

AVALIAÇÃO DA RESPOSTA DE GENÓTIPOS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) DE
DIFERENTES ESTATURAS À APLICAÇÃO DE ÁCIDO
GIBERÉLICO NO ESTÁDIO DE PLÂNTULA

Responses of Tall and Short Genotypes of Wheat (*Triticum
aestivum* L.) to Gibberellic Acid

Luiz Carlos Federizzi*, Fernando I.F. de Carvalho*,
Marco Antonio Rott de Oliveira** e Sandra Milach***

RESUMO

Para identificação de genótipos de trigo de porte baixo, no estágio de plântula, foi testado um método rápido e não destrutivo sendo utilizado a aplicação exógena de ácido giberélico. Foram avaliados quatro genótipos de reduzida estatura e quatro genótipos de porte alto, quanto a altura de inserção da primeira folha e da segunda folha, comprimento da bainha da segunda folha e diferença da altura de inserção entre a segunda e primeira folha em 0, 1, 10 e 100ppm de ácido giberélico. Para os quatro parâmetros avaliados, os genótipos de porte baixo não responderam a aplicação de até 100ppm de ácido giberélico, enquanto os genótipos de porte alto revelaram uma resposta significativa a 100ppm de ácido giberélico, possibilitando a diferenciação dos genótipos com diferentes estaturas no estágio de plântula.

UNITERMOS: porte baixo, trigo, ácido giberélico.

SUMMARY

Genotypes of wheat with different plant height were tested at seedling stage on 0, 1, 10 and 100ppm of gibberellic acid (GA₃). Tall genotypes responded and short genotypes were insensible to application of 100ppm of GA₃. This technique may provide a method of identification of genotypes with major genes for reduced plant height in early generations.

KEY WORDS: reduced height, wheat, gibberellic acid.

* Professor da Faculdade de Agronomia, UFRGS, Cx.Postal 776, 90.001, Porto Alegre, RS. Pesquisador do CNPq.

** Engenheiro Agrônomo da OCEPAR, estudante do CPG em Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

*** Engenheira Agrônoma, estudante do CPG em Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

INTRODUÇÃO

A introdução de genes redutores da estatura de planta permitiu grandes avanços quanto ao rendimento de grãos, pela redução das perdas por acamamento e pelo melhor aproveitamento dos ambientes favoráveis em várias espécies de cereais (2, 3, 8 e 17).

A utilização dos genes para porte baixo em trigo provocaram mudanças favoráveis na fisiologia da planta, muitas delas devido aos efeitos pleiotrópicos destes genes, como a maior fertilidade, o aumento do número de afilhos férteis por planta e a reduzida competição do colmo em relação aos grãos pelos produtos da fotossíntese (14, 15 e 11).

Foram descritos mais de dez genes para a redução da estatura de planta, entretanto nos trigos de primavera, os genes de maior importância e conseqüentemente de maior utilização comercial no mundo são os Rht_1 e Rht_2 provenientes da variedade japonesa "Norin 10" (4, 7 e 8).

Com a introdução maciça de germoplasma desenvolvido pelo CIMMYT, nos programas de melhoramento de trigo no Brasil, é provável que a maioria dos genótipos de baixa estatura aqui cultivados sejam portadores dos genes do "Norin 10".

Em trigo, tem sido observado uma resposta diferencial a aplicação exógena do ácido giberélico nos genótipos do porte baixo e de porte alto, sendo que os genes para redução da estatura da planta, provenientes do "Norin 10" são insensíveis ao ácido giberélico e os genótipos altos são sensíveis, permitindo com isso diferenciar genótipos de baixa estatura no estágio de plântula (1, 5, 6 e 13). Em experimento realizado por O'BRIEN & PUGSLEY (12), plantas F_2 insensíveis ao ácido giberélico, produziram progênies F_3 com rendimento superior às progênies de plantas sensíveis.

Tem sido demonstrado por GALE & YOUSSEFIAN (8), que nem todos os genótipos de trigo portadores de genes de porte baixo revelam a mesma resposta ao ácido giberélico, provavelmente porque diferentes mecanismos genéticos e fisiológicos estão envolvidos na expressão dos diferentes fenótipos de baixa estatura. Para trigos brasileiros não existem informações quanto a resposta dos genótipos de diferentes estatura de planta ao ácido giberélico, embora as fontes de genes de porte baixo possam ser as mesmas utilizadas em outros locais do mundo.

O desenvolvimento de uma técnica de laboratório, não destrutiva, possibilitaria a seleção e introdução de genes para baixa estatura em germoplasma adaptado com economia de tempo e espaço. Este trabalho descreve a resposta de genótipos de trigo de porte alto e de porte baixo no estágio de plântula a aplicação exógena de ácido giberélico.

