

GENES DE ENANISMO EN TRIGO: Efectos sobre algunos componentes del rendimiento

Recibido: 8/8/94 Aceptado: 23/12/94

COVAS, G. F.⁽¹⁾, M.L. FARALDO⁽²⁾; M.M.A. LORENCES⁽²⁾; A.A. SUAREZ⁽¹⁾

RESUMEN

Se determinaron efectos de los genes de enanismo Rht1, Rht2 y Rht3, solos o en combinación, sobre altura de planta, número de macollas, peso de grano, rendimiento, largo de espiga, número de granos por espiga, número de espiguillas por espiga, número de granos por espiguilla, período de espigazón, ancho y largo de la hoja bandera y superficie foliar, en trigo. Se utilizaron líneas isogénicas portadoras y no portadoras de los genes de enanismo, desarrollados sobre los cultivares Maringá y Nainari 60.

Los genes de enanismo en general, disminuyeron altura de planta, peso de grano y largo de la hoja bandera y aumentaron el número de granos por espiguilla, número de granos por espiga, ancho de la hoja bandera y período de espigazón; la combinación Rht1 + Rht2 y el alelo Rht3 solo acentuaron estos efectos ($p < 0.05$). Para los otros caracteres estudiados no se encontraron efectos notorios de los alelos Rht.

Palabras claves: trigo, genes de enanismo, componentes de rendimiento, líneas isogénicas, zona semiárida pampeana.

SUMMARY

The effects of the dwarfing genes Rht1, Rht2 and Rht3, alone or in combination, on wheat plant height, number of tillers, kernel (grain) weight, yield, spike length, number of kernels per spike, number of spikelets per spike, number of kernels per spikelet, time to heading, width and length of flag leaf and foliar area, were studied.

Isogenic lines, with and without dwarfing genes, developed from the cultivars Maringá and Nainari 60 were used.

The dwarfing genes decreased plant height, kernel weight and flag leaf length and increased the number of kernels per spikelets, number of kernels per spike, flag leaf width and time to heading.

The combination of Rht1 + Rht2 and the allele Rht3, accentuated these effects ($p < 0.05$).

The Rht alleles did not have significant effects on the other characters studied.

Key words: wheat, dwarf genes, isogenic lines, yield components, pampeana semiarid region.

INTRODUCCION

El cultivo de los trigos semienanos (*Triticum aestivum* L.) ha

aumentado constantemente en el mundo y en la República Argentina durante los últimos treinta años.

(1) INTA-ANGUIL, La Pampa.

(2) Facultad de Agronomía- UNLPam.

Muchos de estos trigos son derivados del cultivar japonés Norin 10, en el que fue demostrada la presencia de dos genes de enanismo, Rht1 y Rht2 (Gale *et al.*, 1975; Gale *et al.*, 1976). Otra fuente de enanismo la constituyó el cultivar Tom Thumb, portador de Rht3, alelo de Rht1 (Mc Vittie *et al.*, 1978).

Numerosos trabajos han mostrado que los genes de enanismo tienen efectos secundarios (o pleiotrópicos) sobre otros caracteres relacionados con el rendimiento. (Suárez *et al.*, 1986; Gale, 1979; Allan, 1980; Gale *et al.*, 1985; Nizam *et al.*, 1989; Allan, 1986; Snape *et al.*, 1984; Covas *et al.*, 1990).

El objetivo de este estudio fue medir el efecto de los genes Rht1, Rht2 y Rht3 solos y en combinación sobre los siguientes caracteres:

- altura de plantas
- número de macollas
- ancho y largo de la hoja bandera
- superficie foliar
- largo de espiga
- número de granos/espiga
- número de espiguillas/espiga
- número de granos/espiguilla
- número de espiguillas estériles
- número de espiguillas fértiles
- PMG (peso de mil granos)
- período a primera espiga
- período a plena espigazón
- rendimiento

MATERIALES Y METODOS

Los materiales utilizados en este trabajo fueron desarrollados en Cambridge Laboratory IPSR J. Innes Institute, Norwich, Inglaterra y cedidos gentilmente por los Dres. Worland y Gale.

