REVISTA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA DE BUENOS AIRES
18 (2-3): 159-166, 1970

CDU 633.11 : 631.559/81

Influencia del hábito de crecimiento de los trigos brasileños sobre su potencial de rendimiento *

F. S. DA MOTA [1] Y M. J. C. ACOSTA [2]

(Recibido : 5 de octubre, 1970)

RESUMEN

Resultados obtenidos en otros países, con varios cultivos, llevaron a estudiar el tipo morfológico (altura, disposición y tipo foliar, etc.) de los trigos brasileños, relacionando su potencial de rendimiento con la penetración de la luz solar en el interior de la comunidad cultural.

Con este objeto se efectuaron experimentos en Pelotas (Estado de Rio Grande do Sul, Brasil), en el año agrícola 1969/70, en los cuales se realizaron observaciones sobre la morfología y el porcentaje de penetración de la luz, que sirvieron de base para las conclusiones de este trabajo.

El cultivar Pel-A 506-62, descendiente de la variedad japonesa semienana Norin 10, posee un tipo morfológico apropiado para una mayor penetración de la luz : es de poca altura y tiene una disposición foliar adecuada ; la mayor penetración de la luz produjo mejor aprovechamiento del nitrógeno y mayor resistencia al encame. El cultivar Toropí, representante de las variedades brasileñas tradicionales, alto y de mucha paja, presenta menor posibilidad de penetración de la luz, principalmente en los niveles más elevados de nitrógeno, y tiene menor resistencia al encame. Con estos datos se concluye que una variedad de buen rendimiento debe tener un tipo morfológico adecuado para un alto aprovechamiento de la energía luminosa.

SUMMARY

Results already obtained in other countries with many crops get the authors to study the morphologic type (height, type and arrangement of leaves, etc.) of the brazilian wheat breeding lines and varieties and its genetic yield potential in relation to light penetration in the crop canopy.

The breeding line Pel-A 506-62 with Norin 10 parentage has the right morphological type for high yields and good light penetration and nitrogen response. The variety Toropi which represents the brazilian traditional wheat varieties under extensive cultivation is tall and leafy and does not respond to high levels of nitrogen fertilizers and is not lodging resistant in fertil soils.

* Trabajo escrito originalmente en portugués, traducido por el Comité de Redacción de la Revista.

[1] Investigador del Instituto de Investigaciones y Experimentación Agropecuarias del Sur, Pelotas, y del Consejo Nacional de Investigaciones. Profesor adjunto de Ecología Agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad Federal de Pelotas (RGS, Brasil).

[2] Becario del Consejo Nacional de Investigaciones en el sector de Climatología Agrícola del Instituto de Investigaciones y Experimentación del Sur, Pelotas (RGS, Brasil).

INTRODUCCION

Son muchos los factores que afectan el crecimiento de las plantas y entre los más importantes se encuentran:

a) la composición genética, que es el factor que determina los límites o la potencialidad de crecimiento, y

b) los factores ambientales, como temperatura, humedad, duración del día, intensidad de la luz solar y nutrientes, que determinan si tal potencialidad podrá manifestarse.

El hombre puede interferir en el primero a través del mejoramiento, pero para ello es necesario estudiar previamente el comportamiento del material ya existente en los diferentes ambientes.

La caracterización de la radiación luminosa en comunidades vegetales es esencial para comprender el comportamiento de un cultivar. En las condiciones de campo la energía luminosa no se distribuye uniformemente sobre la superficie de todas las hojas de un cultivo. Existe una disminución progresiva de la energía disponible, desde la parte superior hacia la parte inferior de las plantas integrantes del cultivo.

BOYSEN-JENSEN (1932) destacó la importancia de la forma del "dosel vegetativo" y la inclinación de las hojas, con relación a la utilización de la luz y mostró que la acumulación de materia seca en las plantas puede diferir de acuerdo con el "sistema de asimilación", aun con eficiencia fotosintética o área foliar similares. Además, cuando se produce sombreamiento mutuo de las hojas, la disposición de las mismas y el ángulo foliar ejercen una gran influencia sobre el porcentaje neto de asimilación (TSUNODA, 1959, WATSON y WITTS, 1959). A medida que avanza el crecimiento y el sombreamiento mutuo se acentúa, las hojas más bajas se tornan anormales y decrece el porcentaje de área foliar activo, con relación al peso total de la planta. Este es más o menos proporcional a la actividad respiratoria de una población. Por esta razón, en condiciones extremas, menos del 20 % de los productos de fotosíntesis aumentan la materia seca y el resto se pierde en la respiración (TANAKA y KAWANO, 1966).

