

Modelos para estimar el área foliar de melón híbrido 'Durango'

Leaf area estimation models for 'Durango' hybrid melon.

Dorys T. Chirinos¹
Lina Chirinos-Torres¹
Francis Geraud-Pouey¹
Osiris Castejón²
Raúl E. Fernández³
Juan A. Vergara³
Luis E. Mármol³
Dubia Chirinos-Torres³

Resumen

Modelos para estimar el área foliar (AF) basado en el largo (L) y ancho (A) de la hoja fueron evaluados para melón, *Cucumis melo* L. híbrido Durango, cultivado en el campo al noroeste del estado Zulia, Venezuela, durante el período enero-febrero 1995. Se tomaron cinco muestras aleatorizadas de hojas de tres edades (jóvenes, maduras y senescentes) (40 hojas/edad), en dos fincas comerciales. Estas medidas fueron correlacionadas y luego se obtuvieron las ecuaciones de regresión: lineales simples (AF en función del L, del A y del producto $L \times A$), lineal múltiple (AF en función del L con A), las cuadráticas (AF en función del A^2 , del A con A^2 , del L^2 y del L con L^2) y las funciones de regresión gamma del AF con L y AF con A. El AF resultó positivamente correlacionada con el largo ($r=0.919$) y con el ancho ($r=0.980$) ($n=587$). Todas las ecuaciones calculadas explican significativamente ($P < .0001$) el AF (amplitud de variación de $R^2 = 0.793-0.98$). No obstante, solo el antilogaritmo de los valores calculados mediante la expresión logarítmica de la función de regresión gamma ($\ln AF = -0.863A - 0.03A + 2.349 \ln A$; $R^2 = 0.98$, $CV = 2.02\%$) y los directamente calculados con las ecuaciones cuadráticas ($AF = 21.580 + 4.202A + 0.507A^2$; $R^2 = 0.973$, $CV = 9.26\%$ y $AF = 2.366 + 0.676A^2$; $R^2 = 0.972$, $CV = 9.5\%$) produjeron adecuados valores estimados del AF (amplitud de variación de $\chi^2 = 448.97-482.73$; $P < .0006$). Estos resultados

Recibido el 30-10-1995 • Aceptado el 29-11-1996

1. Unidad Técnica Fitosanitaria, Facultad de Agronomía, La Universidad del Zulia (LUZ), Apartado 15205, Maracaibo 4005, Zulia, Venezuela

2. Facultad de Ciencias Veterinarias, LUZ

3. Facultad de Agronomía, LUZ.

demuestran la posibilidad de estimar el AF de manera confiable a partir de medidas fácilmente obtenibles sin destruir la planta y que buenos valores de R^2 y CV no necesariamente indican las bondades del modelo para estos fines.

Palabras claves: *Cucumis melo*, área foliar, medidas lineales.

Abstract

Leaf area (AF) estimation models based on length (L) and width (A) were assessed for field grown melon, *Cucumis melo* L. Durango hybrid in northwestern state of Zulia, Venezuela, during January-February 1995. Five random samples including three leaf ages (young, mature and senescent) (40 leaves/age) were taken at two commercial fields. Measurement were correlated and regression equations: simple linear (LA as a function of L, W and $L \times W$), multiple linear (LA as a function of L with W), quadratics (LA as a function of L^2 , L with L^2 , W^2 and W with W^2) and the gamma regression of LA on L and LA on W) were tested. LA was positively correlated with both, L ($r = 0.910$) and W ($r = 0.980$) ($n = 587$). All equations tested significantly explained LA (range of $R^2 = 0.793-0.98$; $P < .0001$). However, only the antilogarithm of the values calculated with the logarithmic form of the gamma equation ($\ln LA = -0.863W - 0.03W + 2.349 \ln W$; $R^2 = 0.98$; $CV = 2.02\%$) and those directly obtained with the quadratic equations ($LA = 21.580 + 4.202W + 0.507W^2$; $R^2 = 0.973$; $CV = 9.26\%$ and $LA = 2.366 + 0.676W^2$; $R^2 = 0.972$, $CV = 9.5\%$) produced adequate estimates of the observed LA (range of $\chi^2 = 448.97-482.73$; $P < .0006$). These results show the possibility of estimating LA from linear measures easily obtained in the field without destroying the plant and also that good values of R^2 and CV not necessarily implies adequate capability of the model for this purpose.

