

INTROGRESION DIFERENCIAL DE LOS GENES *Rht*₁ y *Rht*₂ EN CULTIVARES DE TRIGO PAN DE LAS DISTINTAS SUBREGIONES TRIGUERAS ARGENTINAS

NOEMÍ COLOMBO¹

Recibido: 13/09/93

Aceptado: 12/04/94

RESUMEN

Se analiza la difusión de los genes *Rht*₁ y *Rht*₂ en las subregiones trigueras argentinas a través de la caracterización de la respuesta al agregado de ácido giberélico de cultivares y líneas avanzadas de trigo pan. Se observa una distribución preferencial de germoplasma sensible a la giberelina en la subregión V Sur. Se comentan algunos aspectos relacionados con la selección de fuentes de semienanismo en un programa de mejoramiento genético de la especie.

Palabras clave: trigo, genes *Rht*₁, *Rht*₂, respuesta a la giberelina, semienanismo, sub-región triguera.

DIFFERENTIAL IN PROGRESSION OF GENES *Rht*₁ AND *Rht*₂ INTO BREAD WHEAT CULTIVARS OF THE DIFFERENT ARGENTINIAN WHEAT-GROWING SUBREGIONS

SUMMARY

The spread of *Rht*₁ and *Rht*₂ genes in the argentinian wheat subregions is analyzed through the characterization of the response of bread wheat cultivars and advanced lines to added gibberellic acid. A preferential distribution of gibberellin sensitive germplasm is observed in the subregion V South. Some comments regarding the choice of semidwarfing sources in a wheat breeding program are made.

Key words: wheat, *Rht*₁ and *Rht*₂ genes, gibberellin response, semidwarfing, wheat subregion

INTRODUCCION

El mejoramiento genético del trigo en la Argentina reconoce un punto de inflexión a comienzos de la década del 70 con la incorporación de germoplasma mejicano dentro del marco de cooperación establecido con el CIMMYT. Los

materiales introducidos fueron de tipo semienano, precoces, insensibles al fotoperíodo, de alto rendimiento en una amplia gama de ambientes y resistentes a varias enfermedades, especialmente royas (Kohli, 1985). El semienanismo característico de los nuevos cultivares es conferido por los genes *Rht*₁ y *Rht*₂, derivados de Norin 10, y está asocia-

¹Instituto de Genética CICA INTA C.C. 25 1712. Castelar. Provincia de Buenos Aires.

do, entre otros caracteres, a la insensibilidad al agregado de giberelina en términos de elongación de entrenudos (Allan *et al.*, 1959; Radley, 1970).

Desde su aparición las variedades semienanas desplazaron a las variedades altas tradicionales, sensibles al agregado de giberelina. Entre 1976 y 1981 el número de variedades comerciales insensibles a giberelina aumentó 100% y se incrementó notablemente la proporción de líneas insensibles en el material fitotécnico avanzado (Vázquez y Favret, 1984).

Al comparar el incremento promedio de rendimiento anual en los subperíodos previo y posterior a la difusión del germoplasma mejicano, Nisi y Legasa (1986) concluyeron que para el total del país y para las subregiones II Sur y IV se observó una evolución favorable de los rendimientos en el subperíodo correspondiente a la difusión de los nuevos cultivares. Sin embargo, en las subregiones II Norte, III, V Norte, y V Sur no hubo diferencias significativas entre ambos subperíodos, si bien se produjo un salto inicial en la etapa correspondiente a la difusión del germoplasma mejicano. Los autores señalaron que en las subregiones IV y V Sur el lanzamiento de variedades con germoplasma mejicano fue posterior y su difusión más lenta que en el resto del país.

Macagno y Gomez Chao (1992) analizaron la difusión del germoplasma mejicano en las distintas subregiones trigueras en el período 1971-1990. La información obtenida por estos autores revela que para la campaña 1971-1972 los cultivares de trigo tradicionales constituían la totalidad de la producción del país. Diez años más tarde su participación había disminuído en grado variable en todas las subregiones, excepto en la V Sur, donde aún no había comenzado la introducción de germoplasma mejicano. Al final de la década del 80 el desplazamiento de las variedades sensibles a la giberelina era prácticamente total en las subregiones I, II Norte, II Sur, III, IV y V Norte, mientras que esas variedades representaban el 30% de la producción en la subregión V Sur.

