

EL ROL DE LA TEMPERATURA Y RADIACION SOLAR EN EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCION DEL TRIGO PRIMAVERAL, CON DIFERENTES EPOCAS DE SIEMBRA¹

The role of temperature and solar radiation on the growth and the
production of spring wheat, with different sowing dates

Alejandro del Pozo L.²

SUMMARY

Total dry matter, number of tillers/plant, leaf area index and grain weight were evaluated through time, in wheat seeded at different dates. Thermal time and the absorbed radiation by the crop, were calculated with data from a meteorological station, located near the experiment.

Results suggest that higher temperatures in late sowing dates, can reduce the number of tillers/plant and leaf area index, by shortening the period of growth before anthesis.

Also, in late sowing dates, total dry matter and number of kernels/m² were reduced. Both parameters were closely related to the absorbed radiation by the crop during preanthesis.

The reduction of the grain growth period duration after anthesis, due to higher temperatures in late sowing dates, decreased grain weight.

It was concluded that the interaction between temperature and solar radiation, could explain the decrease in production of spring wheat with late sowing dates, in the irrigated plain of central Chile.

INTRODUCCION

En Chile, como en otros países con clima Mediterráneo, la época de siembra es un factor que tiene una gran incidencia en el rendimiento de los trigos primaverales (Villaseca y Novoa, 1984; Cortázar, 1985). Diversos antecedentes indican que las variaciones en desarrollo y producción debido a la época de siembra, están muy relacionadas con las fluctuaciones climáticas estacionales.

Bajo condiciones no limitantes de agua y nutrientes, la temperatura y la radiación son las variables ambientales que más influyen en el desarrollo y crecimiento de las plantas (Ong y Monteith, 1984).

En cereales y otros cultivos, la tasa de producción y la materia seca (m.s.) acumulada, son proporcionales a la radiación fotosintéticamente activa (RFA) que es absorbida por las plantas. Esto ha permitido analizar el crecimiento y producción de un cultivo, en diferentes ambientes, en términos de la radiación absorbida y la eficiencia de conversión de la energía solar en m.s. (Monteith, 1977; Gallagher y Biscoe, 1978a; Fasheun y Dennett, 1982; Squire, Gregory y Monteith, 1984).

Por otro lado, la temperatura puede reducir la producción de m.s., a través de una disminución del período sobre el cual es absorbida la radiación (Monteith, 1981).

Las investigaciones sobre la influencia de la temperatura y la radiación, en el crecimiento y producción de trigos de hábito primaveral en diferentes épocas de siembra, es escasa. Estudios previos (del Pozo y otros, 1987; Castillo y Santibáñez, 1987) muestran que en trigos de primavera la tasa de desarrollo, definida como el inverso del tiempo requerido para alcanzar una

¹ Recepción de originales: 4 de agosto de 1987.

El autor agradece al Ing. Agr. Ph.D. Jorge García—Huidobro, por sus sugerencias y críticas al manuscrito.

² Estación Experimental Quilamapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

determinada etapa fenológica, depende esencialmente de la temperatura. De manera que, en siembras tardías donde las plantas están expuestas a temperaturas más altas, la duración de las distintas etapas fenológicas se acorta significativamente.

De lo anterior se desprende que la interacción entre la temperatura y la radiación absorbida por el cultivo durante el período de crecimiento, podrán explicar las variaciones en el rendimiento de estos trigos, debido a la época de siembra.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la temperatura y radiación en el crecimiento y producción de los trigos de hábito primaveral, en diferentes épocas de siembra.

MATERIALES Y METODOS

Características del sitio y del ensayo

Los experimentos se realizaron en el Campo Experimental Santa Rosa (36° 26' S; 72° 06' W, 220 m.s.n.m.), de la Estación Experimental Quilamapu (INIA, Chillán) durante las temporadas 1985/86 y 1986/87. El suelo corresponde a la Serie Arrayán Typic Dystandept, de 100 cm de profundidad. Las fechas de siembras usadas y otros detalles de los ensayos, se muestran en el Cuadro 1. Los ensayos se regaron periódicamente desde octubre hasta el momento de la cosecha. Las malezas y hongos se controlaron químicamente.

Crecimiento y producción

La m.s. y el área foliar se determinaron a través de muestreos periódicos (cada dos semanas, aproximadamente). La superficie muestreada fue de 0,2 m² en 1985 y 0,4 m² en 1986. El área foliar se midió en una submuestra de 10 plantas. Para esto se utilizó un medidor digital de área marca LICOR.

Se calculó el índice de área foliar (IAF) y el índice de área foliar promedio (\overline{IAF}). Este último se calculó asumiendo un aumento exponencial del IAF, hasta alcanzar el IAF máximo (Monteith, 1972), siendo:

$$\overline{IAF} = (IAF2 - IAF1) / \ln (IAF2 / IAF1)$$

Donde IAF1 e IAF2 son el índice de área foliar a los tiempos t1 y t2, respectivamente. Cuando el IAF decrecía, el \overline{IAF} se calculó como el promedio aritmético entre IAF1 e IAF2 (Gallagher y Biscoe, 1978a).

