

Comunicación

La superficie interna foliar en diez cultivares de trigo pan (*Triticum aestivum* L) y su relación con la tasa fotosintética

Silvina I Gollk¹, JR Jatimlansky^{1*}, GO Sarli¹, RR Filgueira^{1*} y SJ Sarandón^{2**}

¹ Area Física Biológica, ² Area Cerealicultura, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. CC 31, 1900, La Plata, Argentina.

Recibido: 3 de marzo de 1995. Aceptado: 21 de julio de 1995

RESUMEN

Se determinaron experimentalmente la superficie específica (área interna foliar) y la tasa fotosintética máxima de diez cultivares de *Triticum aestivum* L. con el fin de establecer la interacción entre estos parámetros. Se encontraron diferencias significativas entre los cultivares en la tasa fotosintética y superficie específica individualmente. No se encontró correlación entre el área interna foliar y la fotosíntesis, probablemente debido a la influencia de otros factores no tenidos en cuenta en este trabajo. Los valores de superficie específica, medidos por adsorción de nitrógeno, variaron entre 2,24 y 8,19 m² g⁻¹, lo que dio como resultado relaciones de superficie interna a externa foliar mayores que las determinadas por los métodos geométricos convencionales. Se atribuyen estas diferencias a la rugosidad de la pared celular, no detectada por la microscopía óptica utilizada por los métodos geométricos y sí por medio de la adsorción física de gases.

Palabras claves: fotosíntesis, intercambio CO₂, superficie interna.

Internal leaf surface of ten wheat cultivars and its relationship with photosynthesis

SUMMARY

Internal leaf surface (ILS), measured by N physical adsorption of N₂, maximum CO₂ exchange rate and its relationships were determined in ten wheat cultivars growing in the field.

Differences were found in internal leaf surface and maximum CO₂ exchange rate among cultivars, but no relationship between these two factors were found. The ILS values varied between 2.24 and 8.19 m² g⁻¹ which were higher than those determined by conventional geometric methods. This can be attributed to the rugosity of the cellular wall, which can not be detected using geometric methods, but can be determined by physical adsorption of gases.

Key words: CO₂ exchange, internal surface, photosynthesis.

* CONICET, ** CIC Pcia. BS. As.



INTRODUCCION

El aumento del rendimiento en el trigo ha sido conseguido a través de una mayor partición de la materia seca hacia el grano (IG), con poca ganancia en la producción de biomasa aérea total (Austin *et al*, 1980). Futuros aumentos en el rendimiento tropiezan, por esta vía, con un límite fisiológico difícil de superar (Austin *et al*, 1980). Por lo tanto, se considera importante aumentar la producción de biomasa aérea total a través de una mayor eficiencia fotosintética. Lamentablemente, no parecen haberse logrado grandes avances en esta área, a pesar de que se considera fundamental para futuros incrementos en la productividad del cultivo (Nelson, 1988).

Las variaciones en la actividad fotosintética foliar en plantas de una misma especie han sido atribuidas a diferencias anatómicas y/o fisiológicas (Parker and Ford, 1982; Austin *et al*, 1982; Sharkey, 1985). En el trigo, como en todas las plantas C3, el incremento de la eficiencia del proceso bioquímico de la fotosíntesis está asociado con la incorporación de CO₂. Es por ello que la superficie celular expuesta a la atmósfera dentro de la hoja (superficie interna) resulta un parámetro importante a determinar si se desea entender la dinámica del intercambio gaseoso, en particular la del CO₂. A pesar de que la superficie interna ha sido mencionada como un parámetro a ser tenido en cuenta, la metodología para estimar la misma es aproximada, debido a que se han utilizado figuras geométricas simples y microscopía óptica (Nobel, 1991; Kebede *et al*, 1992). Nobel (1980) y Cascarini de Torre *et al* (1982, 1984) han usado la adsorción física de nitrógeno para medir la superficie interna de vegetales, que permitiría medir las rugosidades de dicha superficie a nivel molecular, lo que está fuera del límite de trabajo del

microscopio óptico.

Los objetivos de este trabajo fueron: determinar si existen diferencias entre cultivares de trigo a nivel de la superficie interna foliar y si éstas están relacionadas con el intercambio del CO₂ (fotosíntesis neta).

MATERIALES Y METODOS

Se condujo un ensayo en el campo sobre un suelo Argiudol típico con 10 cultivares comerciales de trigo pan (*Triticum aestivum* L), 8 variedades: Pampa INTA, Buck Napostá, Buck Yapeyú, Chasicó INTA, Buck Ñandú, Buck Charrúa, Buck Ombú y Buck Catriel y 2 híbridos: Trigomax 200, Trigomax 202, sembrados el 12 de julio de 1993, en parcelas de 1 x 3m, a una densidad de 250 plantas m⁻², según un diseño de bloques al azar, con 4 repeticiones.

