

**RESPUESTA AL NITROGENO Y FOSFORO DE VARIEDADES DE
TRIGO ALTAS Y SEMIENANAS. I. VARIACIONES EN EL
RENDIMIENTO DE GRANO Y SUS COMPONENTES¹**

**Response to nitrogen and phosphorus of tall and semidwarf wheat
varieties. I. Grain yield and yield components variations**

Mario Mellado Z.²

S U M M A R Y

In a split plot design, the fertilization response of four bread wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) was studied. Three trials were carried out at the Quilamapu Research Station (INIA—Chillán), from 1983 to 1985.

Treatments (whole plots) were: T1 = check, no N, no P applied; T2 = 50 kg N/ha + 50 kg P₂O₅/ha; T3 = 100 kg N/ha + 100 kg P₂O₅/ha; T4 = 150 kg N/ha + 150 kg P₂O₅/ha; T5 = 200 kg N/ha + 200 kg P₂O₅/ha. Subtreatments (subplots) were the semidwarf varieties Onda and Andifén and the tall varieties Vilufén and T-1500.

The main conclusions were:

- Semidwarf cv. produced higher grain yields than tall cv., mainly when N and P rates were equal or higher than 100 kg/ha.
- Harvest indexes in semidwarf (0.41) were 22.7% higher than in tall wheats (0.34).
- Tall varieties were less efficient than semidwarf in the use of N and P; grain production per kilogram of N and P₂O₅ applied were 14.6 and 26.2 kg, respectively.

INTRODUCCION

La altura de planta adulta ha sido uno de los criterios de selección en el mejoramiento genético del trigo. Especialistas han señalado que los cereales desarrollan mucha biomasa en tallos y hojas, en relación al rendimiento de grano, con lo cual se genera un desbalance entre el tiempo gastado en el desarrollo vegetativo y el destinado a la formación del grano (Singh y Stoskopf, 1971). En los últimos 20 años, se ha mejorado este balance con la incorporación de las variedades semienanas (50–100 cm de altura), en la mayoría de

los países productores de trigo. La reducción de altura de planta se ha logrado con la introducción de los genes de enanismo Rht1 y Rht2, presentes en la línea Norín 10—Brevor 14, y el gen Rht3, de la variedad Tom Thumb (Gale y Law, 1976).

Lupton, Oliver y Ruckenbauer (1974) indican que en los trigos semienanos hay una mejor redistribución de la materia seca, de tal manera que una mayor proporción del peso seco total se cosecha como grano. Gent y Kiyomoto (1985) encontraron que el mejor rendimiento del cultivar semienano 'Houser' en relación al trigo alto 'Honor', era debido al mayor índice de cosecha, más que al aumento en la fotosíntesis. Corroborando lo anterior, Austin y otros (1980), al comparar trigos antiguos y nuevos, encontraron que éstos últimos tenían menor peso de tallos, pero similares índices máximos de área foliar; indican que aunque la producción de materia seca era semejante, el incremento

¹ Recepción de originales: 4 de junio de 1986.

Trabajo presentado al XXXVI Congreso Anual de la Sociedad Agronómica de Chile.

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

en producción de grano debido al mejoramiento varietal estuvo asociado principalmente con mayor índice de cosecha. Sin embargo, Bykov y otros (1982) sugieren que el avance genético obtenido en las nuevas variedades respecto a las antiguas, está asociado con un mejoramiento en las características del aparato fotosintético, respecto al intercambio de CO_2 , y la actividad de fotofosforilación de los cloroplastos. Esto sería de gran importancia, ya que más del 90% del peso seco de una planta es producto de la fotosíntesis. Aunque Fischer y otros (1981) también encontraron que la actividad fotosintética en trigos semienanos estuvo positivamente correlacionada con la tasa de crecimiento del cultivo, durante el llenado del grano, y con el rendimiento, señalan que estas correlaciones serían consecuencia del efecto positivo que ejerce el largo del período transcurrido entre siembra y antésis, al influir probablemente en la cantidad de granos/m².

