

VARIACION DEL INDICE DE AREA FOLIAR EN ALFALFA (MEDICAGO SATIVA VAR. ARDIENTE) DURANTE LA SEQUIA OCURRIDA EN 1988/89

MARTA G. VINO CUR (1)

Recibido: 26-09-90

Aceptado: 22-10-90

RESUMEN

En un ensayo experimental con un cultivo de alfalfa (var. Ardiente), se analizó el efecto diferencial que condiciones de sequía y condiciones adecuadas de humedad durante la campaña 1988/89 produjeron sobre la determinación y variación del área foliar.

La siembra se realizó el 8/4/88. Se determinó la humedad del suelo cada diez días y se extrajeron tres muestras por parcela cada quince días para la determinación del área foliar. Con los datos de peso seco y área foliar de cada muestra se realizó un análisis de regresión obteniéndose dos relaciones peso seco - área foliar para las dos situaciones hídricas del cultivo.

Se demostró que el método que relaciona área foliar con peso seco de la hoja permite estimar el área foliar de una muestra de alfalfa de peso seco conocido con suficiente exactitud al obtenerse coeficientes de correlación superiores a 0,95.

Palabras clave: índice de área foliar, alfalfa, sequía, regresión.

VARIATION OF THE LEAF AREA INDEX IN ALFALFA (MEDICAGO SATIVA VAR. ARDIENTE) DURING THE DROUGHT HAPPENED IN 1988/89

SUMMARY

In an experimental trial with an alfalfa crop (var. Ardiente), was analyzed the differential effect that drought and suitable conditions of humidity during the 1988/89 growing season produced on the determination and variation of the leaf area. The sowing was carried out on April, 8th. The soil moisture was determined every ten days and every fifteen days three samples of each plot was taken out so as to determine the leaf area. With the dry weight and leaf area of each sample, a regression analysis was carried out and two dry weight-leaf area relationships were obtained for the two water conditions of the crop.

It was found that the method which related leaf area with dry weight of the leaf can be used to estimate the leaf area of an alfalfa's sample with known dry weight with sufficient accuracy as correlations coefficients higher than 0,95 were obtained.

Key words: leaf area index, alfalfa, drought, regression.

(1) Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola. Fac. Agronomía y Veterinaria
U.N.R.C. Enlace Rutas 8 y 36, Est. Postal N° 9 (5800) Río Cuarto
Pcia. de Córdoba - Argentina -

INTRODUCCION

La variación del área foliar está íntimamente relacionada con el crecimiento, la producción de materia seca y el rendimiento del cultivo (Shibles y Weber, 1965; Watson, 1958). Es por eso que numerosos investigadores han dedicado sus esfuerzos al desarrollo de metodologías que permitan su determinación.

El método más rápido y preciso es la utilización de un medidor electrónico de área foliar (Hatfield et al., 1976). Sin embargo, por razones de costo se utilizan métodos indirectos de estimación, los cuales se basan en fórmulas matemáticas y/o relaciones estadísticas. Ejemplos de aplicación de estas técnicas existen para maíz (Chaud y Sharma, 1976; Ginzo, 1969); para algodón (Wendt, 1967; Johnson, 1976); para soja (Hatfield et al., 1976; Wiersma y Bailey, 1975; Ravelo y Planchuelo, 1975) y para otros cultivos. No se encontraron antecedentes sobre este tipo de determinaciones para alfalfa.

El desarrollo del área foliar es afectada por distintas condiciones agrometeorológicas (Blackman, 1956; Went, 1957), siendo relevante la influencia que ejerce la disponibilidad de agua útil en el suelo. Bajo condiciones hídricas adversas las plantas presentan una serie de modificaciones en su estructura foliar como reducción de la superficie, aumento del grosor, cutinización, etc. (Kramer, 1974; Meyer, 1972). Además, la pérdida de turgencia de las células produce el cierre de los estomas, reducción de la fotosíntesis e interferencias en distintos procesos metabólicos básicos con una concomitante disminución del crecimiento y de la producción (Kramer, 1974; Meyer, 1972).