Key words: *Cucumis melo*, leaf area, linear measures.

Introducción

La determinación del área foliar es importante para el análisis de crecimiento de las plantas (9). Por otro lado, su conocimiento permite referir con mayor exactitud las infestaciones y daños por artrópodos fitófagos y microorganismos fitopatogénicos asociados con hojas (11, 20, 21). Esta medida se obtiene generalmente con planímetros ópticos, poco disponibles y con frecuencia realizando muestreos destructivos, inconvenientes para los fines de ciertas investigaciones.

Afortunadamente, el área foliar guarda relaciones bastante consistentes con sus medidas lineales, tales como el largo y el ancho, las cuales pueden establecerse mediante ecuaciones de regresión (1, 5, 7, 8, 9, 13, 14, 15, 19). Dichas ecuaciones se pueden utilizar para estimar el área foliar a partir de esas medidas lineales fácilmente obtenibles (9).

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la estimación del área foliar de la planta de melón, *Cucumis*

melón L. híbrido Durango, cultivado en el campo, mediante ecuaciones basadas

en el largo y/o ancho de la lámina foliar.

Materiales y métodos

Los muestreos se realizaron en lotes comerciales de dos fincas productoras de melón del municipio Mara, estado Zulia, Venezuela, durante el período enero-febrero 1995. La zona de vida corresponde al bosque muy seco tropical (6) y los suelos son Haplargids (4).

Las prácticas culturales fueron las comunmente realizadas en la zona. Así, los lotes de melón híbrido Durango (Petoseed Co., Inc., Saticoy, CA, EEUU; sesenta días de ciclo), fueron sembrados a una hilera/surco de riego, con una separación de 2.0 m entre surcos y 0.3 m entre plantas. La frecuencia de riego fue de 3-4 días y en ambos casos la fertilización se hizo con el aporte utilizando fórmula completa (12-24-12) a razón de 800 kg/ha.

En el primer lote (1300 m², finca "Quinto Patio") los muestreos comenzaron cuando la planta tenía 4-5 hojas verdaderas. Allí se realizaron los tres primeros muestreos (semanales), recolectando hojas de tres edades (jóvenes, maduras y senescentes) a razón de 40 hojas/edad/muestreo. En esos muestreos se cubrieron las primeras fases del desarrollo del cultivo (adaptación y fase de crecimiento lineal). En el otro lote (900 m², finca "San Benito") se realizaron los últimos dos muestreos, cubriéndose así, las fases más avanzadas del ciclo del cultivo (40-60 días del ciclo). Las hojas fueron colocadas en bolsas plásticas y transportadas al laboratorio en cavas

atemperadas (aproximadamente 20 °C).

En el laboratorio a las hojas se les midió el área foliar (AF: cm²) con un digitalizador de siluetas (Delta-T Devices LTD, Londres, Inglaterra), así como el ancho (A) y largo (L) mayores (cm) de la lámina foliar (figura 1), medidos con una regla.

Una vez obtenidas estas medidas, se realizaron las correlaciones simples entre AF versus A y L. Además se hicieron los diagramas de dispersión o dispersogramas entre el área foliar versus cada una de las medidas lineales, para ver las tendencias de estas relaciones. Posteriormente con todas las observaciones (n = 587), se calcularon las ecuaciones de regresión: lineales simples (AF en función del L, del A y del producto L×A), lineal múltiple (AF en función del L con A), las cuadráticas (AF en función del L², del L con L², del A² y del A con A².) y las funciones de regresión gamma en sus expresiones logarítmicas ($\ln AF = a + bL + c \ln L$ y $\ln AF = a + bA + c \ln A$) (10), para un total de diez ecuaciones.