Los objetivos de este trabajo son: a) analizar la participación de cultivares sensibles a la giberelina en el espectro varietal de la subregión V Sur; b)

establecer el grado de introgresión de los genes **Rht₁** y **Rht₂** en el material fitotécnico avanzado.

MATERIALES Y METODOS

Se verificó la presencia de los genes **Rht₁** y **Rht₂** en 29 variedades de trigo pan difundidas en la subregión V Sur entre 1971 y 1992 y en 68 líneas avanzadas obtenidas en 1992 en distintas Estaciones Experimentales participantes del Subprograma Trigo del INTA, según la respuesta al agregado de ácido giberélico en términos de crecimiento de plántula. Para determinar esta respuesta se sembraron 20 semillas de cada genotipo entre dos secantes en agua y en ácido giberélico (GA_3) $10^{-5}M$ y se hicieron crecer las plántulas en condiciones controladas de fotoperíodo (14 horas) y temperatura (20°C) durante 14 días. Al término de este período se midió la longitud de la vaina foliar y el largo total de la primera hoja en ambas condiciones de crecimiento y se estableció la naturaleza de la respuesta al ácido giberélico como "sensible" o "insensible".

RESULTADOS

La evaluación de 29 variedades difundidas entre 1971 y 1992 en la subregión V Sur indica que 11 (37%) presentan respuesta sensible a la giberelina (Cuadro N°1). El análisis de sus genealogías muestra que provienen de: a) cruza entre trigos tradicionales, sensibles; b) cruza entre trigos sensibles y trigos insensibles portadores de los genes **Rht₁** y **Rht₂** de Norin 10, con selección de los genotipos sensibles en las poblaciones segregantes (Cuadro N° 2).

Las plantas de algunas de estas variedades sensibles a la giberelina son de altura intermedia (Buck Pangaré, Cooperación Cabildo, Chasicó INTA, Cooperación Bahía, Prointa Pigüé, Prointa Pincén). La reducción de altura respecto de las variedades tradicionales argentinas no se debe, en estos casos, al efecto de los genes **Rht₁** y **Rht₂** derivados de Norin 10.

Con respecto al material fitotécnico avanzado del Subprograma Trigo del INTA correspondiente a la campaña 1992, se estableció que del total de líneas evaluadas procedentes de distintas Estaciones Experimentales, el número de genotipos sensibles fue de 0 en Paraná, 1 (5%) en Marcos Juárez,

Cuadro N° 1: Respuesta al agregado de ácido giberélico de variedades de trigo pan obtenidas entre 1971 y 1992 y difundidas en la Subregión V Sur.

VARIEDAD	AÑO	LONGITUD		1° HOJA		RESPUESTA
		vaina(mm)		total(mm)		
		H ₂ O	GA ₃	H ₂ O	GA ₃	
MARCOS JUAREZ INTA	1971	35,4	39,4	141,4	151,7	Insensible
BUCK NAMUNCURA	1971	48,7	82,1	144,7	216,9	Sensible
BUCK CIMARRON	1972	48,9	80,5	155,3	217,8	Sensible
BUCK NAPOSTA	1973	47,6	72,5	117,8	176,8	Sensible
BUCK CENCERRO	1974	39,9	70,1	115,7	174,0	Sensible
BUCK ÑANDU	1976	32,1	32,5	120,5	124,7	Insensible
BUCK PANGARE	1979	42,7	65,8	134,5	184,8	Sensible
KLEIN CHAMACO	1979	29,1	32,9	117,6	124,0	Insensible
BUCK PUCARA	1980	41,1	43,0	138,6	152,4	Insensible
COOP. CABILDO	1980	52,7	79,9	121,0	167,0	Sensible
CARGILL TRIGAL 800	1980	39,8	43,5	156,8	162,7	Insensible
CHASICO INTA	1980	47,8	62,6	172,5	204,9	Sensible
BUCK PATACON	1983	38,2	37,9	134,9	135,5	Insensible
COOP. BAHIA	1983	45,5	70,6	121,2	173,6	Sensible
COCHICO INTA	1984	34,4	40,1	111,8	131,1	Insensible
BUCK OMBU	1984	36,5	39,3	150,5	161,7	Insensible
NORKIN LIDER	1984	39,9	43,0	134,1	141,1	Insensible
BUCK PONCHO	1986	30,5	33,9	112,3	126,5	Insensible
BUCK ÑAPUCA	1987	35,3	39,1	117,4	135,7	Insensible
COOP. NANIHUE	1987	30,1	30,9	116,4	119,7	Insensible
PROINTA PIGUE	1988	41,1	65,2	136,8	188,6	Sensible
BUCK BAGUAL	1989	33,5	38,7	134,8	151,1	Insensible
COOP. LIQUEN	1989	33,3	35,9	120,8	128,2	Insensible
BONAERENSE PERICON	1989	36,4	40,6	119,0	136,9	Insensible
BUCK CHARRUA	1990	47,0	70,6	158,2	218,9	Sensible
BUCK FOGON	1990	35,8	36,2	138,3	148,0	Insensible
COOP. CALQUIN	1990	35,2	38,8	140,3	153,7	Insensible
BUCK PALENQUE	1991	33,9	34,9	132,2	143,3	Insensible
PROINTA PINCEN	1992	43,3	64,3	143,2	188,4	Sensible