En alfalfa, Brown y Tanner (1983) encontraron que el déficit hídrico produce una disminución en el número y altura de los tallos, en el número y longitud de los entrenudos y en el tamaño de las hojas. Moderados déficits hídricos producen una disminución

en la fotosíntesis neta (Nicolodi et al., 1988) y una reducción en la producción de materia seca de tallos y hojas (Carter y Sheaffer, 1983). El presente trabajo tiene como objetivo analizar el efecto diferencial que condiciones de sequía y condiciones adecuadas de humedad durante la campaña 1988-89 produjeron sobre la determinación y variación del área foliar en alfalfa.

MATERIALES Y METODOS

En un ensayo experimental (Vinocur, 1988), con un diseño de cuadrado latino con tres tratamientos y tres repeticiones, se consideró para este trabajo sólo uno de los tratamientos que consistió en un cultivo de alfalfa pura, variedad Ardiente, de latencia intermedia a sin latencia de forma de lograr producción forrajera invernal.

El ensayo se inició el 8/4/88, realizándose la siembra al voleo, con una densidad de 800 pl/m² a la siembra, sobre un suelo Hapludol típico. Cada repetición (llamadas parcelas 1, 2 y 9) con una superficie de 84 m² (7 m de ancho por 12 m de largo), se situó en el Campo Experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto (U.N.R.C.) (33° 07' lat. S; 64° 14' long. W; 421 m s.n.m.).

Los datos meteorológicos se obtuvieron de la Estación Agrometeorológica que la U.N.R.C. posee en la vecindad de las parcelas experimentales. La humedad del suelo se determinó por gravimetría a la siembra en cada parcela hasta una profundidad de 0,8 m tomando muestras cada 0,2 m. A partir de ese momento, las determinaciones de humedad se realizaron cada diez días. Los datos de humedad expresados en porcentaje de agua fueron convertidos a porcentaje de agua útil, graficándose la variación temporal de esta última.

El muestreo de las parcelas para la determinación del área foliar se inició en el mes de diciembre, momento

en el cual se evidenciaba la ocurrencia de una sequía, encontrándose la alfalfa en plena floración. A partir de ese momento se extrajeron 3 muestras en cada parcela cada quince días. Se utilizó un cuadro de metal de $0,04 \text{ m}^2$ de superficie interior y se cortaron las plantas a nivel del suelo. A cada muestra se le extrajeron todas las hojas y se las secó en estufa a 80° C hasta constancia de peso en dos pesadas consecutivas, obteniéndose así el peso seco. Además, de cada muestra se tomaron hojas al azar y se prepararon improntas (fotocopias) para luego medir el área foliar (suma de la superficie de los folíolos, pecíolos y peciólulos) por medio de un planímetro polar de compensación. Cada impronta fue medida tres veces considerándose el promedio de las tres mediciones como el valor del área correspondiente. Las diferencias entre cada una de las mediciones no superaban el 2% del área considerada. Las superficies de los pecíolos y peciólulos fueron incluídas, siguiendo así el criterio expuesto por Thorne (1959) para las partes de la hoja fotosintéticamente activas. No se consideró la superficie de las estípulas por ser muy pequeñas y de difícil medición. Los valores de superficie fueron expresados en cm^2 . Cada una de estas hojas cuya superficie fue medida en forma individual, fue secada y obtenido su peso seco en balanza de precisión.

Con los datos de peso seco y de área foliar de cada una de las hojas se realizó un análisis de regresión.

Debido a la existencia de dos situaciones hídricas claramente diferenciadas, las determinaciones realizadas para la obtención de la ecuación de regresión respondieron a dos relaciones peso seco - área foliar distintas. Así se obtuvieron dos ecuaciones de regresión, una para la situación hídrica de sequía, a partir de las mediciones efectuadas sobre 169 hojas y otra para la situación hídrica más favorable, a partir de las mediciones sobre 107 hojas.

Ambas ecuaciones de regresión fueron de tipo lineal, como las halladas por Aase (1978) para trigo.

Las ecuaciones de regresión lineal halladas fueron utilizadas para calcular para cada fecha de muestreo, para cada parcela y de acuerdo a la situación hídrica, el área foliar a partir del peso seco promedio de las tres muestras extraídas.

A partir de este último valor de área foliar, se calculó el Índice de Área Foliar (IAF) correspondiente a cada fecha de muestreo.