Cuando se utilizan variedades con área foliar óptima por su adecuado aprovechamiento fotosintético y bajo coeficiente de extinción, puede esperarse un mayor rendimiento con dosis elevadas de nitrógeno o grandes densidades de plantas. TSUNODA (1959) relacionó la morfología del vegetal con el rendimiento potencial y la respuesta a la fertilización nitrogenada. Estableció que los cultivos altos, con hojas largas y pendientes, tenían escasa respuesta al nitrógeno. Describió las variedades que responden a altas dosis de nitrógeno como las que tienen porte bajo, hojas erectas, cortas y estrechas. Con bajo tenor de nitrógeno y poca densidad, se comportan mal, debido al área foliar inadecuada; mientras que, con una dosis apropiada y espaciamiento ideal, rinden mejor por una distribución más uniforme de la luz en el interior del cultivo.

Aunque la ley de Beer (CHANG, 1968) y la ecuación de Monteith (MONTEITH, 1965) son muy precisas para describir la distribución de la radiación dentro del "dosel vegetativo", raramente se usan debido a las dificultades para determinar los índices de área foliar de los sucesivos estratos de la comunidad vegetal. Un proceso más simple, aunque menos preciso, consiste en determinar una relación empírica entre la altura de la planta y el porcentaje de la luz que llega al suelo.

DONALD (1968 *a*) sugirió que el rendimiento estaba determinado por la capacidad de la planta para utilizar la energía luminosa disponible. Como la radiación solar es el factor que gobierna el rendimiento de cualquier comunidad vegetal, si se dispone de agua y nutrientes en cantidades adecuadas, el factor limitante de la producción es la luz. Esto resulta cada vez más evidente en agricultura, debido al empleo de fertilizantes e irrigación. Los cereales fuertemente abonados, en áreas con precipitación pluviométrica suficiente o con irrigación, son ejemplos de esta afirmación. Por otra parte, cuando faltan agua o nutrientes, que es lo común en las regiones agrícolas, la disponibilidad lumínica es decididamente importante para los cultivos.

El tipo ideal de trigo descripto por DONALD (1968 *b*) es bajo, con macollos fuertes, pocas hojas cortas y erectas, espigas aristadas en un solo macollo, erectas y grandes. Esto último específicamente significa muchas espiguillas por unidad de materia seca en la parte superior de la planta.

El modelo de un tipo ideal de plantas cultivadas requiere necesariamente modificaciones en las prácticas culturales. El modelo de trigo descripto exige tener en cuenta la densidad de siembra, el porcen-

taje de fertilización, la disposición espacial de las plantas y el control de las malezas. El mejoramiento de las plantas podría basarse en estos tipos ideales.

DONALD (1968 *b*) afirmó que los tipos ideales de cultivo, independientemente de la especie, tienen puntos en común:

a) el cultivo no es comunidad típica como, por ejemplo, una comunidad natural forrajera generalmente constituida por muchas especies;

b) todas las plantas dentro de un cultivo tienen genotipo igual o semejante; por lo tanto, la competencia dentro del cultivo es intra-genotípica;

c) las plantas dentro de un cultivo compiten fuertemente para la utilización de los factores de crecimiento; consecuentemente, la producción por planta se reduce a una pequeña proporción (20 %, 10 % y a veces menos) con respecto al rendimiento de plantas aisladas.

d) en la agricultura moderna, el cultivo debe tener capacidad para responder a una fuerte aplicación de fertilizantes;

e) a medida que se mejoran los factores controlables en la producción del cultivo, el crecimiento pasa a depender de la capacidad del cultivo para aprovechar la luz de mejor forma. Los cultivos bien fertilizados en regiones de buena precipitación o con riego, dependen sobre todo del aprovechamiento de la luz;

f) excepto en el caso del cultivo de forrajeras, solamente una parte de las plantas es de valor significativo. El crecimiento no interesa en la producción de materia seca, sino en el máximo rendimiento del producto utilizable.

En los últimos años se obtuvieron, especialmente en EE. UU. y Méjico, tipos de trigo que superan, con gran margen, los rendimientos de las variedades tradicionales mejoradas. Estas variedades son bajas, de poca paja y resistentes al encame con altas dosis de fertilizantes nitrogenados. El hábito de crecimiento de estas variedades evita el sombreamiento mutuo entre las hojas de una misma planta en el cultivo. Heredan este carácter de la variedad de trigo japonesa Norin 10, que posee una distribución de hojas y una altura capaces del máximo aprovechamiento de la luz.