1 (10%) en Pergamino y 4 (23%) en Bordenave, ratificando su distribución preferencial en la subregión V Sur (Cuadro N°3).

DISCUSION

La presencia diferencial de genotipos de trigo sensibles a la giberelina que se observa tanto en el espectro varietal como en el material fitotécnico avanzado de la subregión V Sur, sugiere que éstos presentan cierta ventaja adaptativa en esas condi-

ciones ambientales. Dadas las características agroecológicas de la subregión V S (clima templado-frío, continental, 450-600 mm anuales de precipitaciones, con oscilaciones de temperatura y lluvias, sequías de invierno, alta temperatura y vientos desecantes en verano) el mejoramiento tiende a la obtención de variedades de ciclo vegetativo tardío, con resistencia a frío, a sequía y al arrebato (Calzolari y Garbini, 1983).

Cuando se analizan las genealogías de las variedades sensibles difundidas en la subregión V

CUADRO N° 2: Genealogías y altura de planta de las variedades sensibles a la giberelina difundidas en la subregión V Sur.

VARIEDAD	PEDIGRE	ALTURA (cm)
BUCK NAMUNCURA	RAFAELA MAG/B.PAMPERO//BAGE/GRAL ROCA MAG	110
BUCK CIMARRON	B.ARAUCANO/B.QUEQUEN//RAFAELA MAG/ B.RELEN	111
BUCK NAPOSTA	RAFAELA MAG/B.PAMPERO/3/B. ARAUCANO/B.QUEQUEN//RAFAELA MAG	123
BUCK CENCERRO	EUREKA FCS/B.QUEQUEN//B.ARAUCANO/ /3/ B.BOLIVAR/4/B.MANANTIAL/3/B. B.ARAUCANO/B.QUEQUEN//RAFAELA MAG	111
BUCK PANGARE	B.RELEN//RAFAELA MAG/B.PAMPERO/3/ ROBIN N°44	87
BUCK CHARRUA	[(RAFAELA MAG-B.PAMPEROxB.RELEN) (KL.IMPACTOxRAFAELA MAG-B.PAMPERO) /LOURIN] x [(RAFAELA MAG-B.PAMPERO x B.RELEN)(KL.IMPACTOxRAFAELA MAG- B.PAMPERO)]	118
COOP. CABILDO	[(B.ATLANTICO)x(KL.ANIVERSARIOx BLACKHULLxPENTADxMARQUISxGRAL.ROCA MAG)x(V MAR)]x[V.SOLxSONORA 64 xTEZANOS PINTO-NAINARI 60]	91
CHASICO INTA	B.MANANTIAL/3/SONORA 64//SELKIRK ⁶ (E)/ANDES ³ (E)	100
COOP.BAHIA	[(KL.ANIVERSARIOxSTANDARD FCS) x(GRAL.ROCA MAGxKL. ANIVERSARIO) xB.MANANTIAL]xB.NAMUNCURA	82
PROINTA PIGUE	KAVKAZx[CALIDADxCIANO-SONORA 64 (CIANOxNADADORES-CHRIS S/SONORA 64- KL.RENDIDORxBLUEBIRD)]	90
PROINTA PINCEN	AURORAxCOLORADO 652337	92