Se evaluó también el crecimiento del grano desde antes a madurez, siendo madurez el momento en que se detuvo el crecimiento del grano. Para esto se muestrearon de cada parcela y a intervalos de 3 días, 10 espigas tomadas al azar. Se les contó el número de granos y se pesaron. El crecimiento del grano se analizó asumiendo que su tasa de crecimiento era constante y su peso final (P (f)) se expresó como:

$$P(f) = P(i) + (TC \times DFL)$$

Donde P(i) y P(f) son el valor inicial y final del peso del grano, TC es la tasa de crecimiento del grano durante la fase lineal del crecimiento y DFL es la duración de la fase lineal (Gallagher, Biscoe y Hunter, 1976).

El rendimiento se estimó de una muestra de 4 m². Las diferencias estadísticas en el rendimiento, peso de mil granos y número de espigas/m², entre las diferentes fechas de siembra, se determinaron a través de análisis de variancia y prueba de Duncan.

Radiación absorbida

En cereales, la RFA absorbida por las plantas depende de la distribución espacio-temporal del área foliar, en relación a la radiación solar incidente (Gallagher y Biscoe, 1978a). La RFA absorbida por el cultivo es

CUADRO 1. Detalles agronómicos de los ensayos

TABLE 1. Agronomics details of the trials

	1985/86	1986/87
Variedad	Onda—INIA	Onda—INIA y Nobo—INIA
Dosis de semilla (kg/ha)	160	160
Distancia de siembra (cm)	20	20
Fertilización: N (kg/ha)	160	200
P (kg/ha)	52,2	52,2
Fecha de siembra	30.05, 28.06, 31.07, 29.08 y 11.10	01.08 y 02.09
Tamaño de las parcelas (m)	4 x 5	5 x 8
Nº de repeticiones	3	3

posible estimarla en base al IAF y la radiación incidente (Gallagher y Biscoe, 1978a; Hipps, Asrar y Kanemasu, 1983):

$$RFA_{abs} = [Bo \times (1 - \exp(-K \times \overline{IAF}))] \times RFA_i$$

Donde RFA_{abs} es la RFA absorbida por el cultivo, RFA_i es la RFA incidente, \overline{IAF} es el IAF promedio y Bo y K son constantes. Los valores de Bo y K usados, fueron 0,9 y 0,4, respectivamente (Gallagher y Biscoe, 1978a). La RFA_i se calculó a partir de la radiación total incidente (0,3–3 mm) y se asumió que era igual al 50% de la radiación total (Szeics, 1974).

Fenología y tiempo térmico

Las observaciones fenológicas se realizaron en cada parcela, en una hilera marcada, de 1 m de longitud. Se asumió que se habría completado una etapa fenológica, cuando el 50% de los tallos alcanzaban esa etapa (del Pozo y otros, 1987). El estado de iniciación floral se determinó muestreando plantas periódicamente y viendo el estado del ápice a través de una lupa.

El tiempo térmico para las distintas etapas fenológicas se determinó en la forma descrita por García-Huidobro, Monteith y Squire (1982) y adaptada para trigos de primavera por del Pozo y otros (1987):

$$\Theta = (T_i - T_{bi}) \times t_i$$

Donde, t_i (días) es la duración de la etapa fenológica i , T_i (°C) es la temperatura promedio durante dicho período, T_{bi} (°C) es la temperatura base de la etapa fenológica i y Θ es el tiempo térmico (°Cd). Para el período siembra–emergencia, T es la temperatura media del suelo a 10 cm; para el período emergencia–iniciación floración, T es la temperatura de superficie a 5 cm y para los períodos iniciación floración–antesis y antesis–madurez, T es la temperatura del aire a 150 cm.

RESULTADOS

Crecimiento, desarrollo del área foliar y radiación absorbida

Al atrasar la fecha de siembra, las plantas crecen bajo temperaturas más altas, produciéndose un acortamiento significativo de los períodos de pre y postantesis (cuadros 2 y 3).

En el año 1985, la m.s. final fue significativamente ($P \leq 0,05$) menor en las tres últimas fechas de siembra, en relación a las dos primeras. También, el rendimiento disminuyó significativamente en las siembras más tardías, como era de esperar. En cambio, la tasa de crecimiento tendió a aumentar en las siembras de septiembre y octubre (Cuadro 2).

CUADRO 2. Temperatura media del aire, duración de períodos fenológicos, materia seca, tasa de crecimiento y rendimiento del trigo Onda–INIA, en cinco fechas de siembra

TABLE 2. Mean air temperature, length of phenological periods, total dry matter, growth rate and yield of the wheat cv. Onda–INIA, with five sowing dates

	Fechas de Siembra				
	30.05.85	28.06.85	31.07.85	29.08.85	11.10.85
Temperatura Media del Aire (°C)					
Emergencia–antesis	9,4	10,1	11,6	13,2	15,4
Antesis–madurez	15,9	17,1	18,3	18,3	19,8
Duración del Período (días)					
Emergencia–antesis	140	121	98	72	59
Antesis–madurez	44	45	42	40	28
Materia Seca Total (g/m ²)					
Antesis	1550	1200	950	850	800
Madurez*	2012 a	1849 a	1455 b	1465 b	1460 b
Tasa de Crecimiento (g/m ² /día)					
Emergencia–antesis	11,1	9,9	9,7	11,8	13,6
Emergencia–madurez	10,9	11,1	10,4	13,1	16,8
Rendimiento (qq/ha)					
12,5% de humedad*	80,6 a	78,5 ab	68,5 c	68,5 c	48,6 d

* Los valores con letras distintas son estadísticamente diferentes. (Test de Duncan; $P \leq 0,05$).

