

## EFEITO DO ACAMAMENTO ARTIFICIAL EM GENÓTIPOS DE TRIGO DE PORTE ALTO E BAIXO

### EFFECT OF ARTIFICIAL LODGING ON WHEAT GENOTYPES OF DIFFERENT STATURE

Luiz Carlos Federizzi<sup>1</sup>    Alfredo Celso Fantini<sup>2</sup>  
Fernando Irajá Felix de Carvalho<sup>1</sup>

#### RESUMO

A vantagem no rendimento de grãos dos genótipos de trigo de porte baixo em relação aos de porte alto seria explicado principalmente pela redução das perdas por acamamento. Os objetivos deste trabalho foram de avaliar os efeitos de três épocas de acamamento artificial sobre o genótipo de porte alto IAC 5 e suas linhas quase isogênicas IPF 55243, IPF 55244 e IPF 55245 portadores dos genes  $Rht_1$ ,  $Rht_2$  e  $Rht_1 + Rht_2$  respectivamente. Foi realizado acamamento artificial com auxílio de cordas nos estádios de emborrachamento, antese e grão em massa mole. Para o rendimento de grãos o acamamento produziu os mesmos efeitos sobre todos os genótipos independentes do porte da planta. Os efeitos do acamamento foram maiores na antese com um aumento no número de espiguetes estéreis, diminuição no número de espiguetas totais por espiga, no número de grãos por espiga e no rendimento de grãos. Os genótipos de porte baixo apresentaram maior rendimento de grãos que o de porte alto.

**Palavras-chave:** caracteres agronômicos, melhoramento genético, genes de porte baixo.

#### SUMMARY

Grain yield advantage of genotypes of short-stature over tall genotypes is explained by the reduction of lodging in short plants. This study was conducted with the objective to determine the effects of three different times of artificial lodging over the tall genotype IAC-5 and its almost-isogenic lines IPF 55243, IPF 55244 and IPF 55245 which carry the genes  $Rht_1$ ,  $Rht_2$  and  $Rht_1 + Rht_2$ , respectively. Artificial lodging was applied using strings that maintained the plants lodged in the stages of booting, anthesis and grain at milk state. The effects of lodging on grain yield were similar to all genotypes independently of plant height. The major effect of the lodging was observed during anthesis and increased the number of sterile spikelets by spike, decreased the number of total spikelets by spike, decreased the number of grain by spike and grain yield. Genotypes with genes for short plant height had superior grain yield than tall genotypes.

**Key words:** agronomic traits, dwarf genes, plant breeding, *Triticum aestivum*.

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Professor do Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande Sul, Caixa Postal 776, 90001-970 Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq, autor para correspondência.

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Mestre, Professor do Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

## INTRODUÇÃO

A introdução de genes de porte baixo permitiram grandes avanços no potencial de rendimento de grãos dos cereais, especialmente trigo e arroz. A redução do porte possibilitou o cultivo destes cereais em locais altamente favoráveis ao seu desenvolvimento e a melhoria artificial do ambiente, particularmente através da irrigação e da aplicação de doses elevadas de fertilizantes (STODDART & LLOYD, 1986). Estes avanços foram possíveis graças a eliminação do acamamento das plantas, até então sério entrave no cultivo de variedades tradicionais de porte alto (PINTHUS, 1973).

Os principais genes redutores da estatura utilizados em trigo, tem sido  $Rht_1$  e  $Rht_2$  derivados da variedade japonesa Norin 10. Estes genes podem ser incorporados separadamente  $Rht_1$  e  $Rht_2$ , ou ambos ( $Rht_1 + Rht_2$ ) podem estar presentes em um mesmo genótipo (GALE & YOUSSEFIAN, 1985). Os melhores rendimentos de grãos dos genótipos de porte baixo, portadores dos genes  $Rht_1$  e  $Rht_2$  são parcialmente devido a prevenção do acamamento pela redução da estatura, mas em grande parte por apresentarem maior número de grãos por espiga (HOOGENDOORN et al., 1988).

Trabalho realizado no Brasil, por ZANATTA & OERLECKE, (1991), comparando a cultivar IAC-5 e suas linhas quase isogênicas portadoras dos genes  $Rht_1$  e  $Rht_2$  e  $Rht_1 + Rht_2$  não revelou diferenças significativas para vários caracteres morfológicos e para os componentes de rendimento. Por outro lado, os genótipos de baixa estatura revelaram ser mais afetados pelos efeitos do estresse do ambiente que o genótipo de estatura normal (HOOGENDOORN et al., 1988 e ZANATTA & OERLECKE, 1991).