Con los valores de IAF obtenidos se analizó gráficamente su variación temporal para cada parcela en forma individual.

RESULTADOS Y DISCUSION

La Figura 1 muestra la variación temporal del porcentaje de agua útil del suelo en la parcela 1 hasta los 0,80 m de profundidad. La variación del agua útil fue similar en las tres parcelas.

Se observó la existencia de un período comprendido entre el 31/10/88 y el 2/3/89 donde el porcentaje de agua útil es inferior al 30%. Este período fue denominado situación hídrica de sequía o de estrés hídrico en concordancia con el criterio sustentado por Garwood y Williams (1968) y Fick (1980) que consideraron que la producción de un cultivo comenzaba a ser afectada cuando el remanente de agua útil en el suelo era inferior a un tercio del contenido total.

A partir de abril de 1988 las precipitaciones disminuyeron, acentuándose las condiciones de sequía hacia fin de año por la conjunción de escasa precipitación y elevada evapotranspiración, lo cual originó una disminución del agua disponible en el suelo para las plantas. Esta situación persiste durante el primer trimestre de 1989, comenzando a revertirse hacia fin de marzo cuando las lluvias oportunas y una disminución de la evapotranspiración permitió una mayor dis-

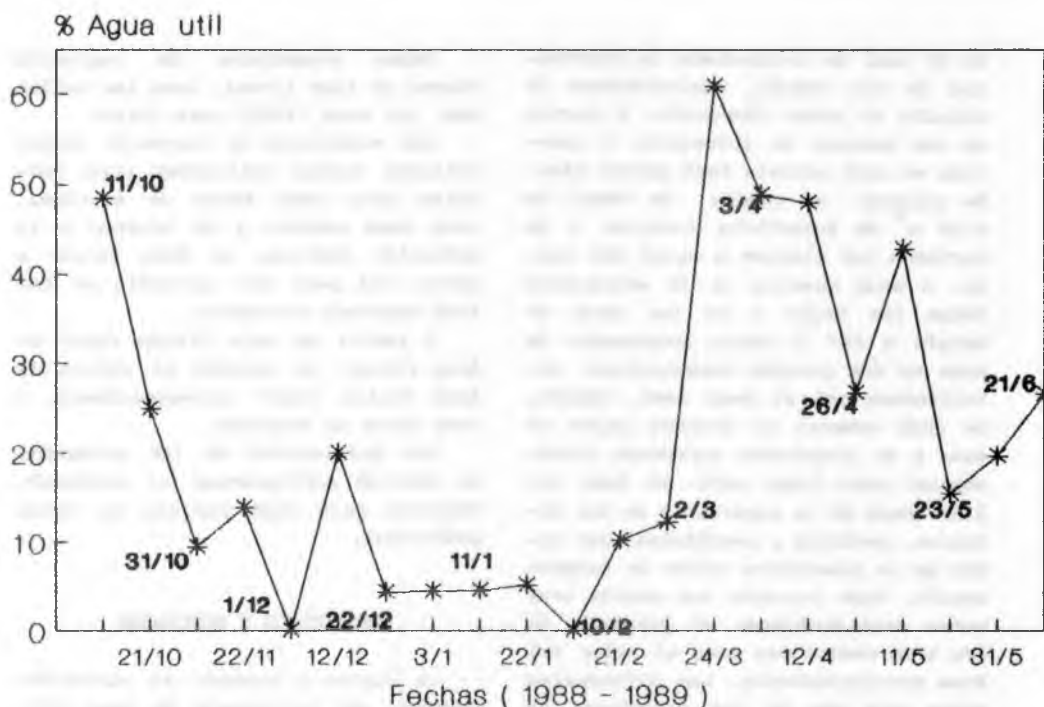


Figura 1: Variación del porcentaje de agua útil en el suelo para un cultivo de alfalfa hasta los 0,8 m de profundidad en la Parcela 1.