CUADRO 3. Temperatura media del aire, duración de períodos fenológicos, materia seca, tasa de crecimiento y rendimiento de los trigos Onda-INIA y Nobo-INIA, con distintas fechas de siembra

TABLE 3. Mean air temperature, length of phenological periods, total dry matter, growth rate and yield of the wheats Onda-INIA and Nobo-INIA, with different sowing dates

	Fechas de Siembra			
	Onda-INIA		Nobo-INIA	
	01.08.86	02.09.86	01.08.86	02.09.86
Temperatura Media del Aire (°C)				
Emergencia—antesis	11,7	13,4	11,7	13,5
Antesis—madurez	15,4	17,3	15,7	17,6
Duración del Período (días)				
Emergencia—antesis	87	76	89	80
Antesis—madurez	43	29	43	30
Materia Seca Total (g/m ²)				
Antesis	700	976	900	1020
Madurez*	1158	1350	1398	1725
Tasa de Crecimiento (g/m ² /día)				
Emergencia—antesis	8,0	12,8	10,1	12,8
Emergencia—madurez	8,9	12,9	10,6	15,7
Rendimiento (qq/ha)				
12,5%/o de humedad*	64,2	60,4	74,0	75,5

*El ANDEVA de parcelas divididas indica que hay diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre variedades pero no entre fechas de siembra.

Durante 1986, al comparar las fechas de siembra de principios de agosto con la de principios de septiembre, no se encuentran diferencias significativas en la m.s. total y la producción de las variedades Onda-INIA y Nobo-INIA. Sólo se observó un aumento en la tasa de crecimiento en la siembra de septiembre (Cuadro 3).

En el trigo Onda-INIA, sembrado en diferentes épocas, el número de macollas/planta aumentó desde la emergencia hasta los 300 grados días, esto es, un poco después de la iniciación de la floración (Figura 1). El mayor número de macollas que se obtuvo cuando el trigo se sembró a fines de mayo y de junio, significó un mayor índice de área foliar, en relación al mismo trigo sembrado más tarde (Figura 2). La disminución del índice de área foliar ocurrió más o menos concomitante a la disminución del número de macollas. Los días transcurridos entre emergencia y el momento de la máxima área foliar, a los 300 grados días, fueron 117 días en la siembra del 30 de mayo y 31 días en la del 11 de octubre.

Después de los 300 grados días, el número de macollas/planta disminuyó, siendo al final más o menos similar en las cinco fechas de siembra (Figura 1). No hubo diferencias estadísticas (ANDEVA: $P \geq 0,05$) en el número final de tallos/m².

Como resultado del menor desarrollo del área foliar que se obtuvo al atrasar la fecha de siembra, la fracción de la radiación absorbida por el cultivo, estimada en base a la ecuación de Gallagher y Biscoe (1978a), resultó ser menor en las siembras de julio, agosto y octubre (Figura 3).

La relación entre m.s. acumulada desde la emergencia hasta la aparición de espigas (a los 400 grados días) y la RFA absorbida, es lineal en las diferentes fechas de siembra (Figura 4a) y en las dos variedades, Onda-INIA y Nobo-INIA (Figura 4b).

La RFA absorbida entre emergencia y antesis por la variedad Onda-INIA durante 1985, disminuyó a medida que se atrasó la fecha de siembra, a pesar que la radiación media diaria aumentó (Cuadro 4). Al comparar las fechas de siembra de agosto y septiembre de 1986, se encuentra que tanto en la variedad Onda-INIA como Nobo-INIA, la radiación absorbida tendió a ser mayor en la segunda época, lo que significó mayor biomasa (Cuadro 4).

Crecimiento del grano

En el análisis del crecimiento del grano, se asumió que la tasa de crecimiento era constante y que la fase lineal del crecimiento del grano comenzaba cuando el

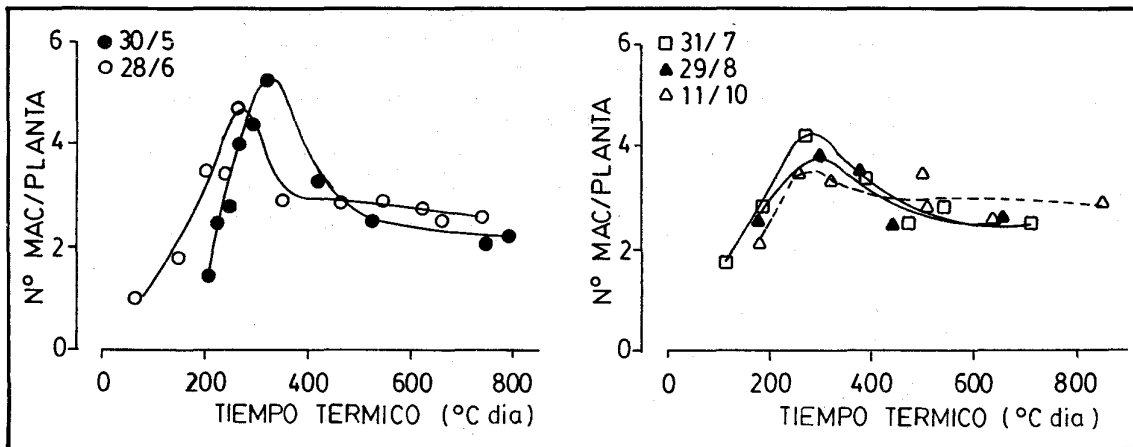


FIGURA 1. Número de macollas/planta en función del tiempo térmico, desde emergencia a madurez, en la var. Onda-INIA sembrada en 5 épocas.