VOGEL *et al* (1965) estudiando el hábito de crecimiento semienano en trigo de invierno del nordeste del Pacífico, hicieron una comparación de caracteres agronómicos entre selecciones semienanas, variedades comerciales bajas y variedades de paja muy corta, concluyendo que el hábito de crecimiento semienano representa un importante progreso en el mejoramiento de los trigos de invierno para las condiciones del nordeste del Pacífico.

WOODWORTH (1966) cuando investigó sobre la respuesta a nitrógeno y fósforo de algunos trigos de primavera semienanos originados de Norin 10, verificó que los aumentos de rendimiento se debieron a la producción de muchos macollos, resultante de la fertilización nitrogenada. La ganancia neta en dólares, cuando se efectuó la fertilización nitrogenada, fue el doble en las variedades semienanas respecto de las altas.

MATERIAL Y METODOS

Se utilizó una variedad y un híbrido, ambos originarios del programa de mejoramiento triguero para el sur de Brasil. La línea Pel-A 506-62 es semienana y posee poca paja; en cambio, la variedad Toropí es alta y de mucha paja. Ambas fueron sembradas en dos épocas; en la primera se usaron dos niveles de abonaduras nitrogenadas: N_0 = 0-90-0 y N_3 = 100-90-0, mientras que en la segunda época se usaron cuatro niveles: N_0 = 0-90-0, N_1 = 30-90-0, N_2 = 60-90-0 y N_3 = 100-90-0. La aplicación de nitrógeno se dividió en dos partes, el 80 % en el momento de la siembra y el 20 % restante en el momento de aparición del primordio. La distancia entre líneas fue de 0,20 metros, con una densidad de siembra de 300 semillas/m^2. El tamaño de las parcelas fue de 5 m $\times$ 5 m, con un total de 25 líneas. La mitad de la parcela fue utilizada para recoger las muestras y la otra, para medir la luz. En esta última se determinó el rendimiento.

El porcentaje de penetración de la luz en cada variedad fue determinado periódicamente, con un intervalo medio de 15 días a partir de la fecha de emergencia, mediante la exposición de una serie de bloquecitos de papel oxálico en el medio del cultivo, de acuerdo con lo descripto por FRIEND (1961). Los bloquecitos (ozalid-sepia intermedio Nº 402 IT de General Aniline and Film Corporation Ansco Division, Chicago, Illinois, USA) están

formados por trece hojitas (1,5 cm × 1,5 cm). Este papel tiene una respuesta selectiva a las longitudes de onda del espectro solar, con un máximo próximo a 390-400 milimicrones, reduciéndose a cero su respuesta por debajo de 360 y por encima de 400 milimicrones. Los bloquecitos en número de 6 para cada parcela fueron colocados en una línea paralela a las líneas de siembra en el medio de dos líneas consecutivas sobre el nivel del suelo y a una distancia de 10 cm entre cada bloque.

Periódicamente se observó el grado de encame, según el siguiente criterio:

Grado	Criterio
1.....	Sin encame o raramente encamado
2.....	Raramente encamado en la parte superior o en la parte inferior
3.....	Poco encamado, tanto en la parte superior como en la parte inferior
4.....	Bastante encamado, tanto en la parte superior como en la parte inferior
5.....	Casi totalmente encamado en la parte superior y totalmente encamado en la parte inferior

La medición del área foliar se efectuó en muestras de 10 plantas de cada parcela, recogidas periódicamente, pasando un planímetro en la línea externa de las hojas, previamente dibujadas de acuerdo con el método de EPSTEIN y ROBINSON (1965). El índice de área foliar (IAF) fue determinado multiplicando el área foliar media por el número de plantas por metro cuadrado de cada tratamiento.

RESULTADOS

Las figuras 1, 2 y 3 muestran el índice de área foliar y el porcentaje de transmisión de la luz en la primera y segunda época, para los dos trigos ensayados y los diferentes niveles de nitrógeno utilizados. En abscisas se indica el período vegetativo en porciento de días antes y después de la floración, con lo cual los valores son comparativos para los diferentes ciclos vegetativos.