En Chile, al comparar trigos antiguos (cultivados en la década del 40) y modernos (cultivados en la década del 80), se determinó que, en estos últimos, la altura de planta se ha reducido aproximadamente en 40%, en tanto que el número de granos por espiga ha aumentado en más de 60% (Mellado, 1985).

Con la finalidad de lograr más antecedentes sobre el comportamiento de variedades que se cultivan o se han cultivado en la zona central de Chile y que difieren en la altura de planta, se efectuó un ensayo de campo para evaluar la respuesta de cuatro variedades, al ser tratadas con dosis crecientes de N y P.

MATERIALES Y METODOS

Los ensayos se realizaron en el Campo Experimental Quilamapu (lat. 36° 31' S). En 1983, se usó un suelo franco arcilloso de la serie San Carlos y en 1984 y 1985, trumacos de la serie Mañil (Cuadro 1). Durante los tres años, la rotación fue maíz—avena—trigo.

El diseño experimental fue de parcelas divididas. Los tratamientos correspondieron a niveles de N y P_2O_5 , aplicados como Salitre Sódico (16% N) y Superfosfato Triple (46% P_2O_5):

T₁ = Testigo, sin nitrógeno ni fósforo

T₂ = 50 kg de N + 50 kg de P_2O_5

T₃ = 100 kg de N + 100 kg de P_2O_5

T₄ = 150 kg de N + 150 kg de P_2O_5

T₅ = 200 kg de N + 200 kg de P_2O_5

Los subtratamientos fueron cuatro variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) que difieren en altura de planta adulta, lo cual significa que difieren en los genes de enanismo. El nombre, progenitores y alturas de estos trigos se indican en el Cuadro 2.

El tamaño de parcela fue de 5 hileras de 2,5 m de largo, separadas a 30 cm. La dosis de semilla fue de 160 kg/ha y las siembras se efectuaron el 1° de junio de 1983, 21 de junio de 1984 y 10 de julio de 1985. El P se aplicó en su totalidad al momento de la siembra.

CUADRO 1. Características químicas y físicas de los suelos utilizados en los ensayos
TABLE 1. Chemical and physical characteristics of the soils used in the trials

Características	AÑOS		
	1983	1984	1985
Características químicas			
Materia orgánica (0/o)	3,4	9,0	7,6
pH H ₂ O (1:2,5)	6,0	5,8	6,0
N disponible ₊	20,0	14,0	17,5
(NO ₃ ⁻ + NH ₄ ⁺ + NO ₂ ⁻) (ppm)			
P-Olsen disponible (ppm)	27,6	8,0	8,0
K extraíble	0,4	0,7	0,6
(meq K ⁺ / 100 g suelo)			
Características físicas*			
Densidad aparente (g/cm ³)	1,18	0,80	1,00
Textura (USDA)	Franco arcilloso	Franco limoso	Franco
Retención humedad a 1/3 atmósfera (0/o)	38	44	46
Retención humedad a 15 atmósfera (0/o)	30	33	32

* Determinaciones efectuadas en el estrato 20—40 cm.

CUADRO 2. Nombre, progenitores y altura de dos trigos altos y dos semienanos
TABLE 2. Name, parents and plant height of two tall and two semidwarf wheat cultivars

Variedad	Progenitores	Altura de Planta (cm)
Onda—INIA*	Vcm x Cno—7C/Kal—Bb CM—9399—D—4M—3Y—1M—0M	87
Andifén *	(HdB Vg8881) x (Fn—K58/N x Norin 10—Brevor) Y54 N—1674—1c—1c—1c	107
Vilufén	Kenya 117A — Mentana	132
Trigo 1500	Selección de un trigo nativo Chile- no. Podría ser cruce de Thatcher x Vil. 27	133

*Variedades con los genes de enanismo Rht 1 o Rht 2, provenientes del trigo Norin 10.

