

AVALIAÇÃO SIMULTÂNEA PARA TOLERÂNCIA AO ALUMÍNIO E SENSIBILIDADE AO ÁCIDO GIBERÉLICO EM TRIGO HEXAPLÓIDE¹

ANA LÚCIA CUNHA DORNELLES², FERNANDO IRAJÁ FÉLIX DE CARVALHO³, LUIZ CARLOS FEDERIZZI⁴,
MARIA JANE CRUZ DE MELO SERENO⁵, ADRIANE AMARAL⁶ e ANDRÉA MITTELMANN⁷

RESUMO - Seis genótipos de trigo hexaplóide, de comportamento conhecido em relação a sua reação a toxicidade do alumínio (Al^{3+}) e sensibilidade ao ácido giberélico (GA_3), foram submetidos a testes simultâneos em que foram utilizadas duas concentrações de Al^{3+} (zero e dez ppm) e três momentos de início da administração do GA_3 (sem o uso de GA_3 , a partir do quinto dia de experimento e a partir do oitavo dia de experimento) em um fatorial 2×3 . Os resultados mostraram que estes testes são viáveis, e não foi identificada interação entre os dois fatores testados que afetasse a resposta das plantas. Os genótipos responderam de forma mais adequada ao esperado nos tratamentos com dez ppm com Al^{3+} e com GA_3 a partir do oitavo dia de experimento.

Termos para indexação: recrescimento de raiz, genes Rht, *Triticum aestivum*.

SIMULTANEOUS TEST TO ALUMINUM TOLERANCE AND GIBERELIC ACID SENSIBILITY IN HEXAPLOID WHEAT

ABSTRACT - In nutritive solution, six genotypes of hexaploid wheat, with known behavior in aluminum (Al) tolerance and gibberellic acid (GA_3) sensibility, were tested. Two Al concentrations (zero and ten ppm) and three times of GA_3 introduction (no GA_3 , GA_3 at the fifth day and GA_3 at the eighth day of experiment) were studied in a 2×3 factorial design. The results showed that this kind of simultaneous test is efficient, and that there is no interaction between these two factors. The treatments that best fitted to the waited genotypes behavior were those with ten ppm of Al and GA_3 introduction at the eighth day of experiment.

Index terms: root regrowth, Rht genes, *Triticum aestivum*.

INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial determina um incremento de produção de cereais, seja por maior produtividade de grãos, seja pela expansão das fronteiras agrícolas.

Para aumentar a área cultivada com trigo, por exemplo, os melhoristas podem desenvolver variedades de porte baixo, o qual possibilita o uso de técnicas agronômicas mais avançadas, assim como variedades tolerantes à toxidez do Al do solo, que tornam possível utilizar comercialmente muitas áreas tidas como periféricas.

O Al^{3+} em níveis tóxicos no solo constitui um dos principais problemas dos solos ácidos para muitas culturas. Segundo Fleming & Foy (1968), três aspectos demonstram a tolerância de uma variedade ao Al^{3+} : continuar a divisão celular e o alongamento enquanto estiver sob condições de estresse de Al; modificar o ambiente radicular, diminuindo a concentração de Al^{3+} disponível; manter áreas meristemáticas viáveis das quais novos tecidos possam se desenvolver diminuindo o estresse.

A tolerância ao Al^{3+} é também uma característica rapidamente detectada em testes em casa de vegetação ou laboratório com solução nutritiva.

¹ Aceito para publicação em 20 de maio de 1997.

² Eng^a Agr^a, Dr^a, Prof^a Adjunta, Dep. Horticultura e Silvicultura, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Av. Bento Gonçalves 7712, CEP 91540-000, Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq.

³ Eng. Agr., Dr., Dep. Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre. Bolsista do CNPq.

⁴ Eng. Agr., Dr., Prof. Titular, Dep. Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, UFRGS.

⁵ Eng^a Agr^a, Dr^a, Prof^a Adjunta, Dep. Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, UFRGS.

⁶ Eng^a Agr^a, aluna de mestrado, Dep. de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, UFRGS.

⁷ Eng^a Agr^a, aluna de mestrado, Dep. de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Bolsista do CNPq.

As avaliações de raiz (coloração e ramificação) são mais eficientes que as medidas de parte aérea (Andrade, 1976; Foy, 1976; Lafever et al., 1977).

A estatura é considerada uma característica controlada por genes maiores, conhecidos como Rht, que são chamados genes de nanismo, identificados inicialmente na variedade japonesa Norin 10, introduzida nos Estados Unidos em 1946 (Gale et al., 1981). O nanismo desta variedade se deve a dois genes independentes parcialmente recessivos, que agem aditivamente: o Rht₁ localizado no cromossomo 4A, e o Rht₂ localizado em uma posição homóloga do cromossomo 4D. Um terceiro gene, proveniente da variedade Tom Thumb, o Rht₃ também tem revelado importância e está localizado no cromossomo 4A; é um alelo alternativo do mesmo locus do Rht₁.

Existem evidências de que estes genes Rht possuem ação pleiotrópica de insensibilidade ao ácido giberélico, visto que a recombinação observada entre este caráter e o nanismo é zero (Gale & Gregory, 1977). Esta forte ligação entre estes caracteres permite o reconhecimento de genótipos portadores dos genes Rht, de forma precoce, no estágio de plântula em laboratório, com aplicação exógena de AG₃ (Oliveira, 1989).