Los mismos consistieron en diez líneas isogénicas (líneas que difieren entre sí, sólo en un locus) y dos cultivares que se describen en el cuadro No. 1.

La unidad experimental fue una parcela de cinco surcos de 1,5m de largo distanciados a 0,20m entre sí.

Los datos de rendimiento obtenidos fueron tomados eliminando los surcos del borde y 0,25m en cada cabecera.

Estos doce tratamientos fueron sembrados el 8 de Agosto de 1991 en un diseño de cinco bloques completos aleatorizados en la localidad de Santa Rosa, Provincia de La Pampa, Lat.S 36°34', Long.O 64°16'.

Se determinó en el curso del ensayo el período a aparición de primera espiga y el período a espigazón plena para cada unidad experimental; entre los días 25 y 30 de Octubre se determinó altura de planta y largo y ancho de la hoja bandera sobre una muestra de tres plantas por unidad experimental. Con estos dos últimos datos mediante la fórmula: $S = L \times A \times 0.835$ (Miralles *et al.*, 1990) se calculó la superficie foliar de la hoja bandera.

El día 20 de Diciembre de 1991 se cosecharon tres plantas de cada surco de la parcela (total nueve

plantas) por separado y también se cosechó el resto de la parcela.

Las nueve plantas cosechadas separadamente de cada parcela se utilizaron para determinar:

-altura de planta (cm.) medida desde el cuello de la raíz hasta la punta de la espiga principal sin considerar aristas.

-número de macollas fértiles por planta.

-largo de espiga (cm.) sin considerar aristas.

-número de espiguillas fértiles y estériles por espiga, tomado sobre 20 plantas al azar por parcela.

-número de granos por espiga, tomado sobre 20 plantas por parcela.

-número de granos por espiguillas totales y por espiguillas fértiles.

-peso de grano (g.) sobre una muestra de 500 granos por parcela.

-rendimiento por parcela (kg/ha).

Cabe señalar que no se registraron enfermedades o plagas que afectaran la manifestación de los caracteres estudiados. Se realizó control manual de la maleza.

Con los datos obtenidos se realizaron análisis de varianza y prueba de Duncan para determinar el significado estadístico de las diferencias entre medias.

En el cuadro.2 se muestra una síntesis de los datos meteorológicos del período durante el cual se realizó el

ensayo. (Datos suministrados por la estación meteorológica de la Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola de Facultad de Agronomía de la UNLPam).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados se muestran en el cuadro .3. A continuación se analizan los efectos de los genes de enanismo sobre los distintos caracteres estudiados:

Altura de planta: en ambas mediciones efectuadas se observó el mismo efecto: los genes Rht1, Rht2 y Rht3 disminuyen altura de planta. En fondo genético Maringá, Rht1 y Rht2 por separado tienen efectos similares, reduciendo la altura entre 15 y 21 por ciento aproximadamente respecto de los testigos. Cuando ambos genes se encuentran presentes (tratamiento 6) la disminución de la altura es del orden del 43 al 47 por ciento respecto de los testigos. En fondo genético Nainari 60, la presencia de Rht2 disminuye la altura entre 9 y 13 por ciento aproximadamente. El gen Rht3 disminuye la altura entre 52 y 56 por ciento en fondo genético Maringá y entre 47 y 50 por ciento en fondo genético Nainari 60, respecto de los testigos. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por diversos autores.

Número de macollos fértiles: dentro de cada uno de los fondos genéticos no se encontraron diferencias significativas, indicando ésto que Rht1, Rht2 y Rht3 no tienen influencia sobre este carácter, resultado que coincide con lo

encontrado por otros autores (Covas *et al*, 1990; Allan, 1986; Suárez *et al*, 1986; Nizan *et al*, 1989).