El 50% del N se aplicó durante la siembra y el resto cuando las plantas habían alcanzado un desarrollo 4 a 5 de la Escala de Feekes y Large, lo que sucedió a comienzos de septiembre. En este momento, también, se controlaron las malezas con una mezcla de 750 cc de MCPA 75% y 250 cc de Banvel D (Dicamba), en 150 litros de agua/ha.

Como las variedades elegidas difieren en su comportamiento a las royas (*Puccinia* spp.) y dado que la presencia de áfidos y sintomatología de BYDV pudiesen ser diferentes en estas variedades, se hicieron aplicaciones quincenales de Triadimefon (Bayleton 25%), en dosis de 500 g/ha y de Pirimicarb (Pirimor 50 DP), en dosis de 250 g/ha. Las aplicaciones se iniciaron a finales de septiembre y se prolongaron hasta comienzos de diciembre, con un total de seis aspersiones en cada temporada. Los ensayos se regaron por tendido, en tres oportunidades en 1983 y dos en 1984 y 1985.

Las mediciones efectuadas fueron: altura de planta (cm); rendimiento de grano (qq/ha); número de granos/espiga (promedio de 25 espigas); número de espigas/m²; peso de 1000 granos (g), e índice de cosecha y eficiencia de uso de los fertilizantes en producción de grano.

RESULTADOS Y DISCUSION

Altura de planta

Los datos presentados en el Cuadro 3 confirman que las variedades difieren significativamente respecto a esta característica, ya que así fueron previamente seleccionadas. Las aplicaciones de N y P incrementaron significativamente la altura de planta de las cuatro variedades. Se observó diferencias genéticas entre las variedades, respecto a los incrementos de altura producidos con las dosis crecientes de estos nutrientes.

Es interesante observar que la altura de planta experimenta su mayor aumento con la primera adición de fertilizantes (50 kg/ha) y que a partir de los 100 kg de N y P/ha, la altura, en general, se mantiene estable. Las variedades Onda—INIA y Andifén incrementaron su altura en 21 y 26% respectivamente, en relación al tratamiento sin fertilizantes, lo cual estaría indicando que la existencia de los genes de enanismo en estos cultivares, no sería obstáculo para una normal multiplicación celular, conducente a crecimiento en longitud.

En las variedades Vilufén y T—1500 se presentó tendencia a partir de las 100 unidades de N y P/ha, fenómeno explicable por su gran altura de planta y la mayor cantidad de materia seca acumulada en la espiga, conforme sube la dosis de nutrientes.

Rendimiento de grano

El análisis de variancia para rendimiento, determinó diferencias entre las variedades, efecto de las dosis de N y P e interacción entre genotipos de trigo x niveles de fertilizantes. En el Cuadro 4 se observa que, en los tres años, los trigos semienanos Onda—INIA y Andifén fueron superiores a las variedades altas Vilufén y T—1500 y las diferencias de rendimiento a favor de los semienanos se hicieron mayores con las dosis más elevadas de N y P. Lo anterior corrobora información de diferentes autores, entre ellos Lupton y otros (1974), al señalar que casi siempre la disminución de altura ha estado asociada a un aumento de rendimiento de grano, logrado en gran medida a través de un mejor aprovechamiento de los insumos, principalmente los fertilizantes.

CUADRO 3. Altura de planta (cm). Respuesta de variedades de trigo altas y semienanas a dosis crecientes de N y P**TABLE 3. Plant height (cm). Tall and semidwarf wheat varieties' response to increasing rates of N and P**

Dosis N y P2O5 (kg/ha)	Variedades*			
	Onda-INIA	Andifén	Vilufén	T-1500
1983				
00	81,6 b	95,0 b	121,6 b	121,6 c
50	85,0 a	106,6 a	126,6 b	136,6 b
100	86,6 a	110,0 a	136,6 a	143,3 a
150	86,6 a	111,6 a	140,0 a	145,0 a
200	90,0 a	113,3 a	138,3 a	145,0 a
1984				
00	75,0 c	88,3 c	111,6 c	111,6 c
50	83,3 b	106,6 b	130,0 b	125,0 b
100	95,0 a	115,0 a	141,6 a	133,3 a
150	91,6 a	111,6 a	131,6 b	135,0 a
200	95,0 a	116,6 a	138,3 a	130,0 ab
1985				
00	81,7 d	88,3 c	113,3 c	106,7 c
50	91,7 c	103,3 b	128,3 b	130,0 b
100	98,3 b	111,7 a	138,3 a	138,3 a
150	101,6 ab	113,3 a	140,0 a	138,3 a
200	105,0 a	113,3 a	136,7 a	140,0 a