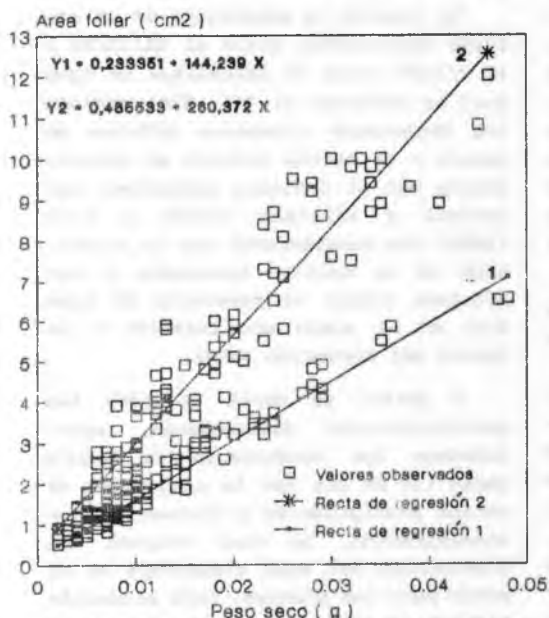


Figura 2: Regresión entre área foliar (Y) y peso seco (X) para un cultivo de alfalfa: 1) condiciones de sequía; 2) condiciones hídricas favorables.

ponibilidad de humedad edáfica para las plantas (Figura 1). A esto se lo denominó período hídrico favorable.

Estas dos situaciones hídricas observadas a nivel de humedad del suelo se manifestaron también en el peso seco de las hojas utilizadas para la determinación de la relación peso seco - área foliar (Figura 2). Durante el período hídrico favorable se observó que hojas de mayor área tenían mucho menor peso seco que el que comparativamente les hubiese correspondido para su superficie de acuerdo a lo observado con las hojas en la situación hídrica de sequía. Los resultados obtenidos para las relaciones peso seco - área foliar de las hojas de alfalfa en las dos situaciones hídricas concuerdan con lo establecido por Kramer (1972) y Brown y Tanner (1983). Esta concordancia sustenta, por lo tanto, la obtención de las dos diferentes rectas de regresión.

La Figura 2 muestra la representación gráfica de la recta de regresión para las dos situaciones hídricas

Cuadro N° 1: Análisis de regresión y de la varianza para el área foliar (Y) y peso seco (X) de un cultivo de alfalfa var. Ardiente durante el período de sequía.

Análisis de Regresión - Modelo Lineal: $Y = a + bX$

Variable dependiente: área		Variable independiente: peso		
Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor de T	Nivel de probabilidad
Intercepción	0,233351	0,034768	6,71166	0,0000
Pendiente	144,239	2,56003	56,3427	0,0000
Análisis de Varianza				
Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor de F
Modelo	214,2007	1	214,2007	3174,495
Error	11,26841	167	0,06748	
Total (Corr.)	225,46907	168		
Coeficiente de correlación		= 0,974691		
Coeficiente de determinación (R ²)		= 0,95		
Error estándar de estimación		= 0,25976		

Cuadro N° 2: Análisis de regresión y de la varianza para el área foliar (Y) y peso seco (X) de un cultivo de alfalfa var. Ardiente durante el período hídrico favorable.

Análisis de Regresión - Modelo Lineal: $Y = a + bX$

Variable dependiente: área		Variable independiente: peso		
Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor de T	Nivel de probabilidad
Intercepción	0,485533	0,146975	3,30351	0,00131
Pendiente	260,372	7,85632	33,1417	0,00000
Análisis de Varianza				
Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor de F
Modelo	756,0456	1	756,0456	1098,373
Error	72,27489	105	0,68833	
Total (Corr.)	828,32051	106		
Coeficiente de correlación		= 0,955377		
Coeficiente de determinación (R ²)		= 0,9127		
Error estándar de Estimación		= 0,829658		

encontradas. Los Cuadros N° 1 y 2 presentan el análisis de variancia para la situación hídrica de sequía y para la favorable, respectivamente. Surge del análisis de ambos cuadros que las ecuaciones de regresión lineal halladas explican entre el 91% y el 95% de la variación del área foliar, respec-

tivamente. Además se verificó lo hallado por Zrust et al., (1974) para papa, Aase (1978) para trigo y Ashley (1965) para algodón en cuanto a que existe una alta correlación entre el área foliar y el peso seco de la hoja al obtenerse coeficientes de correlación superiores a 0,95.