Os efeitos do acamamento sobre o rendimento e qualidade dos grãos depende da cultivar, da severidade e do tempo de ocorrência, sendo que as perdas são maiores em variedades mais altas e quando o acamamento ocorre durante a antese (WEIBEL & PENDLETON, 1961; PINTHUS, 1973; STANKA et al., 1979; WIERSMA et al., 1986).

A utilização de acamamento artificial em vários estádios de desenvolvimento em genótipos com genes de porte baixo,  $Rht_1$ ,  $Rht_2$  e  $Rht_1 + Rht_2$  pode indicar diferenças no desempenho destes genes em situações de estresse. Assim este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de três épocas de acamamento artificial sobre o genótipo de porte alto IAC-5 e suas linhas quase isogênicas portadoras dos genes  $Rht_1$ ,  $Rht_2$  e  $Rht_1 + Rht_2$ .

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados quatro genótipos de trigo: IAC-5, IPF 55243, IPF 55244 e IPF 55245. Os genótipos foram obtidos junto ao Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. De acordo com ZANATTA e OERLECKE (1991) o genótipo IAC-5 é uma cultivar antiga nacional de porte alto, de ciclo precoce, utilizada em escala comercial por vários anos e as demais linhas quase isogênicas do IAC-5, com genes para baixa estatura  $Rht_1$ ,  $Rht_2$  e  $Rht_1 + Rht_2$ .

O experimento foi implantado na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), no município de Eldorado do Sul em 15/06/89. O delineamento experimental utilizado foi de parcelas subdivididas com quatro repetições tendo na parcela principal o genótipo e na subparcela as diferentes épocas de acamamento. Cada subparcela foi constituída de sete linhas de 3m distanciadas 0,20m entre si, com a densidade de 300 sementes/m<sup>2</sup>. As sementes foram tratadas com Iprodione + Thiram na dosagem de 300g do produto/100kg de sementes.

A área foi adubada com 300kg da fórmula 10-30-15 de NPK e duas adubações de cobertura com 50kg/ha de uréia foram utilizadas em 14/07 e 07/08. Duas aplicações de fungicida e inseticida foram realizadas em 08/09 e 28/09 com Benlate, Bayfidan e Thiodan, nas dosagens de 0,5kg/ha, 0,5l/ha e 1,0l/ha, respectivamente.

O acamamento foi realizado em diferentes épocas através de cordas que mantinham as plantas acamadas. Na primeira época: quando os genótipos estavam no estádio 8-9 (emborrachamento) da escala de Feeks & Large, sendo iniciado em 22/8 para os genótipos IAC-5, IPF 55243 e IPF 55244, para o genótipo IPF 55245 foi iniciado três dias após. Na segunda época: no estádio 10.5.2 (antese) em 13/09, para todos os genótipos. A terceira época de acamamento foi realizada no estádio 11.2 (massa mole) em 06/10. Sendo mantido o acamamento até a colheita.

Foram contadas o número de plantas emergidas e o número de espigas presentes nas três linhas centrais da parcela; o número de espiguetas estéreis por espiga, o número de espiguetas totais/espiga e o número de grãos/espiga foram obtidos pela média de 15 espigas tomadas ao acaso de cada parcela.

O peso da fitomassa aparente foi obtido pelo peso total da fitomassa acima do solo das três linhas centrais da parcela. O rendimento de grãos foi obtido pela colheita das três linhas centrais da parcela e corrigidos para 13% de umidade. Foram ainda deter-

minados o peso do hectolitro, peso de mil sementes e índice de colheita.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância revelaram diferenças significativas entre os genótipos para todos os caracteres com exceção do número de espiguetas totais por espiga. Também para as épocas de acamamento, ocorreram diferenças significativas para todos os caracteres com exceção de número de plantas emergidas e número de espigas por parcela. Já a interação genótipo x época de acamamento foi significativa somente para os caracteres peso da fitomassa aparente, peso do hectolitro, peso de mil sementes e índice de colheita (Tabela 1).

As médias dos caracteres que revelaram diferenças significativas entre genótipos e interação genótipo x época de acamamento não significativa são apresentadas na Tabela 2.