*Dentro de cada variedad y año, valores con distinta letra difieren estadísticamente (Duncan, $P \leq 0,05$)**CUADRO 4. Rendimiento de grano (qq/ha). Respuesta de variedades de trigo altas y semienanas a dosis crecientes de N y P****TABLE 4. Grain yield (qq/ha)¹. Tall and semidwarf wheat varieties' response to increasing rates of N and P**

Dosis N y P2O5 (kg/ha)	Variedades*			
	Onda-INIA	Andifén	Vilufén	T-1500
1983				
00	36,54 d	45,95 d	41,00 c	35,00 c
50	48,17 c	60,68 c	45,29 bc	49,06 b
100	73,63 b	64,90 c	52,98 ab	52,98 ab
150	73,11 b	82,29 b	51,06 b	51,43 ab
200	90,87 a	92,06 a	62,38 a	60,75 a
1984				
00	26,08 d	22,88 d	23,01 c	25,94 c
50	39,38 c	37,81 c	31,60 b	34,57 b
100	60,80 b	59,10 b	44,73 a	44,31 a
150	68,14 b	61,14 b	43,66 a	48,34 a
200	80,39 a	71,27 a	46,38 a	45,69 a
1985				
00	29,81 d	35,74 b	29,16 b	29,81 c
50	46,20 c	44,63 b	31,85 b	40,37 bc
100	60,92 b	60,64 a	49,90 a	54,53 a
150	68,79 ab	62,22 a	49,07 a	56,57 a
200	75,92 a	68,42 a	46,11 a	47,22 ab

¹ One qq/ha = 100 kg/ha*Dentro de cada variedad y año, valores con distinta letra difieren estadísticamente (Duncan, $P \leq 0,05$)

Los datos también señalan que, cuando no se aplica N y P o la dosis es baja (50 kg N y P/ha), los trigos nuevos y antiguos presentan bajos rendimientos. Este resultado permite concluir que, en aquellas situaciones en que los agricultores no apliquen fertilizantes o las cantidades sean muy pequeñas, la elección de la variedad no es tan primordial, ya que en estas condiciones los trigos nuevos no expresan su potencial productivo y no superan significativamente a los antiguos.

Número de granos por espiga

En el Cuadro 5 se observa que en 1983 las variedades presentaron el mayor número de granos por espiga y, sin embargo, no hubo respuesta a los fertilizantes, lo cual significa que el suelo fue capaz de satisfacer los requerimientos nutritivos, dado que poseía un nivel adecuado de fertilidad natural (Cuadro 1).

En 1984 y 1985, todas las variedades bajaron sustancialmente en este componente de rendimiento, aunque se observó efecto significativo de la fertilización, destacando las variedades nuevas Onda-INIA y Andifén, en los niveles superiores de N y P. Con la sola excepción del comportamiento de Vilufén en 1983, en el resto de las situaciones los trigos nuevos presentaron mayor número de granos por espiga, a partir de las 100 unidades de N y P/ha, característica que estuvo asociada con el rendimiento de grano.

Número de espigas por unidad de superficie

Los resultados obtenidos señalaron diferencias estadísticas entre variedades, efecto de la dosis de N + P, e interacción entre variedades y niveles de fertilización. En el Cuadro 6 se observa que las variedades nuevas Onda-INIA y Andifén tuvieron un comportamiento similar entre ellas; sin embargo, en las variedades altas, T-1500 respondió mucho mejor que Vilufén a los niveles crecientes de N y P, aunque esto no se tradujo en más rendimiento de grano, según se indica en el Cuadro 4.