La selección de modelos para estimar el área foliar se basó en la cohesión y tendencia de los dispersogramas, alto coeficiente de determinación, bajo coeficiente de variación y menor número de variables utilizadas. Las ecuaciones fueron calculadas mediante el modelo lineal general (GLM) (16). Además, mediante

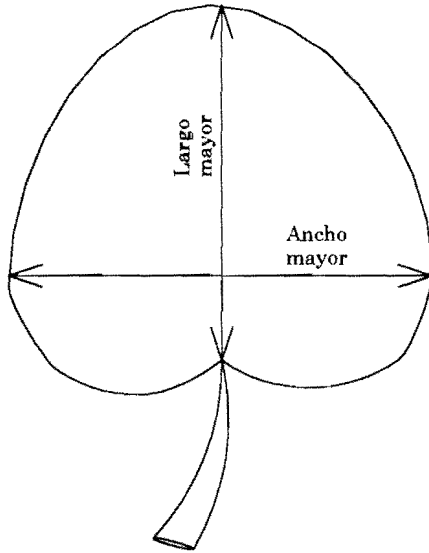


Figura 1. Representación de las medidas de largo mayor y ancho mayor de la hoja de la planta de melón *Cucumis melo*.

pruebas de χ^2 se evaluó la relación entre áreas foliares reales (AF) y las estimadas (AE) con los diferentes

modelos, construyendo dispersogramas para cada uno de ellos.

Resultados y discusión

Los rangos de área foliar, largo y ancho medidos estuvieron comprendidos entre 15-320 cm², 5.0-21.1 cm y 3.8-19.8 cm, respectivamente. El cuadro 1 muestra que tanto el largo ($r = 0.919$) como el ancho ($r = 0.980$) estuvieron positivamente correlacionados con el área foliar, siendo esta correlación altamente significativa ($P < .0001$). No obstante, se observa que los valores de correlación son mayores con el ancho. De hecho, el diagrama de dispersión (figura 2), muestra una mayor cohesión de puntos, al confrontar área versus ancho, siendo éstos más dispersos en área versus largo. Esto sugiere mejor ajuste de modelos para

la estimación del área foliar con el ancho. Además, el dispersograma con el ancho muestra una ligera tendencia curvilínea ascendente.

Las ecuaciones de regresión para estimación del área foliar son mostradas en el cuadro 2. Allí se observa que todas las ecuaciones tienen un apreciable coeficiente de determinación (amplitud de variación de $R^2 = 0.793-0.98$; $P < .0001$). Si se comparan las ecuaciones obtenidas con cada medida individualmente, se observa que donde se utiliza el ancho, los coeficientes de determinación son superiores ($R^2 = 0.960-0.98$) y los coeficientes de variación menores ($CV = 2.02-11.25\%$)

Cuadro 1. Correlaciones entre el área foliar, ancho y largo para hojas de melón, *Cucumis melo* L. híbrido Durango. Municipio Mara, estado Zulia, Venezuela. Período enero-febrero 1995.

	Area foliar	Ancho
Area Foliar	—	—
Ancho	0.980	—
Largo	0.919	0.921

$P < .0001$; $n = 587$.

que aquellos obtenidos con las ecuaciones utilizando el largo ($R^2 = 0.793-0.851$, $CV = 3.99-25.66\%$).

Las ecuaciones que incluyen ambas medidas, la lineal simple con el producto ($A \times L$) y la múltiple (A con L), tienen coeficientes de determinación mayores a 0.9 y los coeficientes de variación se mantienen dentro de niveles aceptables (11.01-12.40 %). Aunque la literatura señala modelos para estimación de área en base a ambas medidas, en otras especies de plantas (2, 3, 12, 17), en este caso los coeficientes de determinación de ecuaciones incluyendo las dos variables, son inferiores a las de algunas obtenidas con el ancho solamente. Por lo tanto, no se justifica la utilización de modelos que requieren tomar dos medidas para el cálculo del área, especialmente si se trata de muestreos no destructivos en el campo. En base a la simplicidad de la operación y el nivel de precisión ($r = 0.931$) del modelo, Srinivas y Hedge (18) utilizaron únicamente el ancho de la hoja, para la estimación del área foliar en melón cv. Haramadhu. La inclusión de ambas medidas en ecuaciones de regresión para determinación del área solo debe justificarse cuando los modelos obtenidos con una sola medida

tengan menor predictibilidad y se requiera de mayor precisión en la estimación de la misma.