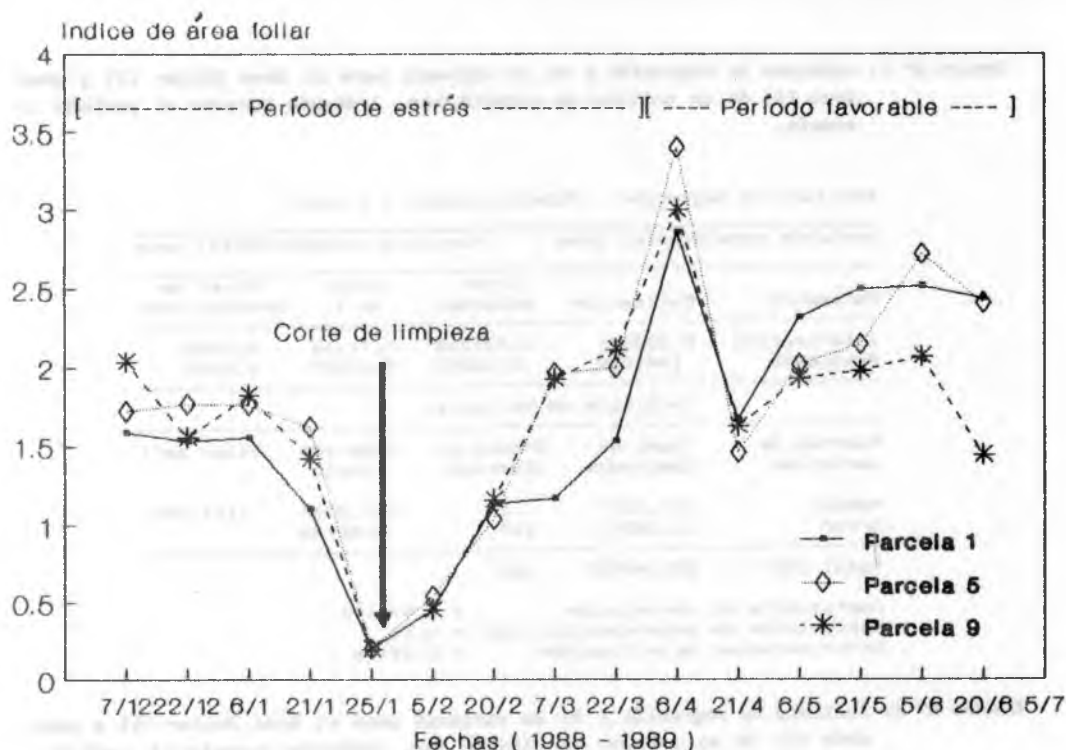


Figura 3: Variación del índice de área foliar para un cultivo de alfalfa en condiciones de sequía y en condiciones hídricas favorables para las Parcelas 1, 5 y 9.

La Figura 3 presenta la variación del índice de área foliar para las dos situaciones hídricas consideradas. Como al inicio del muestreo la alfalfa se encontraba en plena floración, cesa la producción de nuevas hojas (Bula et al., 1975). El acelerado amarillamiento (senescencia) y caída de las existentes por efecto del déficit hídrico explicaría la tendencia decreciente observada en el IAF. Luego del corte de limpieza, con la producción de nuevas hojas se revierte dicha tendencia, obteniéndose el mayor IAF a principios de abril debido al mejoramiento de las condiciones agrometeorológicas. Hacia fines del mes de abril se observa una leve disminución del IAF, recuperándose parcialmente y manteniéndose constante hasta fin de junio cuando comienza a decrecer. En el otoño, probablemente en respuesta a la disminución en la duración del día y/o a las bajas temperaturas, las va-

riedades con latencia tienden a limitar el crecimiento vegetativo y a desviar proporcionalmente mayor cantidad de carbohidratos de reserva hacia las raíces (Smith, 1962). Si bien la variedad utilizada es de latencia intermedia a sin latencia, podría ser sensible en cierta medida a la disminución del fotoperíodo, lo que explicaría los resultados obtenidos durante el otoño.

CONCLUSIONES

Las deficiencias hídricas registradas durante los últimos meses de 1988 y el primer trimestre de 1989 tuvieron importantes efectos en la evolución del índice de área foliar.

Se demostró la eficiencia en alfalfa del método que relaciona área foliar con peso seco de la hoja, pues permite estimar el área foliar de una

muestra de alfalfa de peso seco conocido.

