,605), lo cual permite inferir un correcto ajuste

entre los datos utilizados y la metodología de análisis adoptada.

El valor medio de IDR obtenido (450) para la situación analizada (ICA de área basal de referencia) representaría el máximo nivel de competencia hasta el cual se podrían dejar evolucionar las plantaciones bajo manejo de *Populus deltoides* sin afectar sus tasas de incremento.

El valor 270 definiría el límite inferior del rango de IDR para el manejo de la densidad, dentro del cual los incrementos corrientes no decaen. Planteos de manejo con densidades menores implicarían una subocupación del sitio y por lo tanto una menor productividad por unidad de superficie.

Si bien no se han hallado datos que corroboren los resultados presentados en este trabajo, a partir de la transformación a valores de IDR de los planteos de manejo silvícola documentados en las publicaciones citadas (Cuadro N° 2), puede observarse que las densidades propuestas (450-270) no se alejan sustancialmente de las calculadas a partir de la revisión bibliográfica efectuada (356-193).

Cuadro N° 2: valores de IDR calculados en base a planes óptimos de manejo de *Populus deltoides* en Estados Unidos. Referencias: Condición A : pre-raleo - Condición B : post-raleo.

Edad	Condición	N°ind/ha	DPR (cm)	IDR	Fuente	
5	A	813	15,2	366	Baker, y Broadfoot, (1979)	
	B	387	15,2	174		
10	A	387	25,5	399		
	B	225	25,5	232		
15	A	225	33,0	351		
	B	138	33,0	215		
8	A	500	20,3	358	Mc Knight, 1970	
	B	250	20,3	179		
12	A	250	30,5	344		
	B	125	30,5	172		
18	A	125	46,0	333		
	B	63	46,0	168		
28	A	63	70,0	330		
4	A	1067	13,2	383	Shelton, <i>et al</i> 1982	
	B	534	13,2	192		
7	A	519	19,1	337		
	B	322	19,1	209		
Datos medios:			n	x	s	cv
		situación A	9	356	23,5	6,60 %
		situación B	8	193	23,5	12,20 %

Puede presumirse que los valores inferiores de IDR con los que se manejarían las plantaciones comerciales de álamo en Estados Unidos se deban a la prioridad que se asigna en ese país a la obtención de máximos incrementos de área basal individual. Dado que el presente trabajo se realizó teniendo en cuenta la optimización del incremento del Área Basal Total, si se deseara maximizar fundamentalmente el crecimiento en diámetro, los valores máximos y mínimos de IDR posiblemente deberían mantenerse un poco más bajos.

Mantener las plantaciones dentro de estos niveles de densidad significaría, entonces, posicionarse dentro de la escala óptima de productividad (en términos de incrementos corrientes anuales), según la tendencia expuesta por

Langsaeter (1941). Si existe un período de crecimiento durante el cual los diámetros son tan pequeños que el bosque tiene muy escaso valor, es posible mantenerlo por debajo de una densidad óptima siempre y cuando se aproveche el potencial del sitio en el momento en el que el diámetro haya alcanzado un valor comercial. Esta "pérdida de crecimiento" no es tal en términos económicos.

Se propone entonces dejar evolucionar las plantaciones hasta valores de IDR de 450 y a partir de ese momento efectuar raleos, disminuyendo la densidad hasta valores de IDR iguales a 270.

AGRADECIMIENTOS

A los Técnicos de la EEA Delta del Paraná (INTA), por su invalorable colaboración, sin la cual no hubiese sido posible la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- ASSMANN, E. 1962. The effect of different thinning intensities on growth and yield. Can. Dep. For.; *For. Res. Mimeog.* 37 pgs.
- BAKER, J. and W. BROADFOOT. 1979. A practical field method of site evaluation for commercially important Southern hardwoods. U.S. Dep. Agr. For. Serv. *Gral. Tech. Rep.* 50 - 26; 48.
- BERRONDO, G. y L. GURINI. 1990: Características ecológicas del Delta del río Paraná. INTA, E.E.A. Delta del Paraná. 1pp (mimeogrf.).
- CLIMENT, M. 1992. Maderas de álamo y sauce, Industria celulósica-papelera. Seminario sobre costos de producción y elaboración de la madera, su industrialización y comercio. *AFOA.* pgs. 22-34.
- COZZO, D. 1976. Tecnología de la forestación en Argentina y América Latina. *Ed. H.Sur. Bs.As.* 610 pgs.
- DANIEL, P., V. HELMS, y F. BAKER. 1982. Principios de Silvicultura. 2ª edición McGraw-Hill. México. 492 pgs.
- DAY, R. 1985. Silvicultural Report 1985. Crop Plans in Silviculture. Sch. of For. Lakehead Univ. 58 pp.
- DAY, R. and H. GONDA. 1987. The crop planning method to improve the yield of slash pine plantations in Misiones. Simposio Silvicultura y Mejoramiento Genético de especies forestales. *CIEF.* 4: 116 - 133.
- HARPER, J. 1977. Population Biology of Plants. Academic Press. New York, 892 pp.
- LANGSAETER, A. 1941. About thinning in even-aged stands of spruce, fir and pine. *Meddel. f.d. Norske Skagforsöksveses.* 8: 131-216.
- McKNIGHT, J. 1970. Planting cottonwood cuttings for timber production in the South. U.S. Dep. Agr. For. Serv. *Res. Paper* 50-60.
- MÖLLER, C. 1945. Untersuchungen über Laubmenge, Stoffverlust und Stoffproduktion des Waldes. *Forst. Forsogs. Danm.* 17: 1-287.
- REINEKE, L. 1933. Perfecting a stand-density index for even-aged forest. *Journal Agricultural Research* 46: 627-638.
- SHELTON, M., G. SWITZER, L. NELSON, J. BAKER and C. MUELLER. 1982. The development of cottonwood plantation on alluvial soils. Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station, *Techn. Bull.* 113.
- STATISTICAL GRAPHICS CORPORATION. 1986. Statgraphics, Version: 2.0.
- WHITE, J. 1980. Demographic factors in population of plants. Pages 21-48 in O. T. Solbrig, editor. Demography and evolution in plant populations. University of California Press, Berkeley, California, USA.
- WILSON, F. 1946. Numerical expression of stocking in terms of height. *J. For.* 44: 758-761.
- YODA, K., T. KIRA, H. OGAWA and K. HOZUMI. 1963. Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions. (Intraspecific competition among higher plants XI). *Journal of the Institute of Polytechnics*, Osaka City University, series D 14: 107-129.
- ZEIDE, B. 1987. Analysis of the 3/2 power law of self-thinning. *For. Science* : 517-537.