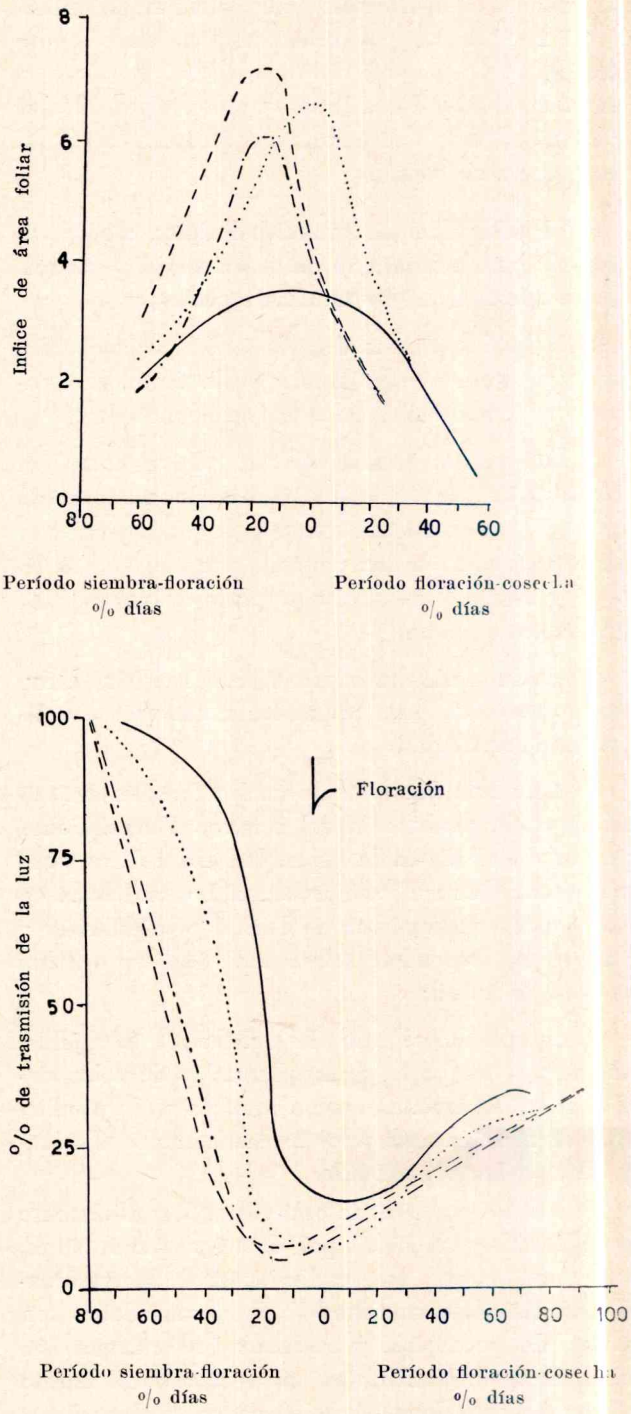

Fig. 1. — Indice de área foliar y porcentaje de trasmisión de la luz en los cultivares Pel-A 506-62 (N_0 = 0 kg/ha N : ————: N_3 = 100 kg/ha N : . . . . .) y Toropí (N_0 = 0 kg/ha N: — — - : N_3 = 100 kg/ha N : —.—.—.) en la primera época.