Estes resultados evidenciaram que, apesar de fenotipicamente similares, ocorreram mudanças em outros caracteres quando da transferência dos genes de porte baixo para o IAC-5 (Tabelas 1 e 2). Entretanto, são diferentes daqueles obtidos por ZANATTA & OERLECKE (1991), provavelmente devido a diferenças no ambiente utilizado na avaliação. Quanto ao rendimento de grãos os genótipos portadores de um ou dois genes para baixa estatura revelaram rendimentos superiores ao de porte alto como o já observado em outros ambientes (HOOGENDOORN et al., 1988), sem ter diferenças entre a presença do  $Rht_1$  ou  $Rht_2$  e a presença dos dois genes  $Rht_1 + Rht_2$ . Para os ambientes do sul do Brasil não haveria diferenças no rendimento entre os genes  $Rht_1$  e  $Rht_2$ , podendo os dois serem utilizados nos programas de melhoramento. Os maiores rendimentos revelados pelos genótipos de porte baixo em relação aos de porte alto foram devidos ao maior número de espigas/parcela, menor número de grãos estéreis/espiga, maior número de espiguetas totais e maior número de grãos por espiga. Tal fato demonstra que o melhor rendimento de grãos dos genótipos de porte baixo em relação aos de porte alto, não se deve exclusivamente a simples redução do

Tabela 1 - Quadrados médios da análise de variância para os diferentes caracteres analisados, Eldorado do Sul, 1989.

Fonte	GL	Q u a d r a d o s   M é d i o s									
		NPE	NEP	NEEE	NETE	NGE	PFA	RG	PH	PMS	IC
Rep.	3	53,31	3219,04	1,44	8,28	38,0**	0,08	5301,4	0,93	1,91	247,23
Genótipo	3	21034,26**	115787,08**	10,19**	6,27NS	39,1**	0,56**	154995,2**	17,47**	136,70**	31839,48**
Erro (a)	9	487,27	2910,01	0,21	3,16	4,8	0,04	2165,3	0,19	1,79	1037,76
Época	3	901,64NS	3996,04NS	1,83**	5,57*	112,8**	0,34**	115972,2**	4,59**	7,48**	9195,87**
Gen x Época	9	288,33NS	2026,65NS	0,28NS	3,43NS	3,4NS	0,15*	5169,5NS	1,57**	5,91**	3112,38**
Erro (b)	45	429,74	3370,96	0,22	15,53	4,8	0,06	2973,0	0,46	1,45	1101,9
CV (b)		6,05	7,30	7,80	4,68	8,55	10,95	8,83	0,87	2,74	11,52

\*\* Significativo a 1%; \* Significativo a 5%; NS= Não significativo

- NPE = número de plantas emergidas
- NEP = número de espigas por parcela
- NEEE = número de espiguetas estéreis por espiga
- NETE = número de espiguetas totais por espiga
- NGE = número de grãos por espiga
- PFA = peso da fitomassa aparente
- RG = rendimento de grãos
- PH = peso do hectolitro
- PMS = peso de mil sementes
- IC = índice de colheita

acamamento, mas principalmente devido a melhoria de outros caracteres de importância agrônômica (Tabelas 1 e 2).

Tabela 2 - Média observada para os caracteres nos diferentes genótipos testados, Eldorado do Sul, 1989.

Genótipo	NPE <sup>1</sup>	NEP	NEEE	NETE	NGE	RG (kg/ha)
IAC-5	388a*	693 c	7,2a	13,5 b	23,3 b	2611 b
IAC-5+Rht <sub>1</sub>	367a	803 b	5,9 b	14,4a	26,2a	3792a
IAC-5+Rht <sub>2</sub>	317 b	786 b	5,6 b	14,1ab	25,6a	3678a
IAC-5+Rht <sub>1</sub> +Rht <sub>2</sub>	316 b	900a	5,4 b	14,2a	27,0a	3655a

\* Médias com a mesma letra na vertical não diferem significativamente.

- <sup>1</sup> NPE = número de plantas emergidas  
 NEP = número de espigas por parcela  
 NEEE = número de espiguetas estéreis por espiga  
 NETE = número de espiguetas totais por espiga  
 NGE = número de grãos por espiga  
 RG = rendimento de grãos

O acamamento revelou efeito significativo somente para os caracteres reprodutivos como número de espiguetas estéreis por espiga, número de espiguetas totais por espiga, número de grãos por espiga e rendimento de grãos. O acamamento em qualquer das épocas aumentou o número de espiguetas estéreis por espiga, e diminuiu o número de espiguetas totais por espiga. Já o número de grãos foi menor quando o acamamento foi realizado nos estádios de emborrachamento e antese (Tabela 3). O rendimento de grãos foi menor com o acamamento, sendo que as perdas maiores foram quando o acamamento foi realizado na antese, seguido do emborrachamento e do estádio de grão em estado de massa mole (Tabela 3).