Largo de espiga: no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, resultados que concuerdan parcialmente con los de Youssefian, (1986) y Covas *et al*, (1990) que encontraron para algunos materiales portadores del Rht2 una reducción en el largo de espiga.

Número de espiguillas por espiga: se consideraron las espiguillas totales y las espiguillas estériles. El cultivar Maringá y sus derivados tienen más espiguillas estériles en la base de la espiga que el cultivar Nainari 60 y derivados ($p < 0,05$); dentro de los grupos no hay diferencias significativas para este carácter. Dentro del mismo fondo genético no se encontraron diferencias significativas respecto al número de espiguillas por espiga ya sea considerando el número de espiguillas totales o bien solo las fértiles. Gale, (1979) no encontró efectos de Rht2 sobre este carácter, lo que concuerda con lo encontrado en este trabajo; Covas *et al*, (1990), no encontraron una clara relación entre este carácter y la presencia del Rht2 o rht2.

El número de granos por espiguilla: determinado según el número de espiguillas totales o el número de espiguillas fértiles por espiga. Aunque en algunos casos las diferencias no son significativas, los alelos Rht tienden a aumentar el número de granos, principalmente la combinación Rht1 + Rht2 en fondo genético Maringá o Rht3 en fondo genético Nainari 60. Estos resultados concuerdan con los trabajos de (Gale

et al, 1985), (Worland *et al*, 1988), (Nizan *et al*, 1989), respecto a efectos de los genes Rht1 y Rht2. (Covas *et al*, 1990), por el contrario, encontraron disminución en el número de granos por espiguillas relacionado con la presencia del Rht2.

Peso de grano: en fondo genético Maringá, la presencia del Rht1 o Rht2 disminuyó el peso de granos respecto de genotipos rht, acentuándose esta disminución por la combinación Rht1 + Rht2 y por Rht3. En fondo genético Nainari 60, la presencia del Rht3 disminuyó significativamente el peso de grano. Nainari 60 y sus derivados tuvieron mayor peso de grano que Maringá y sus derivados.

Número de granos por espiga: en fondo genético Maringá, aunque las diferencias encontradas no fueron significativas, hay una tendencia de los materiales con genes Rht a aumentar el número de granos, principalmente la combinación Rht1 + Rht2 y la presencia de Rht3. En fondo genético Nainari 60 la presencia de Rht3 y en menor medida de Rht 2, aumenta el número de granos por espiga.

Estos resultados concuerdan con lo encontrado por otros autores (Gale *et al*, 1976; Gale, 1979; Innes *et al*, 1985 y Allan, 1989). Covas *et al*, (1990), no encontraron diferencias para este carácter al comparar materiales portadores de Rht2 y rht2.

Largo de hoja bandera (L): en fondo genético Maringá, aunque en algunos casos las diferencias no son significativas, la presencia de genes Rht disminuye el largo de hoja bandera en particular la presencia de

Rht3 y de la combinación Rht1 + Rht2. En fondo genético Nainari 60, no se encontraron diferencias significativas para el carácter entre materiales portadores de alelos Rht y portadores de rht, aunque la presencia de Rht3 disminuye el largo de la hoja bandera.

Ancho de la hoja bandera (A):

en ambos fondos genéticos, la presencia de Rht3 aumenta el ancho de hoja bandera, aunque en algunos casos las diferencias con los testigos no son significativas.

Superficie foliar de la hoja bandera: no se observaron diferencias entre los genotipos con alelos Rht y los testigos; se detectó que Nainari 60 y sus derivados tienen en general menor superficie foliar que Maringá y sus derivados. Para los últimos tres caracteres estudiados no se han encontrado antecedentes de otros autores.