MATERIAL E MÉTODOS

Os testes foram realizados através de experimento conduzido em condições controladas de casa de vegetação no Setor de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da UFRGS. Os genótipos testados foram em número de oito, sendo de porte baixo Ocepar 11 = Juriti, Ocepar 07 = Baitura, Anhauc, IOC 866 = Vee "S" e de porte alto Jacuí, Lagoa Vermelha, Nobre e S 8020, conforme Tabela 1.

Os níveis de ácido giberélico (AG_3) aplicados foram de 0, 1, 10 e 100ppm e mais uma solução nutritiva composta de 13% (N), 7% (P), 7% (K), 0,4% (S, Cu, Fe, Zn e Mn).

Cada unidade experimental foi composta por sete sementes de cada genótipo, semeadas a 2cm de profundidade em copos plásticos medindo 6cm de altura por 6cm de diâmetro, sendo utilizado a areia lavada como substrato. As unidades experimentais foram colocadas em bandejas plásticas as quais receberam as diferentes concentrações de ácido giberélico. O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas subdivididas com três repetições, tendo na parcela principal as concentrações de ácido giberélico (AG_3) e nas sub-parcelas os diferentes genótipos. As médias foram testadas pelo Teste Tukey a 0,05 tanto para genótipos como para os níveis de ácido giberélico aplicados (STEEL & TORRIE, 16).

A semeadura do experimento foi realizada em 09/07/87 no laboratório, sendo transferido para casa de vegetação após uma semana, já estando as plântulas emergidas. Quando da semeadura foi adicionado 250ml de solução nutritiva em todas as bandejas, com suplementação no dia seguinte de mais 250ml por bandeja.

Os níveis de ácido giberélico mais a solução nutritiva foram aplicadas em quatro oportunidades sendo a primeira oito dias após a semeadura, a segunda quatorze dias, a terceira dezessete dias e a quarta vinte e um dias após a semeadura.

As temperaturas médias registradas na casa de vegetação neste período foram em torno de 25 a 30°C.

A avaliação e coleta dos dados foram realizadas aos 28 dias após a semeadura ou 23 dias após a emergência, sendo avaliados os parâmetros de altura da inserção da primeira - PRI e segunda folha - SEG (cm), o comprimento da bainha da segunda folha - LAM (cm) e a diferença da altura de inserção entre a segunda e primeira folha - DIF (cm), determinadas em todas as plântulas de cada unidade experimental.

Para a análise da variância foram utilizadas as médias de todas as plântulas medidas.

TABELA 1. Genealogia, origem, estatura média (cm) e classificação quanto à estatura entre os genótipos de trigo testados.

Genótipos	Genealogia	Origem	Estatura média (cm)	Classificação quanto à estatura
Ocepar 11 = Juriti	IAC 5/Aldan "S"	Brasil	65	baixo
Ocepar 07 = Baturira	TzPP/AnE/INIA66/3/Cno67/Jar66/Kvz	Brasil	70	baixo
Anhauac	II 12300/LR64/Siete Cerros/3/Norteño M67	México	70	baixo
IOC 866 = Vee "S"	Kvz/Buho "S"/KA1/Bd	Brasil	70	baixo
Jacuí	Colatana 824-51/YT54/Carazinho/3/Toropi	Brasil	135	alto
Lagoa Vermelha	Veranópolis *2/Marroqui/Newthatch	Brasil	145	alto
Nobre	Colatana 824 - 51/Iaktana 54/Colatana 296-52	Brasil	130	alto
S 8020	S45/Kvz	Brasil	130	alto

RESULTADOS

A análise da variância para os caracteres avaliados está na Tabela 2.

Para todos os caracteres estudados os efeitos de concentrações de Ácido Giberélico (AG_3), de genótipos bem como da interação da concentração de AG_3 e genótipos foram significativos.

Estes resultados evidenciaram uma resposta diferencial dos genótipos estudados, quando submetidos as diferentes concentrações do ácido giberélico.

Na ausência do ácido giberélico todos os genótipos, revelaram altura de inserção da primeira a segunda folha similar. Na concentração de 100ppm de ácido giberélico ficou evidenciado dois grupos distintos, os genótipos de porte baixo e os genótipos de porte alto. Os genótipos de porte baixo não responderam a aplicação de ácido giberélico mesmo a 100ppm, enquanto que os genótipos de porte alto revelaram acréscimos significativos na altura da inserção da primeira e segunda folha (Tabelas 3 e 4).