FIGURE 1. Number of tillers/plant according to thermal time, from emergence to maturity, in the cv. Onda-INIA with 5 sowing dates.

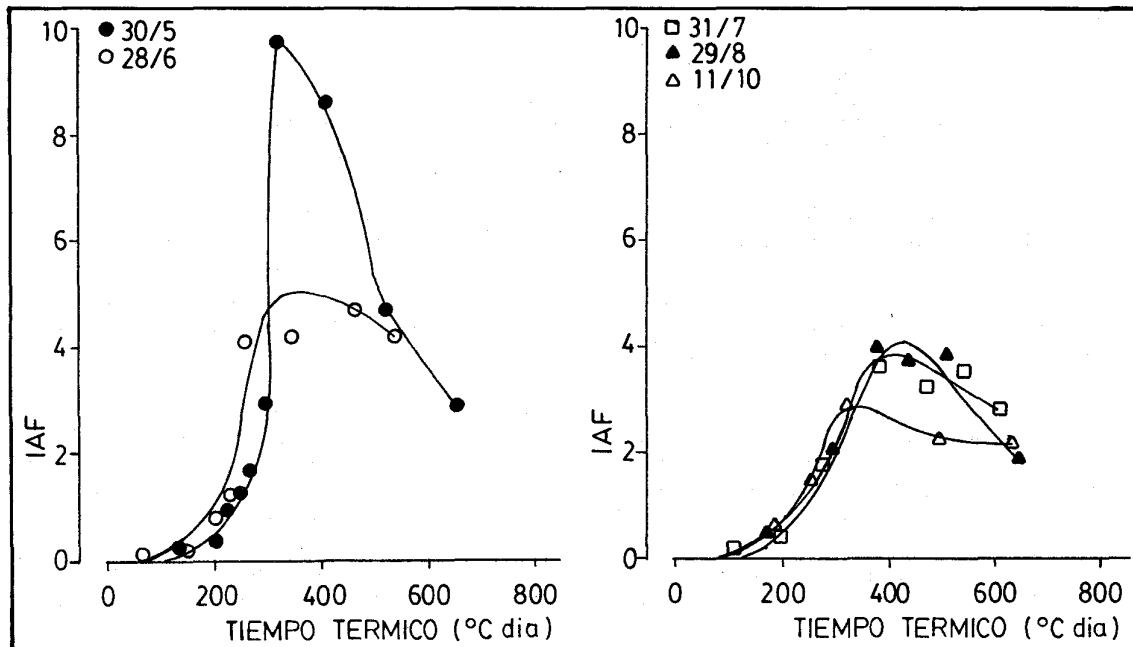


FIGURA 2. Índice de área foliar (IAF) en función del tiempo térmico, en la var. Onda-INIA sembrada en 5 épocas.

FIGURE 2. Leaf area index (IAF) as a function of thermal time, in the cultivar Onda-INIA with 5 sowing dates.

grano alcanzaba el 15% de su peso final (Gallagher y Biscoe, 1978b). En la Figura 5 se muestra el crecimiento del grano en las variedades Onda-INIA y Nobo-INIA, en dos épocas de siembra, durante 1986.

Al atrasar la fecha de siembra, tanto la duración del período de crecimiento como el peso final del grano

disminuyen. También, el número de granos por espiga y el número de granos/m² disminuyeron al atrasar la fecha de siembra (Cuadro 5).

Finalmente, se encuentra una correlación significativa ($r^2 = 0,66$; $P \leq 0,01$) entre el número de granos/m² y la RFA absorbida hasta antesis (Figura 6).

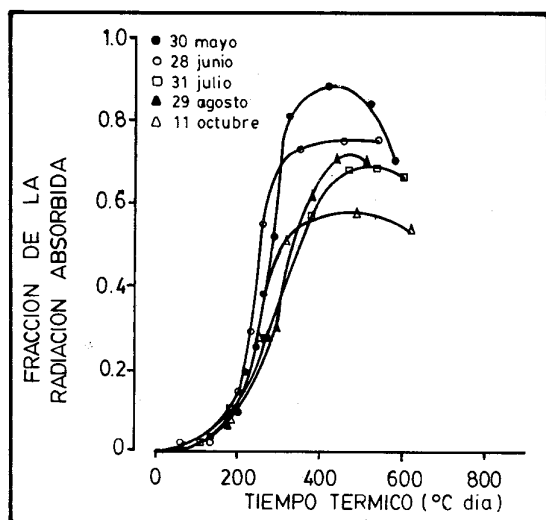


FIGURA 3. Fracción de radiación absorbida por el trigo en las 5 fechas de siembra.

FIGURE 3. Fraction of absorbed radiation by wheat, at 5 sowing dates.

DISCUSION

Estudios previos (del Pozo y otros, 1987) demuestran que, en los trigos primaverales, la temperatura tiene un gran efecto en las distintas etapas fenológicas, como son siembra—emergencia, emergencia—iniciación floración, iniciación floración—antesis y antesis—madurez. Por lo tanto, el acortamiento de los períodos de pre y postantesis, al atrasar la fecha de siembra (cuadros 2 y 3), se debe esencialmente al aumento de la temperatura.