Además de los coeficientes de determinación (R^2) y variación (CV), es fundamental demostrar la capacidad de estimación de los modelos mediante la comparación de valores calculados con los valores reales observados. En este caso, todos los modelos parecieran estadísticamente aceptables cuando solo se toma en cuenta esos coeficientes. Sin embargo, al comparar la precisión con que ellos estiman el área foliar (cuadro 2 y figura 3), es evidente que solo la expresión logarítmica del modelo Gamma (antilogaritmo de los valores calculados) y las cuadráticas, basadas en el ancho de la hoja, estiman eficientemente el área foliar. La mayor cohesión de puntos, la tendencia rectilínea y la pendiente aproximando una relación de 1:1 en los cambios de valor de los factores comparados en los diapsogramas correspondientes a esas ecuaciones (figura 3) evidencia sus mejores capacidades estimadoras del área foliar. De hecho, la forma logarítmica del modelo Gamma utilizando el largo de la hoja, mostró un alto coeficiente de determinación del área foliar ($R^2 = 0.92$) con muy bajo coefi-

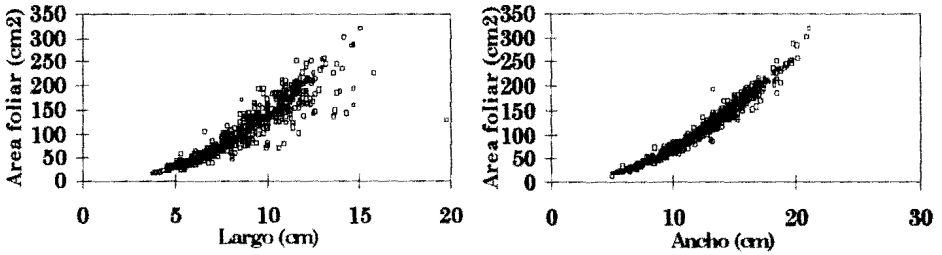


Figura 2. Dispersogramas entre área foliar vs. largo y ancho de la hoja de melón híbrido Durango creciendo en el campo, Municipio Mara, estado Zulia, Venezuela. Periodo enero-febrero 1995.

ciente de variación ($CV = 3.99\%$). No obstante, al comparar las áreas foliares estimadas mediante este modelo con las observadas, las diferencias resultaron altamente significativas ($\chi^2 = 1950.41$, $P < .001$), lo cual es sustentado por el correspondiente dispersograma (figura 3). La relativamente pequeña diferencia en cuanto a predictibilidad y coeficiente de variación, entre los dos modelos Gamma (con el largo y con el ancho) puede deberse al efecto de los logaritmos. De modo que artificios matemáticos pueden enmascarar la utilidad de los modelos, si no se evalúa su exactitud estimadora. Desafortunadamente, esta evaluación adicional no siempre es tomada en cuenta.

Los dispersogramas de la figura 3 demuestran que los modelos con baja precisión estimadora están asociados con mayor dispersión de puntos y/o tendencias curvilíneas en las relaciones AF versus AE.

Considerando todos los criterios de escogencia de modelos, en este caso se seleccionan la ecuación de regresión gamma en su forma logarítmica ($\ln AF = -0.863 - 0.03A + 2.349 \ln A$) y la cuadrática completa ($AF = 21.580 + 4.202A + 0.507A^2$), pudiéndose también

utilizar la cuadrática incompleta ($AF = 2.366 + 0.676A^2$) si conviniese simplificar los cálculos. En el caso de la primera ecuación, los valores estimados de AF serán los antilogaritmos de aquellos calculados con la misma. Aunque la ecuación lineal simple con el ancho muestra un alto coeficiente de determinación ($R^2 = 0.960$), esta subestima los valores del área cuando el ancho es menor que 7 cm o cuando éste es mayor que 18 cm (figura 2, cuadro 3). En ambos casos, las ecuaciones seleccionadas estiman mejor el área foliar. La tendencia curvilínea del dispersograma del área foliar versus el ancho (figura 2) sustenta la mayor exactitud estimadora de los mismos.

Dentro de las condiciones aquí referidas, los resultados permiten estimar el área foliar en este híbrido de melón, utilizando el ancho de la hoja. Es importante considerar las condiciones de cultivo, ya que Robbins y Pharr (15) encontraron para pepino diferencias entre ecuaciones calculadas para condiciones de campo y para cultivo hidropónico, debido a que cambia las relaciones entre el área foliar, largo y ancho de la hoja.

Cuadro 2. Modelos de regresión para estimar el área foliar (AF), en base al ancho (A) y largo (L) de la hoja de melón, *Cucumis melo* L. híbrido Durango. Municipio Mara, estado Zulia, Venezuela. Período enero-febrero 1995.