El hecho que la expresión de tallos efectivos (con espigas) fuera relativamente similar en los tres años, permite deducir que los ensayos no tuvieron restricciones durante el período entre macolla y espigadura, por lo que las variedades fueron capaces de responder significativamente a las aplicaciones de fertilizante. En general, una aplicación de 100 unidades de N y P₂O₅ fue suficiente para permitir una normal expresión del componente espigas/m², en las cuatro variedades; sin embargo, hubo tendencia sostenida (no significativa) a mayor número de espigas con mayor aplicación de N y P.

Peso de 1000 semillas

En los tres años de estudio, las variedades presentaron diferencias genéticas respecto al peso de la semilla, correspondiendo a las variedades T-1500 y Andifén el mayor y menor peso, respectivamente (Cuadro 7).

CUADRO 5. Número de granos/espiga. Respuesta de variedades de trigos altos y semienanos a dosis crecientes de N y P

TABLE 5. Number of grains/head. Tall and semidwarf wheat varieties' response to increasing rates of N and P

Dosis N y P ₂ O ₅ (kg/ha)	Variedades*			
	Onda-INIA	Andifén	Vilufén	T-1500
1983				
00	40,5 a	61,2 a	55,7 a	40,3 a
50	41,0 a	56,4 a	54,4 a	43,8 a
100	43,2 a	61,8 a	52,0 a	39,1 a
150	44,7 a	67,7 a	59,5 a	40,4 a
200	46,7 a	63,4 a	57,6 a	44,2 a
1984				
00	21,1 c	21,7 d	25,4 c	24,6 b
50	31,7 b	28,4 c	31,4 b	26,0 b
100	38,3 a	39,9 b	33,8 ab	26,7 b
150	39,1 a	45,1 a	37,9 a	29,0 ab
200	41,2 a	45,1 a	36,0 a	32,4 a
1985				
00	28,6 b	30,6 b	30,3 b	26,3 a
50	34,3 a	38,0 a	30,3 b	28,3 a
100	38,6 a	38,3 a	39,3 a	27,0 a
150	39,3 a	38,3 a	37,0 a	27,6 a
200	40,0 a	41,6 a	37,6 a	28,0 a

*Dentro de cada variedad y año, valores con distinta letra difieren estadísticamente (Duncan $P \leq 0,05$)

CUADRO 6. Número de espigas/m². Respuesta de trigos altos y semienanos a dosis crecientes de N y P**TABLE 6. Number of heads/m². Tall and semidwarf wheat varieties' response to increasing rates of N and P**

Dosis N y P ₂ O ₅ (kg/ha)	Variedades*			
	Onda-INIA	Andifén	Vilufén	T-1500
1983				
00	319,0 d	336,3 c	290,6 c	302,3 d
50	389,0 c	414,6 b	367,3 b	345,6 c
100	484,6 b	504,6 a	417,0 a	476,0 b
150	517,3 a	509,3 a	422,3 a	528,3 a
200	548,0 a	530,3 a	454,3 a	565,0 a
1984				
00	355,3 b	383,0 b	322,0 b	336,3 c
50	396,3 b	434,0 ab	388,6 ab	370,6 c
100	517,3 a	465,3 a	441,6 a	496,3 b
150	527,3 a	495,3 a	435,0 a	561,6 ab
200	568,6 a	514,0 a	441,6 a	601,0 a
1985				
00	364,7 b	395,7 cd	329,0 b	297,3 b
50	403,0 b	379,7 d	337,3 b	357,3 b
100	543,7 a	492,0 bc	389,3 ab	506,3 a
150	584,7 a	510,3 b	427,3 ab	583,3 a
200	611,7 a	631,7 a	457,0 a	567,0 a