Días a espigazón: el alelo Rht3 en ambos fondos genéticos y la combinación Rht1 + Rht2 en fondo genético Maringá alargaron el período a espigazón en alrededor de 2-3 días respecto de los testigos. Nainari 60 y sus derivados fueron más precoces que Maringá y sus derivados. Estos resultados concuerdan con los de Nizan *et al.*, (1989); aunque otros autores no encontraron efectos de los alelos Rht sobre este carácter (Suárez *et al.*, 1986) o bien tuvieron resultados donde los genotipos con Rht tuvieron menor período a espigazón que genotipos altos (Sip *et al.*, 1988).

Rendimiento: se observó disminución en los genotipos con Rht3 respecto de los testigos, aunque en el

fondo genético Maringá las diferencias no son significativas. Nainari 60 y sus derivados tuvieron en general rendimiento más altos que Maringá y sus derivados. Covas *et al.*, (1990) discutieron sobre la productividad o rendimiento señalando que no hay una clara relación entre este carácter y la presencia de los alelos Rht y rht.

CONCLUSIONES

En la región triguera V Sur, área marginal del cultivo de trigo, durante un año sin déficit de precipitaciones los genes de enanismo ubicados en fondo genético Maringá y Nainari 60, tuvieron efectos esperados de acuerdo a trabajos anteriores al disminuir altura de planta, aumentar el número de granos por espiguilla y disminuir el peso de grano.

Para otros caracteres estudiados se encontraron efectos nulos o de distinto signo al obtenido por diversos autores, lo que indicaría posibles interacciones entre estos genes, el fondo genético en que están ubicados y el ambiente exterior, o bien que carecerían de efecto.

Los efectos de estos genes deben ser estudiados en otros fondos genéticos, preferentemente cultivares adaptados a la región donde van a estudiarse tales efectos, durante varios años, o bien simulando distintas condiciones ambientales.

BIBLIOGRAFIA

- ALLAN, R. E. 1980. Influence of semidwarfism and genetic background on stand establishment of wheat. *Crop Science* 20: 634-638.
- ALLAN, R. E. 1986. Agronomic comparisons among wheat lines nearly isogenics

- for three reduced-height genes. *Crop Science* 26: 707-710
- ALLAN, R. E 1989. Agronomic comparisons between Rht1 and Rht2 semidwarf genes in winter wheat. *Crop science* 29: 1103-1108.
- COVAS, F. G., SUAREZ, E.Y. y SAFONT LIS. 1990. Pleiotropismo versus genes ligados para interpretar el efecto del cromosoma 4D de trigo en diferentes componentes del rendimiento. II Congreso Nacional de Trigo. 17-19 de octubre de 1990. Pergamino. Actas Cap.II: 91-100.
- GALE *et al.* 1975. The nature and genetic control of gibberellic insensitivity in dwarf wheat grain. *Heredity* 35 :55-65.
- GALE, M. D. AND MARSHALL, G.A. 1976. The chromosomal location of GAI 1 and Rht1 gen for gibberellic insensitivity and semi-dwarfism, in a derivative of Norin 10 wheat. *Heredity* 37:283-289.
- GALE, M. D. 1979. The effects of the Norin 10 dwarfing genes on yield in heat. *Proc. 5th Int. Wheat Gen. Symp., New Delhi, India, February 1978: 978-987.*
- GALE, M. D. and LAW, C. D. 1976. The identification and exploitation of Norin 10 semidwarfing genes. *Annual Report P.B.E. Cambridge, England: 21-35.*
- GALE, M. D. and YOUSSEFIAN, S. 1985. Dwarfing genes in wheat. In *Progress in plant breeding* (Russell, G. E. Ed.), Butterworth and Co. London: 1-35.
- INNES, P., HOOGENDOORN, J. and BLACKWELL, R. D. 1985. Effects of differences in date of ear emergence and height on yield of winter wheat. *J. Agric. Sci. Camb.* 105: 543-549
- Mc VITTIE, J. A., GALE, M. D., MARSHALL, G. A. and WESCOTT, B. 1978. The intra-chromosomal mapping of the Norin 10 and Tom Thumb dwarfing genes. *Heredity* 40: 67-70.
- MIRALLES, D. J. y SLAFER, G..A. 1990. Estimación del área foliar en trigo. Generación y validación de un modelo. II Congreso Nacional de Trigo. Pergamino. Cap.I: 76-85.
- NIZAM UDDIN, M. and MARSHALL, D. R. 1989. Effects of dwarfing genes on yield and yield components under irrigated and rainfed conditions in wheat. *Euphytica* 42: 127-134.
- SIP, V., AMBLER, P., BOBKOVA, L. and SKORPIK, M. 1988. Efficiency of early generations selection for Rht2 in a Czechoslovak wheat breeding programme. *Proc. 7th Int. Wheat Gen. Symp. Cambridge, 1988: 1175-1180.*
- SNAPE, J. W. and PARKER, B. B. 1984. The effects of the Norin 10 dwarfing genes Rht2, on yield-biomass relationships in wheat. *IAEA Tec. Doc. 307: 71-77.*
- SUAREZ, E. Y., NENCINI, A. y TORROGLOSA, J. 1986. Efectos genéticos del cromosoma 4 D portador del alelo Norin (Rht2) de trigo. 1º Congreso Nacional de Trigo. Pergamino, 6-10 Oct. de 1986. Cap. I: 184-190.
- WORLAND, A. J. and PETROVIC, S. 1988. The gibberellic acid insensitive dwarfing genes from the wheat variety Saitama 27. *Euphytica* 38: 55-63.
- YOUSSEFIAN, S. 1986. The development and pleiotropic effects of G. A. insensitive dwarfing genes in wheat. Ph. D. thesis, University of Cambridge.