Tipo de Modelo	Modelo	R ²	CV (%)	AFvsAE (χ ²)
Lineal simple	AF=-86.091+22.268L	0.844	22.21	2437.79; P < .001
	AF=-89.796+16.492A	0.960	11.25	1120.96; P < .001
	AF=-0.885+0.969(LxA)	0.951	12.40	692.91; P < .001
Múltiple	AF=-92.465+2.621L+14.814A	0.962	11.01	1716.18; P < .001
Cuadrática incompleta	AF= 11.626+1.173L ²	0.793	25.66	2656.16; P < .001
Cuadrática completa	AF= 2.366+0.676A ²	0.972	9.50	482.73; P > .999
Logarítmica	AF=-128.119+32.318L-0.556L ²	0.851	21.81	2437.79; P < .001
de Gamma	AF=-21.580+4.203A+0.507A ²	0.973	9.26	459.26; P > .999
	ln AF=-1.343-0.164L+3.428lnL	0.922	3.99	1950.41; P < .001
	ln AF=-0.863-0.03A+2.349lnA	0.98	2.02	448.97; P > .999

Significancia de R² P < .0001; n = 587. AE = AF estimada con los modelos.

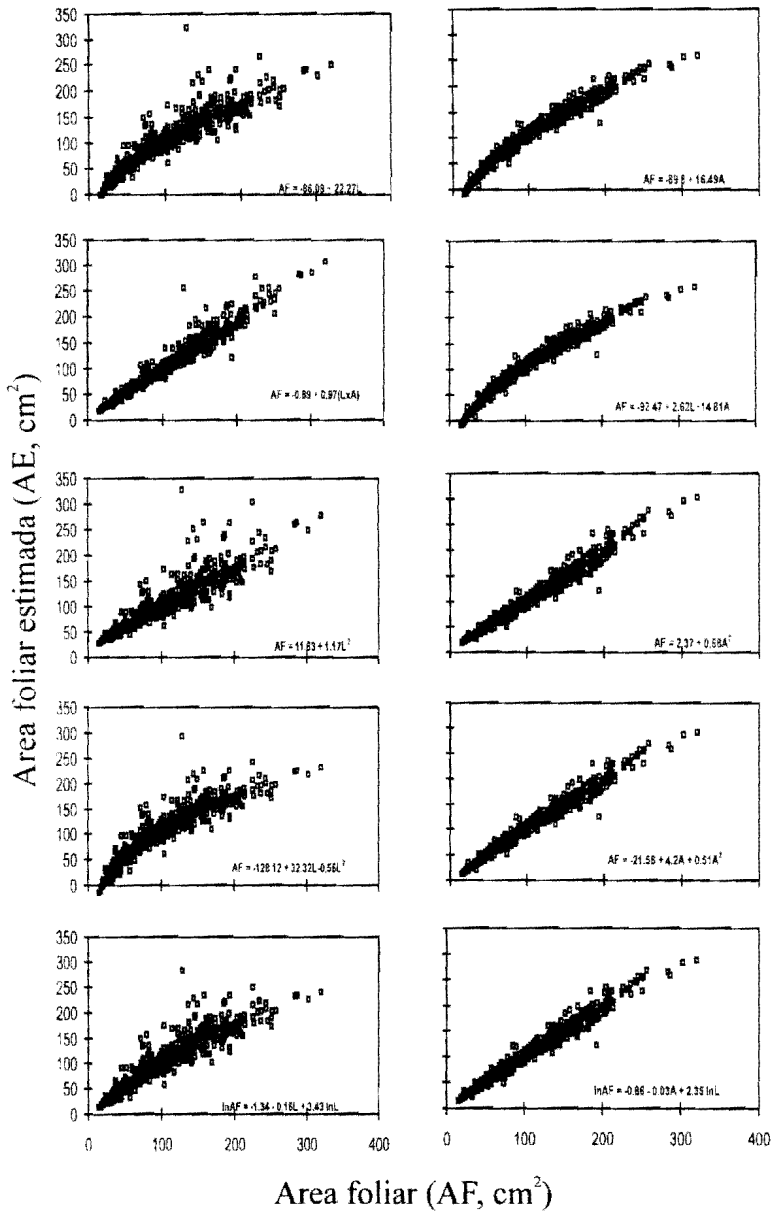


Figura 3. Dispersogramas entre área foliar observada (AF) y área foliar estimada (AE) mediante los diferentes modelos evaluados para melón híbrido Durango creciendo en el campo, Municipio Mara, estado Zulia, Venezuela. Período enero-febrero 1995.