Después de emergencia, la tasa de aparición de primordios vegetativos y la tasa de crecimiento de las hojas aumenta con la temperatura (Biscoe y Gallagher, 1978; Gallagher, 1979; Baker y Gallagher, 1983; Baker y otros, 1986; del Pozo y otros, 1987). Sin embargo, el máximo número de macollas (Figura 1) y la máxima área foliar (Figura 2), en las distintas fechas de siembra, al parecer depende de la duración del período vegetativo, el cual está determinado por la temperatura (del Pozo y otros, 1987). La detención del crecimiento de nuevas macollas después de los 300 grados días, podría deberse a una inhibición hormonal de los primordios vegetativos, por parte de las espigas que están comenzando a desarrollarse en el tallo principal y macollas (Johnston y Jeffcoat, 1977).

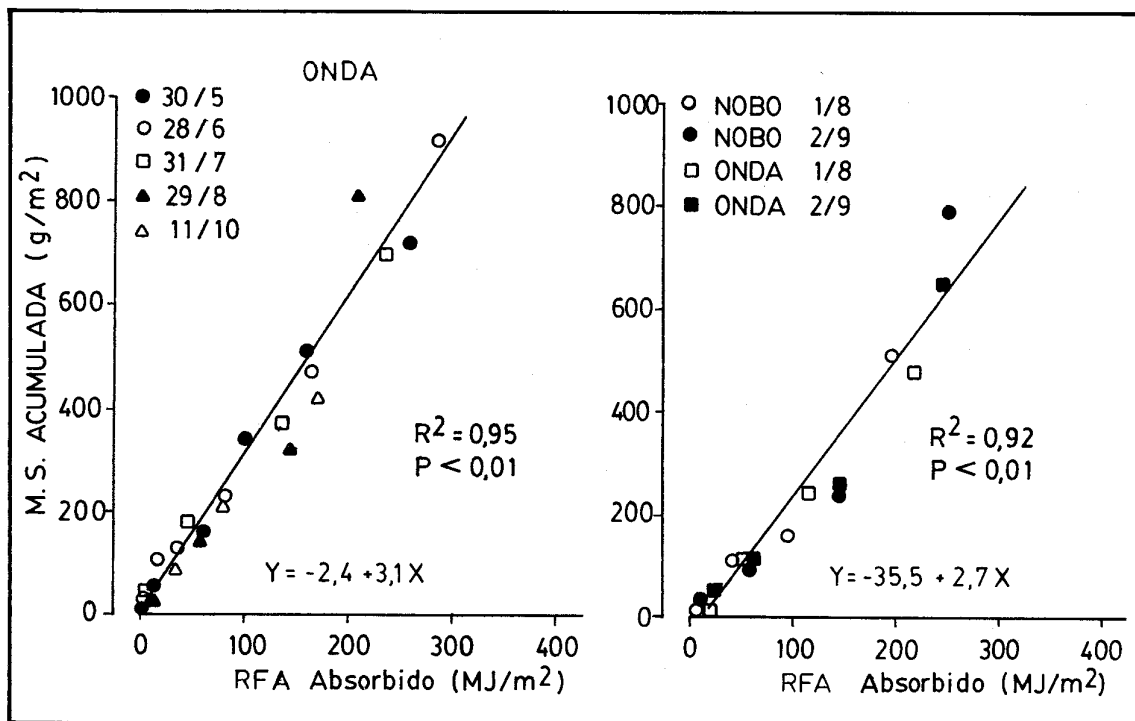


FIGURA 4. Relación entre m.s. acumulada, desde emergencia hasta espigadura, y radiación fotosintéticamente activa (RFA) absorbida por el trigo, en diferentes épocas de siembra.

FIGURE 4. Relationship between total dry matter from emergence until heading, and photosynthetic active radiation (RFA) absorbed by wheat, with different sowing dates.

CUADRO 4. RAD, RFAabs y m.s., al momento de la antesis, en variedades de trigo, con diferentes fechas de siembra

TABLE 4. Daily mean solar radiation (RAD) absorbed photosynthetic active radiation (RFAabs) and total dry matter at anthesis (M.S.), with different sowing dates of wheat cultivars

Variedades	Fecha de siembra	RAD (MJ/m ² /día)	RFAabs (MJ/m ²)	M.S. (g/m ²)
Onda—INIA, 1985	30.05	10,4	440	1550
	28.06	12,6	380	1200
	31.07	15,8	347	950
	29.08	18,8	336	850
	11.10	23,5	278	800
Onda—INIA, 1986	01.08	15,0	267	700
	02.09	18,7	344	976
Nobo—INIA, 1986	01.08	15,1	276	900
	02.09	19,0	386	1020

RAD: radiación solar media diaria; RFAabs: radiación fotosintéticamente activa absorbida.