Sur se tiene un panorama de la evolución de los programas de cruzamientos de trigo en los últimos 20 años. Del exclusivo aprovechamiento de cultivares tradicionales, altos, se pasó a la incorporación de germoplasma mejicano de hábito prima-

veral, semienano, y -más recientemente- a los cruzamientos entre cultivares invernales y primaverales.

El programa de cruza entre germoplasma invernal y primaveral, iniciado en el CIMMYT en

CUADRON° 3: Respuesta al agregado de ácido giberélico de líneas avanzadas de trigo pan del Subprograma Trigo del INTA.

E.E.A. BORDENAVE						E.E.A. PERGAMINO					
LINEA N° LONGITUD 1° HOJA						LINEA LONGITUD 1° HOJA RES-					
vaina(mm)		total(mm)		RES- PUESTA		vaina(mm)		total(mm)		RES- PUESTA	
H ₂ O	GA ₃	H ₂ O	GA ₃			H ₂ O	GA ₃	H ₂ O	GA ₃		
40	33,9	38,9	123,5	133,8	Insensible	2350	34,6	43,2	135,2	168,8	Insensible
60	33,2	38,0	113,9	131,2	Insensible	3001	29,2	39,8	113,0	156,2	Insensible
126	35,8	40,8	114,2	134,1	Insensible	3177	39,9	39,5	156,9	167,5	Insensible
160	44,9	48,4	170,9	183,5	Insensible	3185	42,4	64,7	155,0	207,4	Sensible
168	35,7	35,5	140,9	157,2	Insensible	3224	28,0	33,8	119,0	134,2	Insensible
171	35,6	39,4	138,2	153,1	Insensible	3228	32,8	38,0	117,5	128,5	Insensible
185	37,7	40,2	111,3	131,2	Insensible	3236	35,5	39,7	131,0	146,3	Insensible
192	48,7	76,3	147,5	210,7	Sensible	3251	24,6	32,6	125,2	149,2	Insensible
212	41,1	42,8	138,2	156,4	Insensible	3256	39,5	41,4	167,5	178,7	Insensible
214	41,3	46,5	166,2	177,4	Insensible	3261	37,4	37,5	147,8	147,1	Insensible
220	39,6	44,9	158,4	178,1	Insensible	E.E.A. MARCOS JUAREZ					
223	57,9	80,7	175,8	238,7	Sensible	3056	33,3	41,0	125,1	137,9	Insensible
232	64,3	81,9	201,3	265,3	Sensible	3381	20,0	30,5	90,7	151,4	Insensible
251	35,9	43,7	126,0	141,9	Insensible	3462	31,2	30,4	151,2	155,0	Insensible
264	49,2	75,1	158,2	207,4	Sensible	3520	22,5	34,5	106,4	153,0	Insensible
311	33,0	41,3	116,1	146,4	Insensible	3569	24,6	36,7	101,0	146,7	Insensible
317	39,4	42,0	125,0	134,3	Insensible	3585	26,6	35,3	123,4	150,0	Insensible
336	33,9	41,5	117,4	136,5	Insensible	3596	35,2	38,3	124,7	135,5	Insensible
357	36,5	47,0	128,1	154,5	Insensible	3636	31,6	34,8	108,0	120,2	Insensible
362	38,8	45,1	126,6	151,1	Insensible	3637	34,0	41,4	111,6	135,4	Insensible
E.E.A. PARANA						3639	37,7	51,2	141,0	206,0	Sensible
32	35,1	36,7	139,3	150,4	Insensible	91004	22,0	25,3	102,6	106,0	Insensible
34	24,7	28,6	103,4	122,0	Insensible	91014	22,3	38,6	117,7	160,6	Insensible
37	27,3	34,3	126,8	146,1	Insensible	91023	20,0	26,0	112,4	139,5	Insensible
40	38,8	38,3	152,8	158,5	Insensible	91024	17,7	30,7	111,3	151,5	Insensible
41	41,8	46,9	154,4	172,1	Insensible	91025	23,7	30,8	91,2	108,0	Insensible
44	34,0	32,3	120,0	126,7	Insensible	91027	29,4	33,0	121,5	131,8	Insensible
45	37,7	42,7	160,9	184,9	Insensible	91028	17,0	15,0	97,8	113,0	Insensible
46	39,2	39,0	154,9	152,7	Insensible	91030	20,3	27,2	117,0	138,7	Insensible
47	40,5	43,8	147,0	155,0	Insensible	91034	26,5	22,0	120,2	122,0	Insensible
48	39,9	43,0	147,6	157,6	Insensible	91036	24,7	31,8	115,7	140,7	Insensible
49	39,1	46,0	150,7	166,3	Insensible	91037	26,4	32,2	110,0	118,5	Insensible
50	33,4	40,4	145,4	165,9	Insensible						
51	39,3	44,0	160,6	177,7	Insensible						
52	31,1	33,5	119,9	127,2	Insensible						
53	38,4	46,7	140,0	152,6	Insensible						
54	40,0	48,4	161,9	175,4	Insensible						
55	44,2	50,4	163,1	168,5	Insensible						