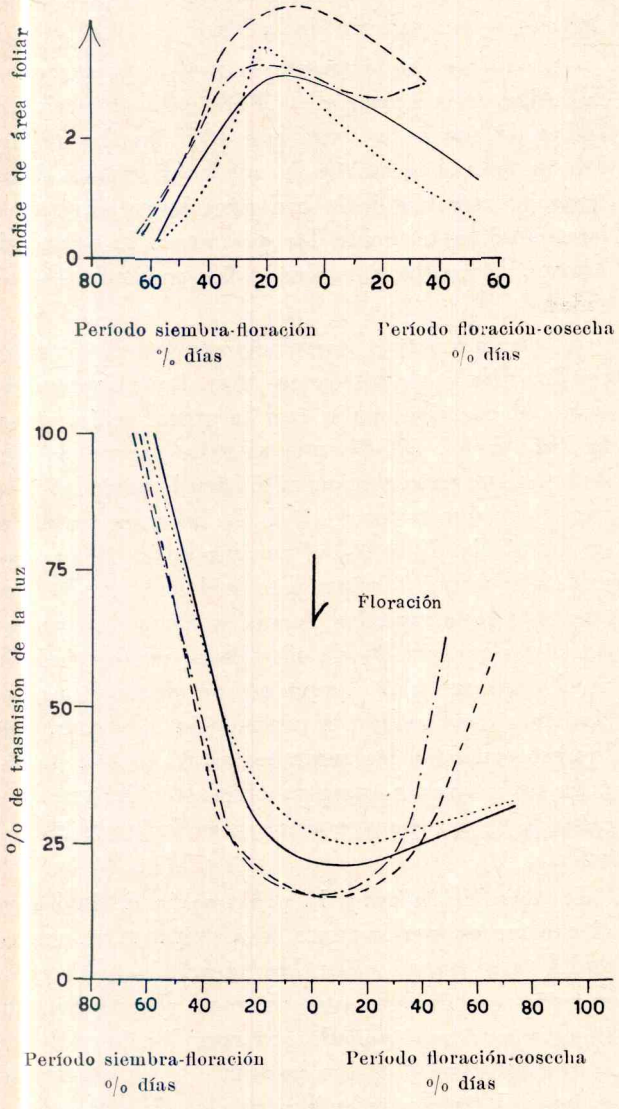

Fig. 2.— Indice de área foliar y porcentaje de transmisión de la luz en los cultivares Pel-A 506-62 ($N_0 = 0$ kg/ha N: ———; $N_1 = 30$ kg/ha N: . . . . .) y Toropí ($N_0 = 0$ kg/ha N: — — —; $N_1 = 30$ kg/ha N: —.—.—.) en la segunda época.

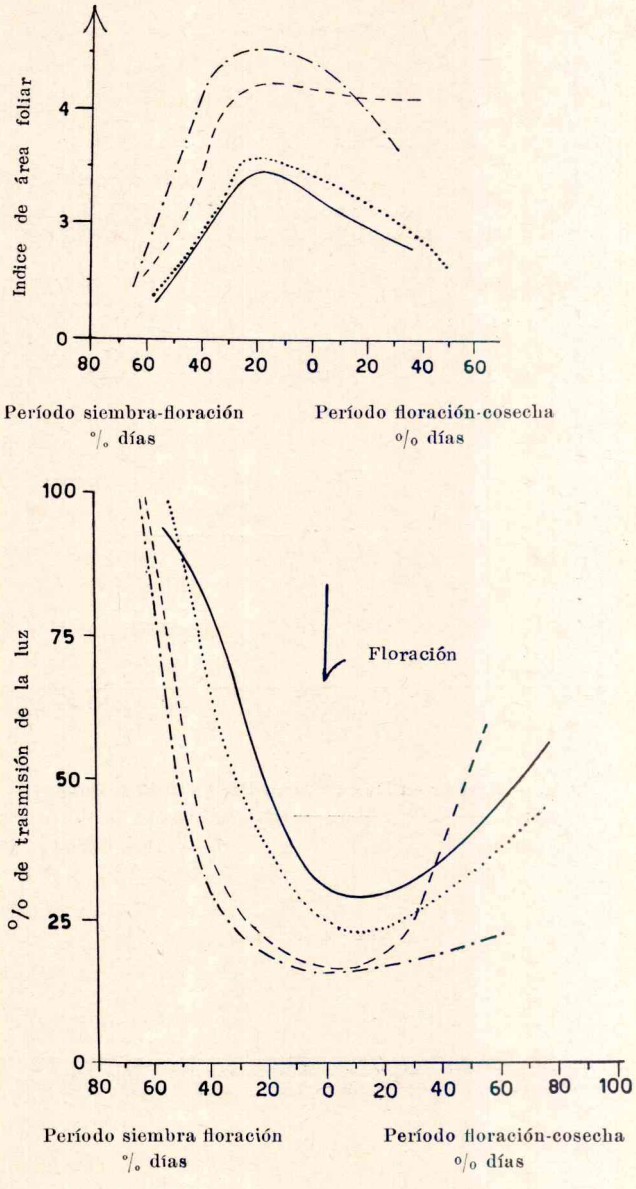

Fig. 3. — Indice de área foliar y porcentaje de trasmisión de la luz en los cultivares Pel-A 506-62 ($N_2 = 60$ kg/ha N: ———; $N_3 = 100$ kg/ha N: . . . . .) y Toropí ($N_2 = 60$ hg/ha N: — — —; $N_3 = 100$ kg/ha N: —.—.—.) en la segunda época.