*Dentro de cada variedad y año, valores con distinta letra difieren estadísticamente (Duncan, $P \leq 0,05$)**CUADRO 7. Peso de 1000 semillas (g). Respuesta de trigos altos y semienanos a dosis crecientes de N y P****TABLE 7. Weight of 1000 kernels (g). Tall and semidwarf wheat varieties' response to increasing rates of N and P**

Dosis de N y P ₂ O ₅ (kg/ha)	Variedades*			
	Onda-INIA	Andifén	Vilufén	T-1500
1983				
00	59,5 a	52,2 a	55,9 a	59,5 a
50	58,2 ab	52,5 a	52,5 ab	59,9 a
100	55,2 ab	50,4 a	50,5 b	60,1 a
150	53,5 b	49,1 a	54,1 ab	59,5 a
200	53,4 b	49,0 a	50,9 ab	60,1 a
1984				
00	49,4 a	55,2 a	46,1 a	55,6 a
50	48,7 ab	53,6 a	44,8 a	53,3 ab
100	47,3 ab	48,4 b	46,2 a	54,7 a
150	45,8 b	46,3 b	46,6 a	53,6 ab
200	48,5 ab	47,9 b	46,2 a	50,9 b
1985				
00	45,1 a	42,4 a	43,4 a	51,6 a
50	45,0 a	43,3 a	45,9 a	48,9 a
100	45,0 a	41,0 ab	42,4 a	51,4 a
150	44,2 a	37,3 b	43,0 a	48,7 a
200	44,3 a	38,5 ab	44,3 a	52,6 a

*Dentro de cada variedad y año, valores con distinta letra difieren estadísticamente (Duncan, $P \leq 0,05$)

CUADRO 6. Número de espigas/m². Respuesta de trigos altos y semienanos a dosis crecientes de N y P**TABLE 6. Number of heads/m². Tall and semidwarf wheat varieties' response to increasing rates of N and P**

Dosis N y P2O5 (kg/ha)	Variedades*			
	Onda-INIA	Andifén	Vilufén	T-1500
1983				
00	319,0 d	336,3 c	290,6 c	302,3 d
50	389,0 c	414,6 b	367,3 b	345,6 c
100	484,6 b	504,6 a	417,0 a	476,0 b
150	517,3 a	509,3 a	422,3 a	528,3 a
200	548,0 a	530,3 a	454,3 a	565,0 a
1984				
00	355,3 b	383,0 b	322,0 b	336,3 c
50	396,3 b	434,0 ab	388,6 ab	370,6 c
100	517,3 a	465,3 a	441,6 a	496,3 b
150	527,3 a	495,3 a	435,0 a	561,6 ab
200	568,6 a	514,0 a	441,6 a	601,0 a
1985				
00	364,7 b	395,7 cd	329,0 b	297,3 b
50	403,0 b	379,7 d	337,3 b	357,3 b
100	543,7 a	492,0 bc	389,3 ab	506,3 a
150	584,7 a	510,3 b	427,3 ab	583,3 a
200	611,7 a	631,7 a	457,0 a	567,0 a

*Dentro de cada variedad y año, valores con distinta letra difieren estadísticamente (Duncan, $P \leq 0,05$)**CUADRO 7. Peso de 1000 semillas (g). Respuesta de trigos altos y semienanos a dosis crecientes de N y P****TABLE 7. Weight of 1000 kernels (g). Tall and semidwarf wheat varieties' response to increasing rates of N and P**

Dosis de N y P2O5 (kg/ha)	Variedades*			
	Onda-INIA	Andifén	Vilufén	T-1500
1983				
00	59,5 a	52,2 a	55,9 a	59,5 a
50	58,2 ab	52,5 a	52,5 ab	59,9 a
100	55,2 ab	50,4 a	50,5 b	60,1 a
150	53,5 b	49,1 a	54,1 ab	59,5 a
200	53,4 b	49,0 a	50,9 ab	60,1 a
1984				
00	49,4 a	55,2 a	46,1 a	55,6 a
50	48,7 ab	53,6 a	44,8 a	53,3 ab
100	47,3 ab	48,4 b	46,2 a	54,7 a
150	45,8 b	46,3 b	46,6 a	53,6 ab
200	48,5 ab	47,9 b	46,2 a	50,9 b
1985				
00	45,1 a	42,4 a	43,4 a	51,6 a
50	45,0 a	43,3 a	45,9 a	48,9 a
100	45,0 a	41,0 ab	42,4 a	51,4 a
150	44,2 a	37,3 b	43,0 a	48,7 a
200	44,3 a	38,5 ab	44,3 a	52,6 a