la década del 70, tiene como objetivo la obtención de progenies de ciclo facultativo, adaptadas a las áreas de cultivo ubicadas a mayores latitudes. Los cultivares invernales son fuente de tolerancia a frío, a sequía y a diversas enfermedades y -en la mayoría de los casos- presentan tallos cortos y

resistencia al vuelco por efecto de genes de reducción de altura no asociados con la respuesta a la giberelina (Prutskova y Ukhanova, 1972). El éxito del programa se manifiesta a través del número de líneas de alto rendimiento y adaptación obtenidas en los últimos años y que participan en la genea-

logía de la última generación de variedades de trigo, entre ellas, Veery, Bobwhite, Sunbird, Chat, Broadbill, Hoopoe (Kholi, 1985).

Algunos autores postularon que la insensibilidad a la giberelina se asocia con una mayor estabilidad, es decir, que los genotipos insensibles presentan menor respuesta ante modificaciones del ambiente (Swaminathan, 1968; Favret *et al.*, 1969; Ho *et al.*, 1972). Sin embargo, Vicien y Favret (1984) observaron mayor dependencia respecto de las fluctuaciones ambientales en un genotipo de trigo insensible que en otro sensible. Gale y Youssefian (1985) señalaron que a partir de la difusión masiva de cultivares semienanos con genes de Norin 10, se han incrementado las variaciones en la producción anual de trigo asociadas con patrones climáticos. Estos autores sugieren que los genes **Rht₁** y **Rht₂** determinan mayor susceptibilidad a stress hídrico debido al menor desarrollo de sus raíces. También consideran que la menor longitud de los coleoptiles constituye una desventaja para la emergencia e implantación del cultivo en profundidades de siembra inadecuadas. Worland (1986) estableció que los genotipos de trigo portadores de los genes **Rht₁** y **Rht₂** presentan una caída del rendimiento por reducción de la fertilidad en zonas de temperaturas elevadas durante el período de formación de la espiga y destacó el mejor comportamiento, en esas condiciones, de los semienanos portadores de **Rht₃** y **Rht₄**, derivados de la variedad Akakomugi y sensibles al agregado de giberelina.

Además de considerar estas referencias que cuestionan la estabilidad de los genotipos insensibles a la giberelina, resulta oportuno señalar que si bien la incorporación de los genes **Rht₁** y **Rht₂** en cultivares de trigo de alto rendimiento y amplia

adaptación en todo el mundo ha sido un fenómeno de indudable importancia, su alcance no es absoluto. En un estudio reciente, Appendino y col. (1993) corroboraron la vigencia de germoplasma sensible a la giberelina evaluando el grado de introgresión de los genes **Rht₁** y **Rht₂** en variedades y líneas avanzadas francesas, alemanas y rumanas entre las cuales el porcentaje de genotipos insensibles a la giberelina era de 77%, 34% y 47%, respectivamente.