La figura 4 indica el diferente grado de encame de los trigos Pel-A 506-62 y Toropí, en la primera época de siembra y en las fechas en que se hicieron las determinaciones, a través del ciclo vegetativo; mientras que la figura 5 señala los mismos datos referidos a la segunda época de siembra. Finalmente, la figura 6 muestra el rendimiento de grano en kg/ha para los dos cultivares de trigo utilizados en las dos épocas de siembra y con los cuatro niveles de nitrógeno.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

De acuerdo con lo que se registra en las figuras 1, 2 y 3, existen diferencias de penetración de la luz entre las variedades y entre los niveles de nitrógeno. En el trigo originado de la variedad japonesa semienana Norín 10, se observa mayor penetración de la luz que en el cultivar Toropí, sin duda, debido a su menor altura. El híbrido Pel-A 506-62 también posee una menor área fo-

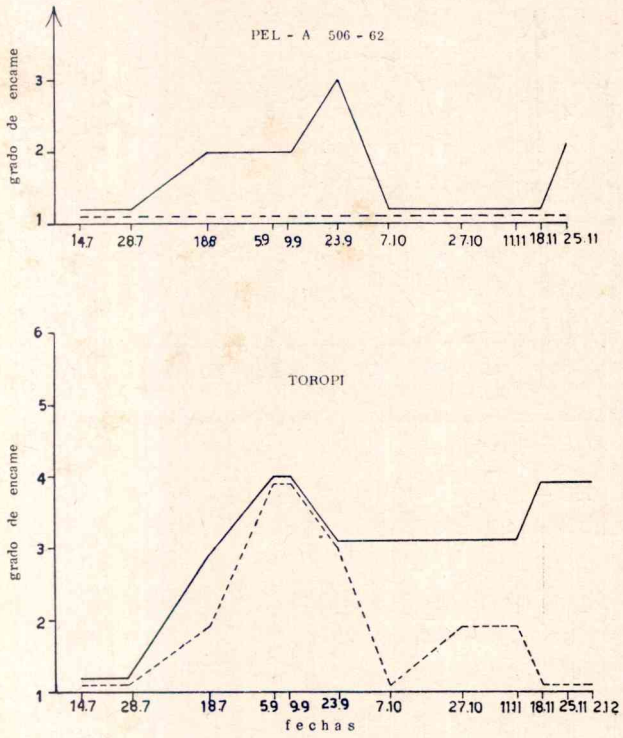

Fig. 4. — Encame en los cultivares Pel-A 506-62 y Toropí (N_0 ; — — — ; N_3 : ————) en la primera época

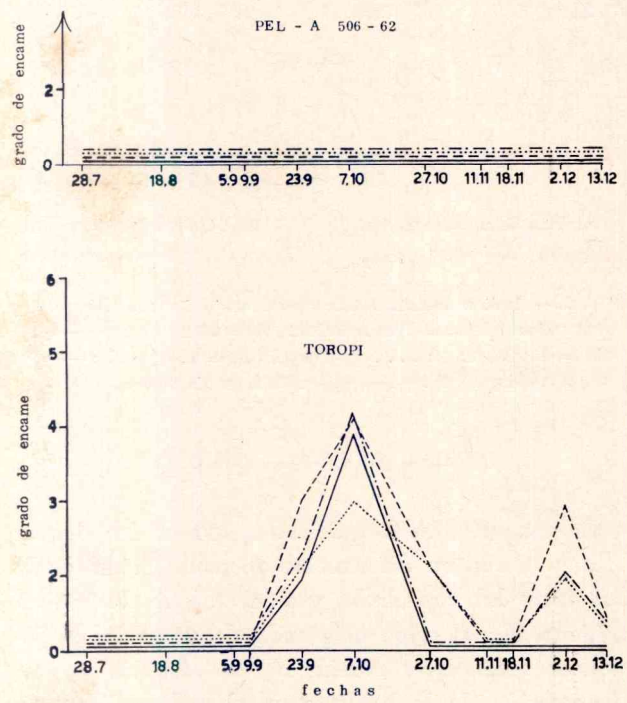

Fig. 5. — Encame en los cultivares Pel-A 506-62 y Toropí (N_0 = ———— ; N_1 =——— N_2 : ..... ; N_3 : —.—.—.)

liar respecto de la variedad con la que fue comparado; es decir, que el área foliar y el porte de la planta de trigo están negativamente correlacionados con la penetración de la luz.

Otro factor que favorece la mayor penetración de la luz en la línea Pel-A 506-62 es la disposición erecta de sus hojas; aún con IAF iguales, trigos con distinta disposición de sus hojas tienen diferente penetración de la luz, pues hojas dispuestas horizontalmente, como las que posee la variedad Toropí, interceptan la luz solar con más intensidad.