Cuadro 1: Líneas isogénicas y cultivares analizados en el presente trabajo

N°	GENOTIPO	ABREVIATURA
1	Progenitor Maringá	Maringá
2	Rht1 en fondo genético Maringá	MGA1
3	rht1 línea hermana de 2	TMGA1
4	Rht2 en fondo genético Maringá	MGA2
5	rht2 línea hermana de 4	TMGA2
6	Rht1 y Rht2 en fondo genético Maringá	MGA 1+2
7	Rht3 en fondo genético Maringá	MGA3
8	Progenitor Nainari	Nainari
9	Rht2 en fondo genético Nainari	NNR2
10	rht2 línea hermana de 9	TNNR2
11	Rht3 en fondo genético Nainari	NNR3
12	rht3 línea hermana de 11	TNNR3

Cuadro 2: Datos meteorológicos correspondientes al período del ensayo

	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Precipitación (mm)	17.1	36.0	67.5	52.3	167.9	274.4
N° días c/lluvia	6	4	4	7	9	13
t° media mensual (°C)	6.9	9.1	12.9	14.0	18.5	19.7
t° máx. media (°C)	12.7	15.4	18.5	20.5	24.8	25.5
t° mín. media (°C)	1.1	2.8	7.2	7.4	12.2	13.9
N° días c/heladas	21	16	5	7	0	0
Máx. absoluta (°C)	20.2	27.5	27.9	30.2	34.6	32.3
Mín. absoluta (°C)	-5.5	-7.5	-0.8	-2.4	5.4	7.6
Total acumulado de lluvias (mm)	396.7	434.4	501	553.3	721.2	995.6

CUADRO 3. Medias de las variables estudiadas en cada tratamiento.