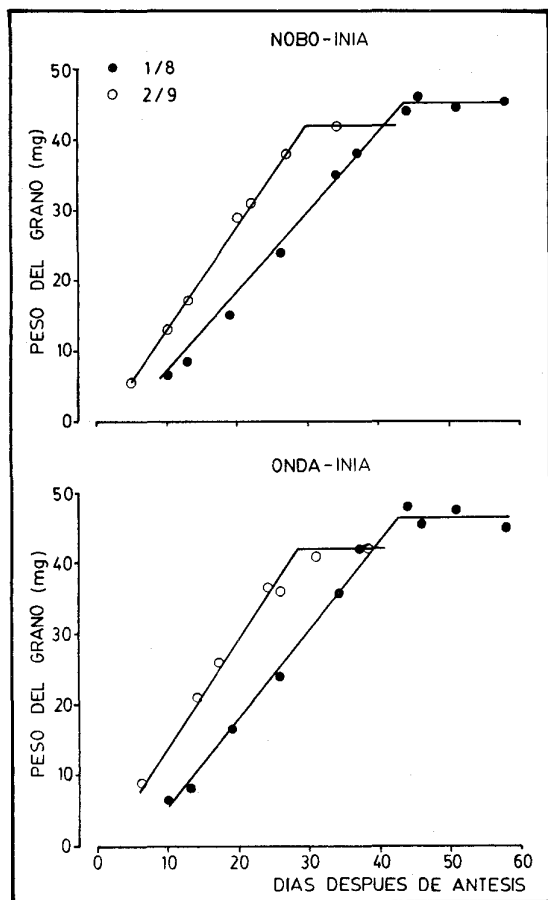


FIGURA 5. Crecimiento del grano en dos variedades de trigo, en dos épocas de siembra.

FIGURE 5. Grain growth in two wheat cultivars, with two sowing dates.

Las estimaciones de la RFA absorbida sugieren que la eficiencia del cultivo, medida como g m.s./MJ absorbido, no cambiaría significativamente al atrasar la fecha de siembra (Figura 4). Las pendientes de las rectas indican que por cada MJ absorbido, se producen entre 2,7 y 3,1 g m.s. durante el período emergencia—espigadura. Este valor resulta similar al estimado por Gallagher y Biscoe (1978a), de 3,0 g/MJ, para trigos de invierno y cebada, durante el período vegetativo. En habas, se ha encontrado valores entre 2 y 4,1 g/MJ (Fasheun y Dennett, 1982); en remolacha, 3,5 g/MJ (Biscoe y Gallagher, 1977); y en mijo, 2,15 a 2,37 g/MJ (Ong y Monteith, 1984).

Asumiendo un valor energético de 17,5 KJ/g (Lieth, 1975), resulta que la eficiencia de conversión durante el período de preespigadura, es de un 2,7% de la radiación total incidente. Se ha sugerido que la máxima eficiencia para plantas tipo C3, sería de 3,0 a 3,4% (Monteith, 1978).

Los resultados de la RFA absorbida (Cuadro 4) indican que el acortamiento del período emergencia—antesis debido a la temperatura, puede ser tal que signifique una disminución de la radiación absorbida por el cultivo y, en último término, de la m.s. producida. Midmore, Cartwright y Fischer (1984), al estudiar el crecimiento de trigos primaverales en una gradiente altitudinal en México, encontraron también que el área foliar y la m.s. acumulada, eran significativamente menores en las zonas bajas (tropicales), donde la temperatura era mayor.

La reducción del peso del grano asociada con la fecha de siembra, corrobora lo encontrado por Mellado (1980), en un experimento realizado en el mismo campo experimental.

CUADRO 5. Temperatura media del aire durante el período de crecimiento del grano (Tg), tasa de crecimiento del grano durante la fase lineal (TC), duración de esta fase (DFL), peso final del grano P(f), N° de granos/espiga (Ng) y por m² (G) en trigos sembrados en diferentes fechas

TABLE 5. Mean air temperature during the grain growth period (Tg); mean grain growth rate (TC) during the linear fase of growth and duration of this fase (DFL); final grain mean weight P(f) and N° of kernels/spike (Ng) and per m² (G), in wheats with different sowing dates

Variedades	Fecha de siembra	Tg (°C)	TC (mg/día)	DFL (días)	P(f) (mg)*	Ng	G (100/m ²)
Onda—INIA	30.05.85	15,9	1,25	31,5	42,2 b	46,3	170
	28.06.85	17,1	1,24	31,5	44,5 a	45,3	158
	31.07.85	18,3	—	—	40,9 c	40,5	151
	29.08.85	18,3	1,25	28,5	40,5 c	38,2	150
	11.10.85	19,8	1,01	18,5	33,3 d	37,3	130
Onda—INIA	01.08.86	15,4	1,28	33,0	46,7	51,5	122
	02.09.86	17,3	1,31	23,0	42,2	48,2	127
Nobo—INIA	01.08.86	15,7	1,13	31,0	45,1	66,2	146
	02.09.86	17,6	1,26	25,0	42,8	58,5	157

* Los valores con letras distintas difieren estadísticamente (Test de Duncan; $P \leq 0,05$).

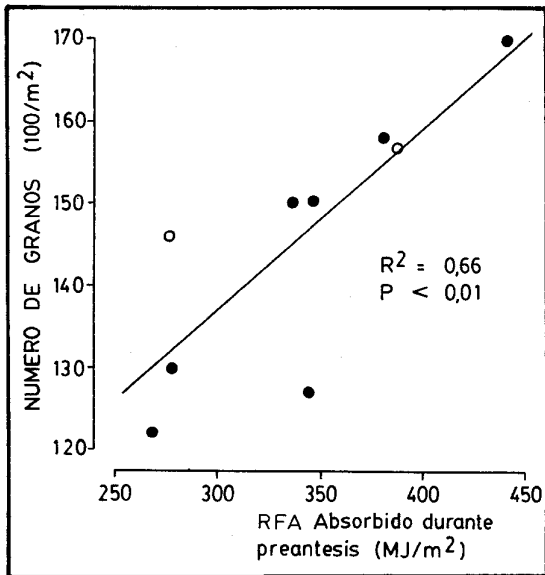


FIGURA 6. Relación entre N° de granos/m² y RFA absorbida durante preanthesis. ●: Onda—INIA; ○: Nobo—INIA.