Para o comprimento médio da bainha da segunda folha, a resposta dos diferentes genótipos foi menos evidente que os observados para os outros caracteres (Tabela 5).

Quando o critério de resposta foi a diferença na altura de inserção da segunda e primeira folha, a 100ppm os genótipos foram agrupados em dois grupos distintos os de porte baixo e os de porte alto (Tabela 6). Para os genótipos de porte baixo a diferença na altura de inserção da segunda e primeira folha foi a mesma independente da presença do ácido giberélico.

Para os genótipos de porte alto a diferença de altura da inserção da segunda e primeira folha foi maior com o aumento das concentrações do ácido giberélico (Tabela 6).

Estes resultados demonstram, que os genótipos de reduzida estatura são insensíveis ao ácido giberélico, enquanto que os de porte normal são sensíveis, especialmente nos níveis maiores de ácido giberélico.

Dos critérios utilizados para a avaliação das respostas dos genótipos de diferentes estaturas a aplicação exógena de ácido giberélico, com excessão do comprimento da bainha da segunda folha, os demais foram eficientes na separação dos genótipos de porte baixo e porte alto no estágio de plântula.

O nível de 100ppm de ácido giberélico propiciou a melhor resposta.

TABELA 2. Quadrados médios para a altura de inserção da primeira folha (PRI), da segunda folha (SEG), para o comprimento da bainha da segunda folha (LAM) e para a diferença da altura de inserção da segunda e primeira folha (DIF) em genótipos de trigo de diferentes estaturas, submetidos à aplicação de 0, 1, 10 e 100ppm de ácido giberélico.

Fonte de variação	GL	QM (PRI)	QM (SEG)	QM (LAM)	QM (DIF)
Repetição	2	1,60 N.S.	2,92 N.S.	6,80 N.S.	0,38 N.S.
Ácido giberélico (AG)	3	17,21**	96,81**	115,69**	33,84**
Erro (a)	6	2,52	4,84	47,10	1,06
Genótipos (VAR)	7	14,08**	81,43**	115,39**	28,51**
AG x VAR	21	2,73**	11,95**	26,10**	3,86**
Erro (b)	56	0,58	0,96	7,99	0,64
Total	95				
C.V. (%)		14,37	12,31	14,49	30,03

** 0,01.

TABELA 3. Média da altura de inserção da primeira folha (cm), de 4 genótipos de trigo de porte alto e 4 de porte baixo, submetidos a 0, 1, 10 e 100ppm de ácido giberélico.

Genótipos	Estatura	Níveis de ácido giberélico (ppm)*			
		0	1	10	100
Ocepar 11 = Juriti	baixo	A 4,2 a	A 4,7 a	A 4,6 cd	A 4,9 bc
Ocepar 07 = Baturira	baixo	A 4,3 a	A 4,5 a	A 4,4 cd	A 3,6 c
Anhauac	baixo	A 4,0 a	A 4,5 a	A 3,9 d	A 4,1 c
IOC 866 = Vee "S"	baixo	A 4,1 a	A 4,5 a	A 3,8 d	A 4,8 bc
Jacuí	alto	B 4,7 a	AB 5,6 a	AB 6,3 abcd	A 8,2 a
Lagoa Vermelha	alto	C 4,1 a	ABC 6,1 a	AB 7,0 abc	A 8,6 a
Nobre	alto	C 3,7 a	ABC 5,9 a	AB 7,8 a	A 7,9 a
S 8020	alto	A 4,5 a	A 5,9 a	A 7,5 ab	A 7,4 ab

* Valores seguidos de mesma letra minúscula, na coluna, e de mesma letra maiúscula, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 0,05.

TABELA 4. Média da altura de inserção da segunda folha (cm) de 4 genótipos de trigo de porte alto e 4 de porte baixo, submetidos a 0, 1, 10 e 100ppm de ácido giberélico.

Genótipos	Estatura	Níveis de ácido giberélico (ppm)*			
		0	1	10	100
Ocepar 11 = Juriti	baixo	A 5,7 a	A 6,4 bc	A 7,1 bc	A 6,2 b
Ocepar 07 = Baturira	baixo	A 5,0 a	A 5,4 c	A 5,6 c	A 4,9 b
Anhauac	baixo	A 4,8 a	A 5,6 c	A 5,8 c	A 5,3 b
IOC 866 = Vee "S"	baixo	A 4,7 a	A 5,4 c	A 5,8 c	A 6,0 b
Jacuī	alto	B 6,7 a	B 7,5 abc	AB 10,3 ab	A 13,1 a
Lagoa Vermelha	alto	C 4,4 a	B 10,7 a	AB 13,5 a	A 16,0 a
Nobre	alto	B 5,3 a	AB 8,8 abc	A 13,2 a	A 13,2 a
S 8020	alto	C 6,5 a	BC 9,5 ab	AB 13,2 a	A 13,6 a

* Valores seguidos da mesma letra minúscula, na coluna, e de mesma letra maiúscula, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 0,05.