Literatura citada

1. Ascencio, J. 1985. Determinación del área foliar en plantas de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y batata (*Ipomoea batatas* (L.) Parr) utilizando dimensiones lineales y peso seco de hojas. Turrialba 35 (1): 55-64.
2. Balakrishnan, K., N. Natarajaratnam y K. M. Sundaram. 1985. A rapid method for the estimation of leaf area in field bean. Madras Agric. J. 72 (11): 633-635.
3. Balakrishnan, K., K. M. Sundaram, N. Natarajaratnam y H. Vijayaraghavan. 1987. Note on the estimation of leaf area in maize by non-destructive method. Madras Agric. J. 74 (3): 160-162.
4. COPLANARH, 1974. Inventario Nacional de Tierras. Región del Lago de Maracaibo. Caracas. No. 34. 295 p.
5. Elser, E. A. y G. L. Jubb, Jr. 1988. Leaf area estimation of concord grape leaves from simple linear measurements. American J. Enol. and Vitic. 39 (1): 95-97.
6. Ewel, J. y A. Madriz. 1968. Zonas de Vida de Venezuela. FONAIAP. Caracas, Venezuela.
7. Fonseca, C., R de Conde, C. Da Fonseca. 1994. Estimativa da area foliar em mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gom). Pesquisa Agropecuaria Brasileira 29 (4): 593-599.
8. Kobayashi, K. D. 1988. Estimating leaf area of "Beaumont" guava. Trop. Agric. (Trinidad) No. 65: 173-175.
9. Kvet, K. y K. Marshall. 1971. Assesment of leaf area and other assimilating surfaces, p. 517-555. In: J. Sestak, J. Catsky y P. G. Jarvis (eds.). Plant Photosynthetic Production. Manual of Methods. Junk, The Hague, Netherlandans.
10. Quiroga, V. 1977. Manual para estimar parámetros de seis modelos aplicados a fenómenos sociales, económicos y biológicos. IICA. San José, Costa Rica. Serie. Pub. Misc. No 45. 36 p.
11. Rajan, C. P. 1987. Estimation of yield losses due to sheath blight disease of rice. Indian Phytopathology 40 (2): 174-177.
12. Rajerdran, P. C. y S. Thamburaj. 1987. Estimation of leaf area in watermelon by linear measurements. South Indian Horticulture 35 (4): 325-327.
13. Ray, R. C. y R. P. Singh. 1989. Leaf area estimation in capsicum (*Capsicum annum* L.). Scientia Horticulturæ 39 (3): 181-188.
14. Reynolds, S. G. 1971. A note on the estimation of leaf area of cocoa (*Theobroma cacao* L.) from the three leaf parameters. Trop. Agric. (Trinidad) No. 48: 177-179.
15. Robbins, N. S. y D. M. Pharr. 1987. Leaf area prediction models for Cucumber from linear measurements. Hort Science 22(6): 1264-1266.
16. SAS, Institute, Inc. 1987. Paquete estadístico SAS para microcomputadoras. Versión 6.0. Cary NC.
17. Sharma, A. N., D. N. Chaudhari, R. P. Pavaya y R. M. Shah. 1987. Estimation of leaf area in pigeonpea. International Pigeonpea Newsletter No.6: 44-45.
18. Srinivas, K. y D. M. Hedge. 1990. Leaf area determination in muskmelon. Progressive Horticulture 22 (1-4): 204-205.
19. Soule, J. y J. L. Malcolm. 1970. A simple method for estimation of mango leaf area. Proc. Trop. Reg. Amer. Soc. Hort Science. 14: 84-88.
20. Tsai, W. H. 1988. Estimation of rice yield losses caused by leaf blast disease. J. Agric. Res. of China. 37 (2): 207-210.
21. Whelan, H. G. y R. E. Gaunt. 1990. Yield loss disease relationships in barley crops with different yield potentials. Proceedings of the Forty Third New Zeland Weed and Pest Control Conference, Dunedin, August 14-19, p. 159-162.