La presentación de estas evidencias pretende llamar la atención respecto de las decisiones adoptadas en un programa de mejoramiento de trigo al considerar la obtención de cultivares semienanos. En este sentido, se propone la diversificación de las fuentes de semienanismo, evitando el uso exclusivo de los genes de Norin 10, e incluyendo otros genes como el **Rht₃** y el **Rht₄**, cuyo efecto no está asociado con la insensibilidad a la giberelina. Esta estrategia no sólo contribuye a ampliar la base genética del cultivo, sino que constituye una alternativa para la obtención de cultivares rendidores y adaptados a condiciones ambientales particulares, como en el caso aquí desarrollado para la subregión V Sur.

CONCLUSIONES

- En la subregión V Sur existe una distribución preferencial de genotipos de trigo pan sensibles a la giberelina.
- Es aconsejable la diversificación de las fuentes de semienanismo en un programa de cruzamientos para el mejoramiento del trigo pan.

BIBLIOGRAFIA

- ALLAN, R.E.; O.A.VOGEL and J.C. CRADDOCK. 1959. Comparative response to gibberellic acid of dwarf, semidwarf and standard short and tall wheat varieties. *Agron. Journ.* 51: 737-740.
- APPENDINO, M.L.; G. TRANQUILLI y E.Y.SUAREZ. 1993. Grado de introgresión de alelos Norin en trigos de distinto origen. *Actas del XXIV Congreso Argentino de Genética*. Posadas, 5-8/10/93 :72.

- CALZOLARI, A. y S. GARBINI. 1983. Mejoramiento del trigo pan en Argentina. *Proc. Cereal Breeding and Production Symposium*. Marcos Juárez, 7-12/11/83 :30-35.
- FAVRET, E.A.; G.S. RYAN,y E.M. MALVAREZ. 1969. Mutaciones inducidas que afectan el crecimiento inicial de la cebada. *Proc. Symp. FAO/IAEA, Pullman, Washington, USA*:109-121.
- GALE, M.D. and S.YOUSSEFIAN. 1985. Dwarfing genes in wheat. In: G.E.Russell (ed) *Progress in Plant Breeding I. Butterworths,London*,:1-35.
- HU, M.L.; G. FAVRET; E.A. FAVRET; C.F. KONZAK; E.DONALDSON and R.E. ALLAN. 1972. Inheritance of insensitivity to gibberellic acid and semidwarfing in wheat. *Ann. Wheat Newsletter*, 28:147.
- KOHLI, M.M. 1983. Mejoramiento genético del trigo en la región del Cono Sur. *Proc. Cereal Breeding and Production Symposium*. Marcos Juárez, 7-12/11/83 :53-67.
- MACAGNO, L.F. y V.L. GOMEZ CHAO. 1992. Análisis de la investigación en trigo en la Argentina. Un análisis económico "ex-post". *Documento de trabajo N°3*. DINAP.INTA, 49 pp.
- NISI, J. y A. LEGASA. 1986. Influencia del germoplasma mejicano en los rendimientos de trigo del país. *Actas del I Congreso Nacional del Trigo*, Pergamino, 6-10/10/86 :81-95.
- PRUTSKOVA, M.G.and O.I. UKHANOVA. 1972. New varieties of winter wheat. Amerind Publishing, New Dehli, 238 pp.
- RADLEY, M. 1970. Comparison of endogenous gibberellins and response to applied gibberellin in some dwarf and tall wheat cultivars. *Planta*, 92: 292-300..
- SWAMINATHAN, M.S. 1968. Mutation Breeding. *Proc. XII Int.Cong. Genet.*, Japan, 2:13.
- VAZQUEZ, M.C. y E.A. FAVRET. 1984. Asociación del gen Gai-2 para respuesta a la giberelina con altura de planta y su introgresión en la población triguera argentina. *Mendeliana*, 7:57-68.
- VICIEN, C.E. y E.A. FAVRET. 1984. Reacción a variaciones del ambiente en un genotipo de trigo insensible a la giberelina. *Rev. Fac. Agron. UBA*, 5(1-2):71-81.