En antesis (E69 según la escala de Tottman *et al*, 1979), se midió la actividad fotosintética sobre la hoja bandera de tres plantas por parcela, para cada variedad, con un instrumento IRGA LICOR LI-6200 (Lincoln, Nebraska, EEUU), en condiciones de irradiación solar directa (valores medios de irradiación 1800-1900 $\mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$), al mediodía en el mes de noviembre. Durante la etapa reproductiva el cultivo contó con una muy buena disponibilidad de precipitaciones (octubre: 210mm, noviembre: 230mm, diciembre: 160mm).

Al día siguiente se tomaron muestras al azar de hojas bandera que, humedecidas y refrigeradas, fueron llevadas al laboratorio para la determinación del área foliar (12 mediciones para cada variedad) con un integrador de área foliar LICOR LI-3000 (Lincoln, Nebraska, EEUU) y de la superficie interna de

acuerdo a la metodología sugerida por Cascarini *et al* (1982, 1984). Para estimar esta última se utilizó nitrógeno como adsorbato y aire líquido como baño termostático ($T = 79\text{ K}$). En cada medición se utilizaron 300 discos de hojas de 8mm de diámetro (se realizaron 3 repeticiones para cada variedad). Estos se obtuvieron con un sacabocados de unas 30 hojas bandera y se introdujeron apilados en un porta muestras de vidrio de 10mm de diámetro, el cual se conectó a una línea de vacío (1,3 Pa, 5min., temperatura ambiente) para retirar el agua poco ligada de los meatos y espacios intercelulares (Cascarini de Torre *et al*, 1982, 1984). A continuación, el porta muestras se sumergió en aire líquido, con lo cual la estructura geométrica se solidificó, procediéndose entonces a obtener la isoterma correspondiente. La isoterma, de forma sigmoidea, fue rectificadas usando ejes convenientes. De la pendiente de esa recta se extrajo la información para calcular la superficie específica referida a 1g de muestra fresca. A partir de esta última se determinó la superficie interna foliar.

Los datos se procesaron mediante el análisis de la varianza y los promedios se compararon por la prueba de las DMS al 0,05 de probabilidad según el programa Statgraphics v 4,0.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se encontraron diferencias significativas entre cultivares de la superficie interna, del área foliar y de la actividad fotosintética por unidad de área de la hoja bandera (Tabla 1).

La variación de la superficie interna osciló entre $2,24\text{ m}^2\text{ g}^{-1}$ y $8,19\text{ m}^2\text{ g}^{-1}$, lo que daría una relación entre el área interna foliar *versus* el área externa foliar de 300:1 y 800:1. Estos valores son muy superiores a los obtenidos con *Ligustrum lucidum* A. cuya superficie específica fue de $1\text{ m}^2\text{ g}^{-1}$, y la relación indicada de 160:1 (Cascarini de Torre *et al*, 1984). Sería razonable esperar una mayor superficie interna foliar en el trigo que en el ligustro, ya que la estructura del mesófilo de aquel es más abierta, con más espacios intercelulares. Por otra parte, los valores del trigo obtenidos mediante el cálculo aproximado con microscopía óptica (Nobel, 1980; Nobel, 1991; Kebede *et al*, 1992), son menores que los obtenidos con el método de la adsorción gaseosa.

La pared celular está constituida por celulosa, hemicelulosa y pectina, junto con glucoproteínas estructurales (Albert *et al*, 1989; Nobel 1991). La celulosa, la sustancia más abundante, es un polisacárido en forma de cadena lineal compuesto por unas 500 o más moléculas de glucosa. Está organizada en microfibrillas que tienden a entretorse en forma desordenada en la pared celular primaria, mientras que se disponen en forma paralela en la pared secundaria, formando intersticios del orden de 5 a 30nm. Este tejido de celulosa está embebido en una matriz gelatinosa de polisacáridos altamente hidratada (la pared celular primaria estaría constituida por más del 50% de agua, en masa). Resulta evidente que la rugosidad de esta superficie puede ser considerablemente alta y es probable que varíe con la hidratación, lo que daría como resultado un área muy grande expuesta a la atmósfera interior de la hoja, a través de la cual se intercambiarían los gases.