	Maringá	MGA1	TMGA1	MGA2	TMGA2	MGA1+2	MGA3
Altura pl. (cm)	117,2a	96,5b	116,3a	94,7b	113,9a	64,9d	54,0e
Alt.pl.gab. (cm)	109,5a	89,3b	110,6a	87,8b	107,8a	59,2d	49,2e
Ap.1° esp.(días)	73,2ab	72,8abc	73,8a	72,2bc	73,2ab	72,0c	72,4bc
50%esp.(días)	77,0b	77,8b	76,4b	77,0b	78,0b	79,8a	80,6a
N° macllas fert.	3,16ab	2,76ab	2,69ab	2,75ab	2,75ab	3,22a	2,81ab
Grano/espiga	28,2d	31,6cd	30,9cd	30,0cd	28,1d	43,3abc	31,8cd
N° esp.fert.	15,1abcd	14,8bcd	15,1abcd	14,3d	14,5cd	15,4abcd	15,1abcd
N° gr./esp.tot.	1,57g	1,87cdef	1,64fg	1,68efg	1,54g	1,93bcd	1,69defg
N° esppll.est.	2,75a	3,80a	3,74a	3,87a	3,67a	3,20a	3,23a
N°gr/esppll fert	1,87e	2,14abcd	2,04cde	2,12abcd	1,91de	2,22abc	2,11abcd
N° esppll.tot./esp	17,9abc	18,2ab	18,8a	18,2ab	18,2ab	18,6ab	18,3ab
Largo esp (cm)	77,4a	77,2a	77,9a	76,4a	75,2a	76,4a	74,0a
Ancho H.B. (cm)	1,52ab	1,42bc	1,53ab	1,48bc	1,46bc	1,47abc	1,64a
Long.H.B. (cm)	16,4a	13,8bcd	15,5ab	14,8abc	16,0a	13,7bcd	13,5bcd
PMG(g)	38,3b	35,1c	37,8b	33,6c	38,6b	29,5d	30,5d
Sup.Foliar (cm2)	20,8a	16,5abc	19,8ab	18,4abc	19,7ab	16,8abc	18,4abc
Rend. (kg/ha)	3051 bcde	3144 bcde	3064 bcde	3381 abcd	2849 de	3282 abcde	2562 e

Cuadro 3 (continuación)

	Nainari	NNA2	TNNA2	NNR3	TNNR3	C.V.%	S y
Altura pl. (cm)	96,1b	84,5c	92,7b	48,7e	91,1b	4,61	1,850
Alt.pl.gab.(cm)	90,3b	80,4c	88,6b	45,7e	91,5b	5,36	2,016
Ap.1° esp.(días)	69,2d	69,0d	69,0d	69,0d	69,8d	1,06	0,338
50°esp.(días)	72,8c	72,6c	73,0c	76,4b	73,2c	1,67	0,569
N° macillas fért.	2,75ab	2,64ab	2,49b	2,91ab	2,98ab	16,89	0,213
Grano/espiga	33,0bc	36,3ab	30,0cd	37,8a	33,2bc	9,7	1,394
N° esp.fert.	15,3abcd	15,8abc	14,8bcd	16,3a	15,9ab	5,94	0,403
N° gr./esp.tot.	1,96bc	2,14ab	1,83cdef	2,22a	1,93bcde	9,56	0,078
N° esp11.est.	1,43b	1,08b	1,36b	0,62b	1,38b	30,89	0,347
N°gr/esp11fert	2,1abc	2,29ab	2,06bcde	2,31a	2,09abcde	7,84	0,074
N° esp11.tot./esp	16,7bc	16,9abc	16,2c	16,9abc	17,3abc	7,46	0,590
Largo esp(cm)	75,7a	77,9a	72,4a	76,0a	76,8a	8,27	2,816
Ancho H.B.(cm)	1,40bc	1,40bc	1,35c	1,53ab	1,43bc	7,69	0,050
Long.H.B.(cm)	13,8bcd	13,2cd	12,9cd	11,7d	13,5bcd	10,92	0,688
PMG(g)	42,1a	41,1a	41,5a	35,1c	41,4a	3,99	0,660
Sup.Foliar (cm2)	16,4abc	15,6bc	14,6c	15,0c	16,1bc	17,34	1,345
Rend.(kg/ha)	3884 a	3990 a	3659 abc	2941 cde	3771 ab	15,31	225,84

En filas medias acompañadas por letras distintas difieren significativamente. (p<0,05)