As médias para os caracteres que apresentaram a interação genótipo x época de acamamento significativas estão na Tabela 4. O IAC-5 teve menor peso de fitomassa aparente com o acamamento, já para o genótipo IAC-5 + Rht<sub>1</sub> somente o acamamento no emborrachamento e na antese reduziram o caráter.

Quanto ao peso do hectolitro, o IAC-5 foi o único genótipo que revelou diferenças significativas em todas as épocas de acamamento em relação a testemunha. Para os genótipos IAC-5 + Rht<sub>1</sub> e IAC-5 + Rht<sub>2</sub> os maiores efeitos foram verificados quando do acamamento nos estádios de emborrachamento e antese, já para o IAC-5 + Rht<sub>1</sub> + Rht<sub>2</sub> somente o acamamento no estádio de antese reduziu o peso do hectolitro (Tabela 4).

Tabela 3 - Média observada para os caracteres nas diferentes épocas de acamamento, Eldorado do Sul, 1989.

Épocas de acamamento	NEEE <sup>1</sup>	NETE	NGE	RG
Testemunha	5,6 b*	14,5a	28,8a	3994a
Emborrachamento	6,4a	13,8 b	23,4 b	3233 c
Antese	6,1a	13,8 b	23,4 b	2894 d
Massa Mole	6,0a	14,0ab	26,7a	3600 b

\* Médias com a mesma letra na vertical não diferem significativamente

- <sup>1</sup> NEEE = número de espiguetas estéreis por espiga  
 NETE = número de grãos totais por espiga  
 NGE = número de grãos por espiga  
 RG = rendimento de grãos.

Os genótipos IAC-5 e IAC-5 + Rht<sub>1</sub> tiveram o peso de mil sementes reduzidos com o acamamento na fase de antese e grão no estado de massa mole, já o IAC-5 + Rht<sub>2</sub> não revelou diferenças da testemunha para as diferentes épocas de acamamento para este caráter (Tabela 4). O IAC-5 + Rht<sub>1</sub> + Rht<sub>2</sub> de porte baixo revelou maiores peso de mil sementes quando acamado no estádio de antese, sendo os menores pesos observados quando o acamamento foi realizado nos estádios emborrachamento e grão em massa mole.

Quanto ao índice de colheita o IAC-5 só revelou diferenças quando o acamamento foi realizado na antese, o mesmo acontecendo com IAC-5 + Rht<sub>1</sub> (Tabela 4). Para o IAC-5 + Rht<sub>2</sub> somente houve diferenças no índice de colheita quando o acamamento foi realizado no estádio de grão em massa mole. Já para o IAC-5 + Rht<sub>1</sub> + Rht<sub>2</sub> os menores índices de colheita foram observados quando as plantas foram acamadas nos estádios de emborrachamento e grão em estado de massa mole. Os maiores índices de colheita foram obtidos pelo IAC-5 + Rht<sub>1</sub> + Rht<sub>2</sub> de porte baixo enquanto que os menores foram do genótipo de porte alto IAC-5 (Tabela 4).

O acamamento independente da época realizada teve um grande efeito, aumentando o número de espiguetas estéreis e diminuindo o número de espiguetas totais, número de grãos por espiga e principalmente o rendimento de grãos. A época do acamamento que provocou maiores perdas no rendimento de grãos foi da antese, seguida do emborrachamento e grão no estado de massa mole, como o observado em outros ambientes (Tabela 3).

Ao contrário do observado em outros trabalhos (HOOGENDOORN et al., 1988 e ZANATTA & OERLECKE, 1991) os genótipos portadores de genes de porte baixo não tiveram perdas diferenciadas com

o estresse causado pelo acamamento. Tal fato, revela que os genes de porte baixo por si só, não diminuem a adaptabilidade do genótipo, mas esta deve estar ligada aos demais genes que compõem o indivíduo.

Tabela 4 - Média observada na interação genótipo x época de acamamento para diferentes caracteres, Eldorado do Sul, 1989.