TABELA 5. Média do comprimento da bainha da segunda folha (cm) de 4 genótipos de trigo de porte alto e 4 de porte baixo, submetidos a 0, 1, 10 e 100ppm de ácido giberélico.

Genótipos	Estatura	Níveis de ácido giberélico (ppm)*			
		0	1	10	100
Ocepar 11 = Juriti	baixo	A 15,8 a	A 17,6 a	A 18,0 bc	A 16,5 bc
Ocepar 07 = Baturai	baixo	A 17,4 a	A 18,2 a	A 18,0 bc	A 13,8 c
Anhauac	baixo	A 16,0 a	A 18,2 a	A 15,9 bc	A 16,9 bc
IOC 866 = Vee "S"	baixo	A 15,7 a	A 16,0 a	A 15,3 c	A 17,2 bc
Jacuí	alto	A 20,4 a	A 20,9 a	A 23,6 abc	A 26,3 ab
Lagoa Vermelha	alto	B 13,7 a	AB 21,8 a	AB 22,5 abc	A 28,1 a
Nobre	alto	B 14,6 a	AB 22,8 a	A 28,3 a	AB 25,5 ab
S 8020	alto	A 17,4 a	A 21,5 a	A 26,1 ab	A 24,5 ab

* Valores seguidos de mesma letra minúscula, na coluna, e de mesma letra maiúscula, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 0,05.

TABELA 6. Média da diferença da altura de inserção entre a segunda e primeira folha (cm) em 4 genótipos de trigo de porte alto e 4 de porte baixo, submetidos a 0, 1, 10 e 100ppm de ácido giberélico.

Genótipos	Estatura	Níveis de ácido giberélico (ppm)*			
		0	1	10	100
Ocepar 11 = Juriti	baixo	A 1,5 a	A 1,7 ab	A 2,5 b	A 1,3 b
Ocepar 07 = Batuíra	baixo	A 0,7 a	A 0,8 b	A 1,1 b	A 1,3 b
Anhauac	baixo	A 0,8 a	A 1,1 b	A 1,9 b	A 1,2 b
IOC 866 = Vee "S"	baixo	A 0,6 a	A 0,9 b	A 2,0 b	A 1,1 b
Jacuí	alto	A 2,0 a	A 2,0 a	A 4,0 ab	A 4,9 a
Lagoa Vermelha	alto	C 0,4 a	AB 4,5 a	AB 6,5 a	A 7,4 a
Nobre	alto	B 1,6 a	AB 2,9 ab	A 5,5 a	A 5,3 a
S 8020	alto	B 2,0 a	AB 3,7 ab	A 5,7 a	A 6,2 a

* Valores seguidos de mesma letra minúscula, na coluna, e de mesma letra maiúscula, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 0,05.

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho revelaram que os genótipos de trigo brasileiros com reduzida estatura, não apresentaram resposta a aplicação exógena de 0, 1, 10 e 100ppm de ácido giberélico (AG_3). Confirmando trabalhos anteriormente conduzidos com outros cereais de inverno (ALLAN et alii, 1; GALE & GREGORY, 5; GALE & YOUSSEFIAN, 8), sugerindo a presença dos genes de "Norin 10" nos trigos brasileiros de reduzida estatura.

A observação da insensibilidade dos genótipos de trigo com reduzida estatura, em contraste com a sensibilidade revelada pelos genótipos de porte alto à aplicação exógena de ácido giberélico, permitiu a seleção de genótipos de porte baixo no estádio de plântula, conforme já utilizado por outros autores em diferentes cereais (ALLAN et alii, 1; GALE & LAW, 6; GALE & GREGORY, 5; HANSON et alii, 9; GALE & YOUSSEFIAN, 8).

Dos quatro critérios de avaliação da resposta ao ácido giberélico utilizados neste trabalho, a altura de inserção da primeira folha e da segunda folha foram eficientes na separação dos genótipos de diferentes estaturas confirmando os resultados obtidos por GALE & GREGORY (5), sendo que a diferença da altura de inserção entre a segunda e primeira folha também demonstrou ser um parâmetro eficiente.