El encame estuvo correlacionado positivamente con los niveles de nitrógeno (figs. 4 y 5) y negativamente correlacionado con la penetración, pues la línea Pel-A 506-62, que permite mayor pasaje de luz, tiene menor encame. Si bien la variedad Toropí tiene una transmisión de la luz muy parecida en los niveles N_0 y N_3, el encame en los dos tratamiento es muy diferente. Esto se debe a que los entrenudos de la variedad Toropí se alargan demasiado con altos niveles de nitrógeno, produciéndose mucho encame, por el aumento de altura y la consiguiente disminución de resistencia al viento. Sobre esta variedad los aumentos de niveles de nitrógeno no producen mayores efectos en la penetración de la luz porque ésta ya es baja en el nivel N_0.

La correlación entre la penetración de la luz y el encame es, por lo tanto, más evidente en variedades semienanas y en las variedades altas. El excesivo crecimiento que provoca el encame, no siempre está acompañado por una disminución en la transmisión de la luz porque ésta ya es excesivamente baja con reducidos niveles de nitrógeno.

La duración del ciclo de las variedades estuvo correlacionada negativamente con la penetración de la luz y positivamente con el encame, ya que la línea superprecoz (82 días hasta la floración) tuvo mayor penetración de luz y menos encame, mientras que la variedad Toropí, por ser una variedad tardía (120 días hasta la floración) tuvo menor penetración de luz y mayor encame.

A medida que avanza el ciclo, el área foliar va aumentando y, consecuentemente, va disminuyendo la cantidad de luz que atraviesa el cultivo. Para cereales en general, el índice foliar óptimo está alrededor de 5,5. La línea Pel-A 506-62, aún con niveles elevados de nitrógeno, no sobrepasó mucho

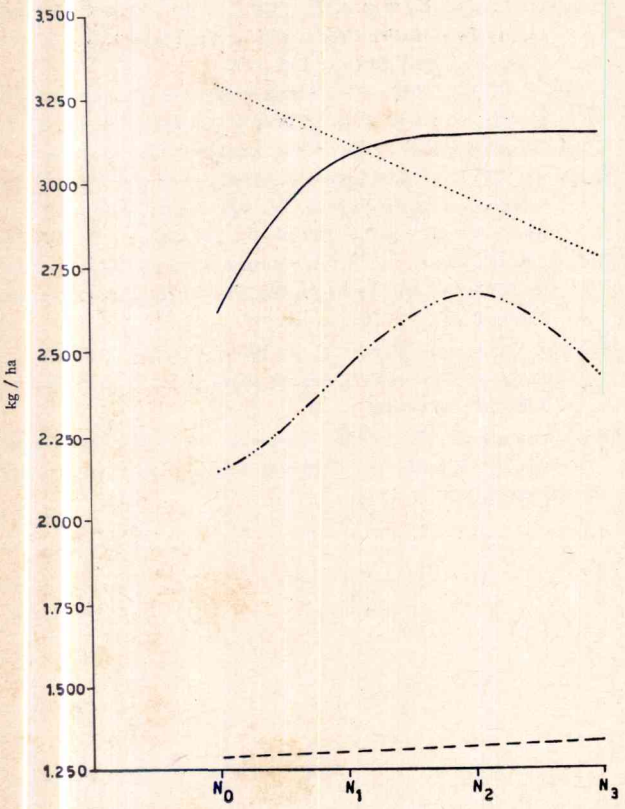

Fig. 6. — Rendimiento de grano en kg/ha en las dos épocas de siembra. 1ª época : Toropí : — — — y Pel-A 506-62 : . . . . . ; 2ª época : Toropí : —...—... – y Pel-A 506-62 : ————.

este valor y no disminuyó demasiado el porcentaje de penetración de la luz, especialmente al comienzo del ciclo.

Con dosis reducidas de nitrógeno tuvo índices de área foliar muy bajos, alrededor de 3,0, lo que indica la necesidad de fuertes abonaduras nitrogenadas, para este tipo de planta. El cultivar Toropí, aún con niveles bajos de nitrógeno, tuvo un índice de área foliar elevado y bajo porcentaje de transmisión de la luz. Cuando aumentó el nitrógeno, ambos aspectos se acentuaron (IAF alrededor de 7,5 y porcentaje muy bajo de penetración de la luz), especialmente en los primeros estados de crecimiento.