Genótipo	Época de acamamento			
	Testemunha	Emborracha-mento	Antese	Massa mole
PFA <sup>1</sup> (t / ha)				
IAC-5	A* 2,35ab**	B 2,02a	B 1,90 bc	B 1,90 b
IAC-5(Rht <sub>1</sub> )	A 2,48a	B 2,18a	B 2,08 b	A 2,52a
IAC-5(Rht <sub>2</sub> )	A 2,48a	B 1,98a	A 2,40a	A 2,45a
IAC-5(Rht <sub>1</sub> +Rht <sub>2</sub> )	A 2,18 b	A 2,10a	B 1,82 c	B 1,72 b
PH (kg / ha)				
IAC-5	A 79,45a	B 78,15a	B 77,59 b	B 77,92 b
IAC-5(Rht <sub>1</sub> )	AB 78,04 b	B 77,48 b	B 77,48 b	A 78,59a
IAC-5(Rht <sub>2</sub> )	A 79,45a	B 78,48a	B 78,59a	AB 78,90a
IAC-5(Rht <sub>1</sub> +Rht <sub>2</sub> )	A 76,91 c	B 74,78 c	A 77,02 b	A 76,91 c
PMS (g)				
IAC-5	A 48,80a	AB 48,50a	B 47,45a	B 47,50a
IAC-5(Rht <sub>1</sub> )	AB 44,25 b	A 44,52 b	B 42,85 b	BC 43,18 b
IAC-5(Rht <sub>2</sub> )	A 42,70 c	A 43,10 c	A 43,15 b	A 42,25 b
IAC-5(Rht <sub>1</sub> +Rht <sub>2</sub> )	B 42,20 c	C 39,60 d	A 43,82 b	C 39,30 c
IC				
IAC-5	A 0,25 c	AB 0,24 b	B 0,21 c	AB 0,23 c
IAC-5(Rht <sub>1</sub> )	A 0,31 b	AB 0,29a	B 0,27ab	AB 0,30 b
IAC-5(Rht <sub>2</sub> )	A 0,30 b	A 0,32a	A 0,24 bc	B 0,29 b
IAC-5(Rht <sub>1</sub> +Rht <sub>2</sub> )	A 0,37a	B 0,29a	B 0,30a	A 0,40a

\* Médias com a mesma letra maiúscula na horizontal não diferem.

\*\* Médias com a mesma letra minúscula na vertical não diferem.

<sup>1</sup>PFA = peso da fitomassa aparente

PH = peso do hectolitro

PMS = peso de mil sementes

IC = Índice de colheita

## CONCLUSÕES

O acamamento aumenta o número de espiguetas estéreis, diminui o número de espiguetas totais por espiga, reduz o número de grãos por espiga e rendimento de grãos. O acamamento no estágio de antese reduz o rendimento de grãos e com efeitos similares sobre todos os genótipos. Para o peso da fitomassa aparente, peso do hectolitro, peso de mil sementes e índice de colheita o genótipo de porte alto IAC-5 tem maiores perdas com o acamamento. O rendimento de grãos é maior nos genótipos com genes de porte baixo Rht<sub>1</sub> e Rht<sub>2</sub>, independente de ter um ou dois genes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GALE, M.D., YOUSSEFIAN, S. Dwarfing genes in wheat. In: RUSSEL, G.E. *Progress in Plant Breeding*. London: Buttercoorhs, 1985, p. 1-35.
- HOOGENDOORN, J., PFEIFFER, W.H., RAJARAM, S., et al. Adaptive aspects of dwarfing genes in CIMMYT germplasm. In: INTERNATIONAL WHEAT GENETICS SYMPOSIUM, Cambridge. *Proceedings...* Institute of Plant Science Research, 1988, v. 2, p. 1093-1100.
- PINTHUS, M.J. Lodging in wheat, barley, and oats: The phenomenon, its causes, and preventive measures. *Advances in Agronomy*, New York, v. 25, p. 210-256, 1973.
- STANKA, A.M., JENKINS, G., HANSON, P.R. Varietal responses in spring barley to natural and artificial lodging and to a growth regulator. *J Agri Sci*, Cambridge, v. 93, p. 449-458, 1979.
- STODDART, J.L., LLOYD, E.J. Modification by gibberelin of the growth/temperature relationship in mutant and normal genotypes of several cereals. *Planta*, Berlin, v. 167, p. 364-368, 1986.
- WEIBEL, R.O., PENDLETON, J.W. Effect of artificial lodging on winter wheat grain yield and quality. *Agron J*, Madison, v. 56, p. 487-488, 1961.
- WIERSMA, D.W., OPLINGER, E.S., GUY, S.O. Environment and cultivar effects on winter wheat response to ethephon plant growth regulator. *Agron J*, Madison, v. 78, p. 761-764, 1986.
- ZANATTA, A.C.A., OERLECKE, D. Efeito de genes de nanismo sobre alguns caracteres agronômicos e morfológicos de *Triticum aestivum* (L.) Thell. *Pesq Agrop Bras*, Brasília, v. 26, p. 1001-1016, 1991.