No se encontró correlación entre los valores de la superficie interna y los de fotosíntesis de la hoja bandera en el campo ($r = 0,0452ns$) lo que indica que, posiblemente, otros factores o variables habrían estado involucrados en el proceso además de la superficie interna de la hoja. Bajo situaciones donde la capacidad de intercambio gaseoso,

Tabla 1. Promedios de superficie interna, superficie foliar y fotosíntesis neta de la hoja bandera, en antesis, en 10 cultivares de trigo pan.

Mean values of internal surface, foliar surface and photosynthesis per unit area in the flag leaf at anthesis in ten wheat cultivars.

Cultivar	superficie interna (m ² g ⁻¹)	superficie foliar (cm ²)	fotosíntesis (μmol de CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)
Pampa INTA	7,93 ab	19,95 cd	19,31 d
B.Napostá	3,24 cd	29,41 a	24,25 ab
Chasicó INTA	4,08 cd	16,81 d	24,41 ab
Tmx200	5,14 bc	21,98 bc	21,78 bcd
T nx202	4,81 bcd	19,65 cd	21,78 bcd
E. Nandú	4,42 cd	18,34 cd	20,38 cd
B. Charrúa	4,27 cd	19,83 cd	15,07 e
B. Yapeyú	8,19 a	18,21 cd	22,80 abc
B. Ombú	7,51 ab	24,35 b	25,74 a
B. Catriel	2,24 d	24,25 b	22,62 abc
Error Standard	± 0,98	± 1,37	± 1,15

Dentro de cada columna, los valores seguidos por la misma letra no difieren entre sí al 0,05 de probabilidad.

más específicamente de CO₂, constituye la principal limitante del proceso fotosintético, cabría esperar una asociación directa entre la superficie interna de la hoja y la capacidad fotosintética por unidad de superficie. Sin embargo, si existe alguna otra limitante para la fotosíntesis, como una diferencia de turgencia de la hoja, puede no encontrarse correlación entre la superficie interna y la actividad fotosintética. Esto podría comprobarse bajo condiciones ambientales controladas.

Sin embargo, aun bajo las condiciones en que se desarrolló el ensayo, el método de adsorción física de nitrógeno ha mostrado que es capaz de detectar diferencias entre cultiva-

res en la superficie interna de la hoja, aunque su sensibilidad debería ser aumentada para utilizar una menor cantidad de muestras por ensayo, aspecto en el cual se está trabajando actualmente.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo económico de la Comisión Administradora del Fondo de Promoción de la Tecnología Agropecuaria (CAFPTA, Plan 250) y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET, PID 3541/92).

BIBLIOGRAFIA

- Alberts B, D Bray, J Lewis, M Raff, K Roberts, and JD Watson (1989) Molecular Biology of the Cell. Garland Publishing Inc., New York. 1137-1186.
- Austin RB, J Bingham, RD Blackwell, LT Evans, MA Ford, CL Morgan and M Taylor (1980) Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. Journal of Agricultural Science, Cambridge 94:675-689.
- Austin RB, CL Morgan, MA Ford and SG Bhagwat (1982) Flag leaf photosynthesis of *Triticum aestivum* and related diploid and tetraploid species. Annals of Botany 49: 177-189.

- Cascarini de Torre L, EM Sivori y RR Filgueira** (1982) Aplicación de la adsorción física para la determinación de superficies internas en hojas. *Revista Facultad de Agronomía, La Plata* 52:55-63.
- Cascarini de Torre L, EM Sivori and RR Filgueira** (1984) Use of the BET method to measure area of internal exposed surface of leaves. *Photosynthetica* 18:365-369.
- Kebede H, RC Johnson, BF Carver and DM Ferris** (1992) Physiological and anatomical features of two *Triticum dicoccoides* wheat accessions differing in photosynthetic rate. *Crop Science* 32:138-143.
- Nelson CJ** (1988) Genetic associations between photosynthetic characteristics and yield: review of the evidence. *Plant Physiology and Biochemistry* 26: 543-554.
- Nobel PS** (1980) Leaf anatomy and water use efficiency. In *Adaptation of Plant to Water and High Temperature Stress*. Turner EC and PJ Kramer, Eds. Wiley, New York: 43-55.
- Nobel PS** (1991) *Physicochemical and Environmental Plant Physiology*. Academic Press. San Diego: 393-472.
- Parker ML and MA Ford** (1982) The structure of the mesophyll of flag leaves of three *Triticum* species. *Annals of Botany* 49: 165-176.
- Sharkey TD** (1985) Photosynthesis in intact leaves of C3 plants: physics, physiology and rate limitations. *Botanical Review* 51: 53-105.
- Tottman DR, RJ Makepeace and H Broad** (1979) An explanation of the decimal code for the growth stages of cereals, with illustrations. *Annals of Applied Biology* 93:221-234.