O nível de 100ppm de ácido giberélico foi o que permitiu a melhor separação dos genótipos de diferentes estaturas, sendo superior às concentrações utilizadas em arroz e cevada (HARADA & VERGARA, 10; GALE & GREGORY, 5).

A utilização desta técnica simples poderá aumentar a eficiência dos programas de melhoramento na seleção de genótipos de reduzida estatura com alto rendimento de grãos. A possibilidade de detectar os genótipos de porte baixo no laboratório, permitirá o aumento no tamanho da população levada a campo e a concentração dos trabalhos de seleção em outros caracteres de importância agrônômica.

CONCLUSÕES

Os resultados observados permitem concluir que:

- A aplicação desta técnica em genótipos de diferentes estaturas ou populações segregantes possibilita a identificação segura de genótipos de porte baixo no estádio de plântula.

- O nível de 100ppm de ácido giberélico aplicado exógenamente foi que permitiu a melhor separação dos genótipos de diferentes estaturas.

- Dos critérios utilizados para avaliar a resposta dos diferentes genótipos os mais eficientes foram altura de inserção da segunda folha e a diferença da altura de inserção da segunda e primeira folha.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e a PROPESP pelo auxílio financeiro prestado.

BIBLIOGRAFIA

1. ALLAN, R.E.; VOGEL, O.A. & CRADDOCK, J.C. Comparative responses to gibberellic acid of dwarf, semi-dwarf and standard short and tall winter wheat varieties. *Agronomy Journal*, 51:737-40, 1959.
2. BOROJEVIC, S. Characteristics of some new dwarf and semi-dwarf wheat lines. *Euphytica*, 17(1):143-51, 1968.
3. BRIGGLE, L.W. & VOGEL, O.A. Breeding short-stature, disease resistant wheats in the United States. *Euphytica*, 17(1):107-30, 1968.
4. FICK, G.N. & QUALSET, C.O. Genes for dwarfness in wheat, *Triticum aestivum*. *Genetics*, 75(3):531-9, 1973.
5. GALE, M.D. & GREGORY, R.S. A rapid method for early generation selection of dwarf genotypes in wheat. *Euphytica*, 26:733-8, 1977.
6. GALE, M.D. & LAW, C.N. Norin 10 based semidwarfism. In: Muhammed, A.; Aksel, R. & Birstel, R.C. (eds): *Genetic diversity in plants*. New York: Plenum, 1977. p:133-152.
7. GALE, M.D.; MARSHALL, G.A. & RAO, M.V. A classification of the Norin 10 and Tom Thumb dwarfing genes in British, Mexican, Indian and other hexaploid bread wheat varieties. *Euphytica*, 30: 355-61, 1981.
8. GALE, M.D. & YOUSSEFIAN, S. Dwarfing genes in wheat. In: Russel, G.E. (ed.): *Progress in plant breeding*. London, Butterworths, 1985. p.1-35.
9. HANSON, P.R.; McVITTIE, J.A. & SMALLEY, J.L. Seedling response to exogenous gibberellic acid in spring barley. *Z. Pflanzenzüchtg*, 84:115-25, 1980.
10. HARADA, J. & VERGARA, B.S. Response of different rice varieties to gibberellin. *Crop Science*, 11:373-4, 1971.
11. KULSHERESTHA, V.P. & TSUNODA, S. The role of "Norin 10" dwarfing genes in photosynthetic and respiratory activity of wheat leaves. *Theor. Appl. Genet.*, 60:81-4, 1981.
12. O'BRIEN, L. & PUGSLEY, A.T. F3 yield response to F2 selection for gibberellic acid insensitivity in eight wheat crosses. *Crop Science*, 21:217-9, 1981.
13. PHINNEY, B.O. Growth response of single gene mutants in maize to gibberellic acid. *Proceedings, of the National Academy of Sciences of The United States of America*, 42:185-9, 1956.

-
14. PLARRE, W. Cultivation of wheat and barley in the tropics and subtropics. *Plant Research and Development*, 2:67-79, 1975.
 15. RAWSON, H.M. & EVANS, L.T. The contribution of stem reserves to grain development in a range of wheat cultivars of different height. *Aust. J. Agric. Res.*, 22:851-63, 1971.
 16. STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics*, N.York, McGraw-Hill, 1980. 633p.
 17. VOGEL, O.A.; CRADDOCK Jr., J.C.; MUIR, C.E.; EVERSON, E.H. & RHODE, C.R. Semidwarf growth habit in winter wheat improvement for the Pacific Northwest. *Agronomy Journal*, 48(2):76-8, 1956.