Al comparar los rendimientos de los niveles de nitrógeno en la primera época, podría parecer a primera vista (fig. 6) que la línea Pel-A 506-62 no responde al fertilizante; sin embargo, su menor rendimiento con respecto al nivel 0 se justifica, pues la mayor cantidad de nitrógeno produjo una excesiva cantidad de masa verde, según puede verificarse por el IAF de la figura 1, consecuencia, seguramente del alargamiento del ciclo vegetativo por la temprana época de siembra (16-VI-69). En el caso de la variedad Toropí, el rendimiento de la primera época de siembra fue bajo en ambos niveles, debido a la excesiva producción de masa, ya que se trata de una variedad tradicional alta y de mucha paja. Esto también se observa en la figura 1.

En la segunda época de siembra (figs. 6 y 3) hubo en ambos cultivos un aumento gradual del rendimiento, con la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno, hasta el nivel N_2, produciéndose posteriormente una pequeña disminución, debida al excesivo aumento del IAF en el cultivar Toropí. Esta disminución no ocurrió con el cultivar Pel-A 506-62.

Se considera, por lo tanto, que gran parte de las diferencias de rendimiento entre los dos cultivares, se debieron al excesivo IAF de la variedad Toropí, que no responde económicamente a la fertilización nitrogenada.

De lo anteriormente expuesto se concluye que el rendimiento depende: del tipo (morfológico y fisiológico), del abono, del clima y del ciclo, factores éstos que deberán considerarse de manera integrada en la elección de la variedad, época de siembra y nivel de nitrógeno para la obtención de rendimiento elevados.

Según THORNE (1966) los caracteres más probablemente relacionados con los altos rendimientos en grano pueden inferirse cuando son conocidas las fuentes de carbohidratos. Lo más obvio es una amplia área foliar luego de la aparición de la espiga y, teniendo esto presente parece interesante hacer resaltar que los trigos estudiados, en la primera época de siembra y con la fuerte abonadura de 100 kg/ha de nitrógeno, tuvieron su máximo de área foliar, en distintos momentos del ciclo vegetativo; el cultivar Toropí tuvo su máximo antes de la floración y la línea Pel-A 506-62 lo alcanzó después de esa fase, como se observa en la figura 1. En la segunda época de siembra con 100 kg/ha de nitrógeno el máximo de índice de área foliar en ambos cultivares se produjo antes de la floración.

Estos datos parecen indicar que la época en que se da el máximo IAF no depende sólo del cultivar y puede ser modificado por factores ambientales.

BIBLIOGRAFIA

BOYSEN JENSEN, P., 1932. *Die stoffproduction der Pflanzen* G. Fisher, Jena.

CHANG JEN-HU, 1968. *Climate and Agriculture:* An Ecological Survey. Aldine, Chicago.

DONALD, C. M., 1968 *a*. *The breeding of crop ideotypes*. Euphytica. Netherlands Journal of Plant Breeding 17 (3): 385.

— 1968 *b*. *The Design of a Wheat Ideotype*. Third International Wheat Genetics Symposium. 377-387.

EPSTEIN, E. and ROBINSON, R. R., 1965. *A rapid Method for Determining Leaf Area of Potato Plants*. Agronomy Journal 57 (5): 515-517.

FRIEND, D. S. C., 1961. *A Simple Method of Measuring Integrated Ligth Values in the Field*. Ecology 42: 577-580.

MONTEITH, S. L., 1965. *Light Distribution and photosynthesis in field crops*. Annals of Botany 29: 17-37.

TANAKA, A. and KAWANO, K., 1966. *Effect of Mutual Shading on Dry Matter Production in the Tropical Rice Plant*. Plant and Soil 24 (1): 128-144.

THORNE, G. N., 1966. *Physiological aspects of grain yield in cereals*, en: Growth of Cereals and Grasses, ed. F. L. Milthorpe and J. D. Ivins. Butterworths, London.

TSUNODA, 1959. *A developmental analysis of yielding ability in varieties of field crops. II. The assimilation system of single leaves*. Jap. J. Breed. 9: 237-244.

VOGEL, O. A. et al., 1956. *Semidwarf Growth Habit in Winter Wheat improvement for the Pacific Northwest*. Agron. Journal 48 (2): 76.

WATSON, D. J. and WITTS, K. J. 1959. *The Net Assimilation Rates of Wild and Cultivated Beets*. Ann. Bot. (London) N.S. 23: 431-439.

WOODWARD, R. W., 1966. *Response of Some Semi-Dwarf Spring Wheats to Phosphorus Fertilizer*. Agronomy Journal 58 (1): 65.