FIGURE 6. Relationship between N° of grains/m² and absorbed photosynthetic active radiation (RFA), during pre-anthesis. ●: Onda—INIA; ○: Nobo—INIA.

Los estudios realizados con ambiente controlado, demuestran que en trigo, tanto la temperatura como la radiación afectan el crecimiento del grano (Spiertz, 1977). Durante el llenado de grano, la radiación afecta la fotosíntesis y, por lo tanto, los aportes de fotosintatos al grano (Ford y Thorne, 1975). Por otro

lado, temperaturas altas después de la antesis, acortan el período de crecimiento del grano y disminuyen el peso del grano y la producción (Ford y Thorne, 1975; Spiertz, 1977; Chowdhury y Wordlaw, 1978; Wiegand y Cuellar, 1981).

El acortamiento del período de crecimiento del grano en las "siembras tardías", se explicaría entonces por la mayor temperatura a que estuvo expuesto el cultivo durante el período de post—antesis, lo que tuvo como consecuencia la disminución del peso del grano (Cuadro 5). No se observó un efecto claro de la temperatura en la tasa de crecimiento del grano. Spiertz (1977), en experimentos con ambiente controlado, encontró que el acortamiento del período de crecimiento del grano con la temperatura, estaba asociado con un aumento de la tasa de crecimiento del grano y con un aumento del movimiento de carbohidratos y proteínas, desde los órganos vegetativos hacia los granos.

El número de granos en cereales, pareciera estar más relacionado con la duración del período de crecimiento de la espiga antes de antesis y la radiación absorbida durante este período, que con las condiciones de temperatura y radiación en post—antesis (Ong y Monteith, 1984; Fischer, 1985). De hecho, se encuentra una correlación significativa ($r^2 = 0,66$, $P \leq 0,01$) entre el número de granos/m² y la RFA absorbida hasta antesis (Figura 6). No hay una correlación significativa ($r^2 = -0,01$; $P \geq 0,05$) entre el número de granos/m² y la temperatura promedio durante pre—antesis.

CONCLUSIONES

Los resultados presentados en este trabajo demuestran la gran influencia que tienen la temperatura y la radiación, en el crecimiento y producción del trigo primaveral, en las distintas fechas de siembra.

A medida que se atrasa la fecha de siembra, el cultivo crece bajo temperaturas más altas, produciéndose un acortamiento de los períodos de pre y postantesis.

Durante preantesis, la disminución del período de crecimiento con la temperatura tiene como consecuencia: a) la disminución del IAF y, por lo tanto, menor es la fracción de la radiación que es absorbida por el cultivo; b) la disminución del tiempo a que está ex-

puesto el cultivo a la radiación. Ambos efectos a) y b), se traducen en una disminución de la radiación absorbida por el cultivo. En consecuencia, se reduce la producción de materia seca y el número de granos/m².

En postantesis, la reducción del período de crecimiento del grano con la temperatura, resulta en un menor peso del grano.

El menor IAF que se obtiene en las siembras tardías podría ser, en cierta medida, compensado aumentando la dosis de semilla y de esta manera aumentar la radiación absorbida durante preantesis. Resultados de Mellado (comunicación personal) apoyan al parecer esta hipótesis, al encontrar que un aumento en la dosis de semilla en las siembras tardías, disminuye la caída del rendimiento debido a la fecha de siembra.

RESUMEN

En trigos sembrados en diferentes épocas de siembra, se evaluó durante el período de crecimiento, la m.s. total, el número de macollas por planta, el índice de área foliar y el peso del grano. Se calculó el tiempo térmico y la radiación absorbida por el cultivo, a partir de datos de temperatura y radiación obtenidos de una estación meteorológica ubicada cerca del experimento.

Los resultados indican que en las siembras tardías, las plantas estuvieron expuestas a temperaturas más altas, lo que redujo el período vegetativo. Esto significó una disminución del número de macollas por planta y del índice de área foliar, en estas siembras.

El atraso en la fecha de siembra significó además, una disminución en la biomasa total y el número de granos/m². Ambas variables se encuentran estrechamente relacionadas con la radiación absorbida por el cultivo durante la preantesis.

La reducción del período de crecimiento del grano a causa de mayores temperaturas en las siembras más tardías, resultó en un menor peso del grano.

Finalmente, se concluye que la interacción entre la temperatura y la radiación, podría explicar la menor producción de los trigos de primavera, en las siembras tardías en el llano regado de Chile central.