La variabilidad observada en las relaciones peso seco - área foliar sugieren la consideración del estado hídrico del suelo en la utilización de ecuaciones de regresión para estimar área foliar en alfalfa.

AGRADECIMIENTOS

La autora desea expresar su agradecimiento al Dr. Andrés Ravelo, director de la beca del CONICET, por las múltiples sugerencias y comentarios al presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- 1) AASE, J.K. 1978. Relationship between leaf area and dry matter in winter wheat. *Agron. J.*, 70:563-565.
- 2) ASHLEY, D.A., B.D. DOSS and O.L. BENETT. 1965. Relation on cotton leaf area index to plant growth and fruiting. *Agron. J.*, 57:61-64.
- 3) BLACKMAN, G.E. 1956. Influence of light and temperature on leaf growth. pag. 151-167. In Milthorpe, F.L. (ed). *The growth of leaves.* Butterworths, London.
- 4) CHAUD, P. and N. SHARMA. 1976. Constant for determining leaf area index in maize. *Indian J. Agron.*, 21:171-173.
- 5) FICK, G.W. 1980. A pasture production model for use in a whole farm simulation. *Agricultural Systems*, 5:137-161.
- 6) GARWOOD, E.A. and T.E. WILLIAMS. 1968. Growth, water use and nutrient uptake from the subsoil by grass swards., *J. Agric. Sci.*, 69:125-130.
- 7) GINZO, H.D. 1969. Medición del área foliar del maíz (*Zea mays*) empleando el largo máximo de sus hojas. *Rev. Fac. Agr. y Vet. de Buenos Aires*, 17(2):39-42.
- 8) HATFIELD, J.L.; C.D. STANLEY and R.E. CARLSON. 1976. Evaluation of an electronic foliometer to measure leaf area in corn and soybeans., *Agron. J.*, 68:434-436.
- 9) JOHNSON, R.E. 1976. Comparison of methods for estimating cotton leaf area. *Agron. J.*, 59:493-494.
- 10) KRAMER, P.J. 1949. Plant and soil water relationships. McGraw-Hill Book Co., Inc., Nueva York. Trad. Cast. 1974. Edutex. S.A.
- 11) MEYER, B.S.; D.B. ANDERSEN and R.B. BOHING. 1972. Introducción a la fisiología vegetal. Ed. Eudeba. Bs. As. pp.579.
- 12) RAVELO, A.C. y A.M. PLANCHUELO. 1975. Determinación del área foliar en soja. *Idia-Suplemento.*, 31:11-17.
- 13) RHOADS, F.M. and M.E. BLOODWORTH. 1964. Area measurement of cotton leaves by a dry weight method. *Agron. J.*, 56:520-522.
- 14) SHIBLES, R.M. and C.R. WERER. 1965. Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybean. *Crop Sci.*, 5:575-577.
- 15) SMITH, D. 1962. Forage management in the north central region Wm.C. Brown Book Co. Dubuque. Iowa.
- 16) THORNE, G.M. 1959. Photosynthesis in the lamina and sheath of barley leaves. *Annals of Botany (N.S.)*, 22:37-54.
- 17) VINOCCUR, M.G. 1989. Desarrollo y evaluación de un modelo agrometeorológico para pasturas. Informe Beca de Iniciación del CONICET. pp. 72.

- 18) WATSON, D.J. 1958. The dependance of net assimilation rate on leaf area index. *Annals of Botany (N)*, 22:37-54.
- 19) WENDT, C.W. 1967. Use of relationships between leaf lenght and leaf area to estimate the leaf area of cotton (*Gossypium hirsutum*), castors (*Ricinus communis L.*) and sorghum (*Sorghum vulgare L.*). *Agron. J.*, 59:484-486.
- 20) WENT, F.W. 1957. *Environment control of plant growth*. Ronald Press. Co. Nueva York.
- 21) WIERSMA, J.V. and T.B. BAILEY. 1975. Estimation of leaflet, trifoliate and total leaf area of soybean. *Agron. J.*, 67:26-30
- 22) ZRUST, J.E., PARTYKOVA and J. NECAS. 1974. Relationships of leaf area to leaf weight and lenght in potato plants. *Photosynthetica (Prague)*, 8:118-124.