*Dentro de cada variedad y año, valores con distinta letra difieren estadísticamente (Duncan, $P \leq 0,05$)

El efecto de la fertilización sobre este componente de rendimiento fue poco claro y, en general, hubo una tendencia a bajar el peso del grano con los niveles mayores de N y P. También se observó falta de interacción, lo cual significa que tanto las variedades altas como las semienanas respondieron en forma similar a la fertilización.

En forma semejante a lo ocurrido para el número de granos/espiga, la semilla más pesada se presentó en la temporada 1983/84. Esto implica que en esa temporada no hubo limitaciones para el desarrollo del cultivo, tanto en pre como en postantesis, y que en las dos temporadas siguientes, las limitaciones que afectaron el número de granos/espiga se prolongaron más adelante, hasta llegar a limitar el desarrollo del grano.

Índice de cosecha

Los datos del Cuadro 8, correspondientes al efecto promedio de las dosis de N y P, señalan diferencias estadísticas entre los índices de cosecha para las variedades analizadas (diferencias genéticas). Los valores más altos, en Onda—INIA y Andifén, se explican por la mejor relación grano/paja, que se hizo aún más favorable al aplicar mayores dosis de N y P, por lo que ciertamente el índice de cosecha es una medida de eficiencia productiva. Estos datos, complementados con los indicados en cuadros anteriores, confirman lo señalado por Hanson, Borlaug y Anderson (1982), en el sentido que los genes Norín, al acortar la planta de trigo, la hicieron más macolladora, con más granos/espiga, más espigas/m², más eficiente en aprovechar los fertilizantes y con mayor índice de cosecha.

La disminución en el índice de cosecha en 1985, principalmente en las variedades nuevas, se explica por la menor producción de grano, según se señaló en el Cuadro 4.

CUADRO 8. Índice de cosecha para cuatro variedades de trigo de diferente altura de planta

TABLE 8. Harvest indexes of four wheat varieties with different plant height

Variedades	Alturas (cm)	Índices de Cosecha*		
		1983	1984	1985
Onda—INIA	87	0,419 a	0,434 a	0,361 a
Andifén	107	0,412 a	0,406 b	0,297 b
Vilufén	132	0,355 b	0,344 c	0,277 b
T—1500	133	0,328 c	0,325 d	0,269 b

*Valores dentro de cada año que lleven letras iguales no difieren estadísticamente (Duncan, $P \leq 0,05$).

Eficiencia de uso de los fertilizantes en producción de grano

Esta eficiencia reviste importancia especial, ya que está directamente relacionada con la utilidad obtenida en una siembra comercial. En el Cuadro 9, se observa que la eficiencia mayor corresponde a la variedad semienana Onda—INIA y la menor, al trigo alto Vilufén.

Sobre esta característica, Hanson, Borlaug y Anderson (1982) señalan que, si la humedad es adecuada, los trigos semienanos comúnmente producen entre 15 y 30 kg de grano adicionales por cada kg de N agregado, después de los primeros 50—70 kg N/ha; en contraste, señalan que los trigos antiguos (altos) producen solamente de 8 a 12 kg. Aunque en nuestro estudio se analizó el efecto conjunto del N y P, al promediar los resultados obtenidos en los tres años, la eficiencia de ambos trigos semienanos superó claramente la de los trigos altos.