LITERATURA CITADA

- BAKER, C.K. and GALLAGHER, J.N. 1983. The development of winter wheat in the field. 2. The control of primordium initiation rate by temperature and photoperiod. *Journal Agricultural Science, Cambridge*, 191: 334–337.
- BAKER, J.T., PINTER, J.J., REGINATO, R.J., and KANEMASU, E.T. 1986. Effects of temperature on leaf appearance in spring and winter wheat cultivars. *Agronomy Journal* 78: 605–613.
- BISCOE, C.K. and GALLAGHER, J.N. 1977. Weather, dry matter production and yield. En: J.J. Landsberg and Cutting (ed). *Environmental effects on crop physiology*. Academic Press, London. p.: 75–100.
- BISCOE, P.V. and GALLAGHER, J.N. 1978. A physiological analysis of cereal yield. I. Production of dry matter. *Agricultural Progress* 53: 34–50.
- CASTILLO G., HAYDEE y SANTIBAÑEZ Q., FERNANDO. 1987. Efecto de la temperatura sobre la fenología del trigo (Cultivar Aurifén). *Agricultura Técnica (Chile)* 47 (1): 29–34.
- CORTAZAR S., RENE. 1985. Trigo de primavera. En: Seminario de Trigo. Manejo tecnológico, costos, comercialización, calidad y procesamiento. Investigación. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía.

- CHOWDHURY, S.I. and WORDLAW, I. 1978. The effect of temperature on kernel development in cereals. *Australian Journal Agriculture Research* 29: 205–223.
- DEL POZO, ALEJANDRO, GARCIA-HUIDOBRO, JORGE, NOVOA, RAFAEL, and VILLASECA, SERGIO. 1987. Relationship of base temperature to development of spring wheat. *Experimental Agriculture* 23 (1): 21–30.
- FASHEUN, A. and DENNETT, M.D. 1982. Interception of radiation and growth efficiency in field beans (*Vicia faba* L.). *Agriculture Meteorology* 26: 221–229.
- FISCHER, R.A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *Journal Agricultural Science, Cambridge*, 105: 447–461.
- FORD, M.A. and THORNE, G.N. 1975. Effects of variation in temperature and light intensity of different times on growth and yield of spring wheat. *Annals Applied Biology* 80: 283–299.
- GALLAGHER, J.N. 1979. Field studies of cereal leaf growth. I. Initiation and expansion in relation to temperature and ontogeny. *Journal Experimental Botany* 30: 625–636.
- GALLAGHER, J.N. and BISCOE, P.V. 1978a. Radiation absorption, growth and yield of cereals. *Journal Agricultural Science, Cambridge*, 91: 47–60.
- GALLAGHER, J.N. and BISCOE, P.V. 1978b. A physiological analysis of cereal yield. II. Partitioning of dry matter. *Agricultural Progress* 53: 51–70.
- GALLAGHER, J.N., BISCOE, P.V., and HUNTER, B. 1976. Effects of drought on grain growth. *Nature* 264: 541–542.
- GARCIA-HUIDOBRO, J., MONTEITH, J.L., and SQUIRE, G.R. 1982. Time, temperature and germination of Pearl-Millet (*Pennisetum typhoides* S. & H.). I. Constant temperature. *Journal Experimental Botany* 33: 288–296.
- HIPPS, L.E., ASRAR, G., and KANEMASU, E.T. 1983. Assessing the interception of photosynthetically active radiation in winter wheat. *Agriculture Meteorology* 27: 253–259.
- JOHNSTON, G.F.S. and JEFFCOAT, B. 1977. Effects of some growth regulators on tiller bud elongation in cereals. *New Phytologist* 79: 239–245.
- LIETH, H. 1975. Measurements of calorific values. En: H. Lieth and R. Whittaker (ed.). *Primary productivity of the biosphere*. New York: Springer Verlag. p.: 119–129.
- MELLADO Z., MARIO. 1980. Efecto de la época de siembra y dosis de nitrógeno en un cultivo de trigo de primavera (*Triticum aestivum*). II. Variaciones en la altura de planta adulta y duración de algunos estados fenológicos. *Agricultura Técnica (Chile)* 40: 7–11.
- MIDMORE, D.J., CARTWRIGHT, P.M., and FISCHER, R.A. 1984. Wheat in tropical environments. II. Crop growth and grain yield. *Field Crops Research* 8: 207–227.
- MONTEITH, J.L. 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal Applied Ecology* 9: 747–766.
- MONTEITH, J.L. 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philosophical Transactions Royal Society, B* 281: 277–294.
- MONTEITH, J.L. 1978. Reassessment of maximum growth rates for C3 and C4 crops. *Experimental Agriculture* 14: 1–5.
- MONTEITH, J.L. 1981. Climatic variation and the growth of crops. *Quarterly Journal Royal Meteorological Society* 107: 749–774.
- ONG, C.K. and MONTEITH, J.L. 1984. Response of pearl millet to light and temperature. En: *Agrometeorology of sorghum and millet in the semi-arid tropics: Proceeding of the International Symposium, ICRISAT Center, India*.
- SPIERTZ, J.H.J. 1977. The influence of temperature and light intensity on grain growth in relation to the carbohydrate and nitrogen economy of the wheat plant. *Neth. Journal Agriculture Research* 25: 182–197.
- SQUIRE, G.R., GREGORY, P.J., and MONTEITH, J.L. 1984. Control of water use by pearl millet (*Pennisetum typhoides*). *Experimental Agriculture* 20: 135–149.
- SZEICS, G. 1974. Solar radiation for plant growth. *Journal Applied Ecology* 11: 617–636.
- VILLASECA C., SERGIO y NOVOA S—A., RAFAEL. 1984. Fenología y sumas de temperatura en cinco variedades de trigo. *Simiente* 54 (3–4): 144 (Resumen 013).
- WIEGAND, C. L. and CUELLAR, J. A. 1981. Duration of grain filling and kernel weight of wheat as affected by temperature. *Crop Science* 21: 95–101.