CUADRO 9. Eficiencia en producción de grano (kg grano/kg N y P2O5). Respuesta de variedades de trigo altas y semienanas a dosis crecientes de N y P

TABLE 9. Grain production efficiency (kg grain/kg N and P2O5). Tall and semidwarf wheat varieties' response to increasing rates of N and P

Dosis N y P2O5 (kg/ha)	Variedades*			
	Onda—INIA	Andifén	Vilufén	T—1500
50	27,5	25,6	10,3	22,1
100	34,2	26,6	18,1	20,3
150	26,0	22,4	11,2	14,5
200	25,7	21,1	10,2	10,4
Promedio/variedad	28,4	23,9	12,4	16,8

*Valores promedios de tres años (1983—1984—1985).

RESUMEN

En un diseño experimental de parcelas divididas, se estudió la respuesta a la fertilización de cuatro variedades de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.). Los ensayos se realizaron en la Estación Experimental Quilamapu (INIA—Chillán) durante el trienio 1983—1985. Los tratamientos correspondieron a cinco niveles de N y P₂O₅, aplicados como Salitre Sódico (16^o/o N) y Superfosfato Triple (46^o/o P₂O₅). Las dosis fueron: 0—0; 50—50; 100—100; 150—150 y 200—200 kg de N y P₂O₅/ha, respectivamente. Los subtratamientos fueron las variedades de trigos semienanos Onda—INIA y Andifén y los trigos altos Vilufén y T—1500.

Las principales conclusiones fueron:

- En los tres años, los trigos semienanos fueron superiores en rendimiento de grano a las variedades altas, especialmente cuando las dosis de N y P fueron iguales o mayores a 100 kg/ha.
- El índice de cosecha de los trigos semienanos fue 22,7^o/o superior al de los altos; en promedio, la relación paja/grano fue 3,2:1 en los trigos altos y 2,6:1, en los semienanos.
- Las variedades altas fueron poco eficientes en el uso del N y P, ya que su producción en grano por cada kg de mezcla (1:1) de N + P, fue sólo 14,6 kg, comparado con 26,2 kg de los semienanos. Como era de esperar, la eficiencia disminuyó al aumentar la dosis de fertilizantes.

LITERATURA CITADA

- AUSTIN, R.B.; BINGHAM, J.; BLACKWELL, R.D.; EVANS, L.T.; FORD, M.A.; MORGAN, C.L.; and TAYLOR, M. 1980. Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 94: 675—689.
- BYKOV, O.D.; VERZHUK, V.G.; SAKHAROVA, O.V., and KHLEBNIKOVA, E.A. 1982. A comparative physiological analysis of some new and ancient spring wheat cultivars. En: *Wheat; Barley and Triticale Abstracts*, Vol. 1 N^o 1—1984.
- FISCHER, R.A.; BIDINGER, F.; SYME, J.R.; and WALL, P. C. 1981. Leaf photosynthesis, leaf permeability, crop growth, and yield of short spring wheat genotypes under irrigation. *Crop. Science* 21: 367—372.
- GALE, M.D. and LAW, C.N. 1976. The identification and exploitation of Norin 10 semidwarfing genes. En: *Plant Breeding Institute, Annual Report*. p: 21—34.
- GENT, M.P. and KIYOMOTO, R.K. 1985. Comparison of canopy and flag leaf net carbon dioxide exchange of 1920 and 1977 New York winter wheats. *Crop. Science* 25 (1): 81—86.
- HANSON, H.; BORLAUG, N.; and ANDERSON, G. 1982. *Wheat in the Third World*. Westview Press, Boulder, Colorado. 174 p.
- LUPTON, F.G.H.; OLIVER, R.H.; and RUCKENBAUER, P. 1974. Analysis of the factors determining yield in crosses between semidwarf and taller wheat varieties. *J. Agric. Sci. (Cambridge)* 82: 483—496.
- MELLADO Z., M. 1985. Mejoramiento genético del trigo de pan (*Triticum aestivum* L.) en relación a calidad de grano. *IPA—Quilamapu* 23: 15—18.
- SINGH, I.D. and STOSKOPF, V.C. 1971. Harvest index in cereals. *Agronomy J.* 63 (2): 224—226.