O método testado para avaliação da estatura de trigo por Federizzi et al. (1988) indicou a concentração de 100 ppm de AG₃ como aquela que mostrou melhor resposta diferenciada por parte dos genótipos altos e nenhuma resposta por parte dos baixos.

O objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade de uso simultâneo do teste de tolerância ao Al e da sensibilidade ao AG₃, na seleção de plantas de trigo de baixa estatura e tolerantes ao alumínio.

MATERIAL E MÉTODOS

Para esta avaliação foi utilizado o método descrito por Camargo & Oliveira (1981), adaptado para a inclusão da avaliação de estatura com o uso de AG₃. Foram utilizados genótipos de comportamento já conhecido em relação a sua tolerância à toxicidade do Al e sensibilidade ao AG₃, caracterizados na Tabela 1.

As sementes testadas foram previamente desinfestadas, colocadas em placas-de-petri individualizadas, forradas

TABELA 1. Descrição dos genótipos de trigo utilizados. Porto Alegre, UFRGS, 1992/1993.

Genótipo	Genealogia	Classes de estatura	Reação ao AG ₃ ¹	Reação ao Al ²
Alondra	D 6301/ Nai 60// WRM/3/ Cno*2/CW	Baixo	IS	IT
Batuíra (OC-7)	Tzpp*2/ An 64// Inia 66/3/ Cno/Jar// Kvz	Baixo	IS	IT
BH 1146	Fronteira/ Mentana// PG1	Alto	S	T
BR 23	CC/Ald"S"/ 3/LASS4-20 Cop.//CNT 8	Baixo	S	T
Cajeme 71	Cno"S"// Son 64/K1 Rend/3/8156	Baixo	IS	IT
Maringá (IAC-5)	Frontana/ Kenya 58// PG 1	Alto	S	T

¹ IS = insensível; S = sensível.

² IT = intolerante; T = tolerante.

com papel germinador molhado com água destilada, mantidas em temperatura ambiente por doze horas, e colocadas, por três dias, a 5°C; doze horas antes da semeadura foram transferidas para uma temperatura de 25°C a 30°C, para iniciarem a germinação.

A semeadura foi feita sobre uma tela de plástico adaptado à tampa de um pote com solução nutritiva, de modo que as sementes ficassem em contato com a solução. Os potes com solução nutritiva foram colocados em um tanque de banho-maria onde a água era mantida a 25°C com o auxílio de resistências adaptadas ao tanque e ar condicionado.

Foram utilizados dois tipos de solução nutritiva:

a) Solução-base - a concentração desta solução foi: Ca(NO₃)₂ - 4 mM; MgSO₄ - 2 mM; KNO₃ - 4 mM; (NH₄)₂SO₄ - 0,435 mM; KH₂PO₄ - 0,5 mM; MnSO₄ - 2 µM; CuSO₄ - 0,3 µM; ZnSO₄ - 0,8 µM; NaCl - 30 µM; Fe-EDTA - 10 µM; Na₂MoO₄ - 0,10 µM; H₃BO₃ - 10 µM. O pH desta solução foi previamente ajustado para quatro com H₂SO₄ 1N, exceto quando havia AG₃ na solução, pois este produto possui uma ação tamponante que mantém a solução nutritiva em pH sete.

b) Solução-tratamento - sua composição foi basicamente um décimo da solução-base, exceto que nesta solução o P era omitido, para evitar uma possível precipitação do Al^{3+} , e o Fe^{3+} era adicionado em quantidade equivalente à da solução-base na forma de $FeCl_3$ no lugar do $Fe-EDTA$. Nesta solução foram utilizados dois tratamentos de alumínio: com alumínio (10 ppm) e sem alumínio.

Em cada pote foram colocados 20 sementes de cada genótipo, seguindo sempre um mesmo esquema de distribuição definido por sorteio. As sementes foram colocadas inicialmente na solução-base onde permaneceram por 48 horas; logo após, foram transferidas para a solução-tratamento, onde permaneceram por mais 48 horas, retornando então para a solução-base. Neste momento (quinto dia), começou um dos tratamentos com ácido giberélico (QUI), que foram os seguintes: solução-base sem ácido giberélico durante todo o experimento (0 dias); solução-base com ácido giberélico (100 ppm) a partir do quinto dia de experimento, quando as plântulas saíram da solução-tratamento (10 dias); solução-base com ácido giberélico (100 ppm) aplicado no oitavo dia de experimento, quando todas as soluções foram trocadas por novas (sete dias).

O delineamento experimental foi um fatorial três x dois, perfazendo um total de seis tratamentos, que foram distribuídos de forma completamente casualizada entre os potes com duas repetições.

A avaliação foi feita da seguinte forma: no oitavo dia (primeira época de medição), foi efetuada a medição do recrescimento da raiz principal de um quarto das plântulas dos potes sob o tratamento de Al; no décimo quinto dia foram medidas as plântulas restantes: recrescimento de raiz, apenas nos tratamentos com alumínio, tendo em vista que apenas raízes com dano poderiam apresentar recrescimento, comprimento do coleóptilo, altura de inserção da lâmina da primeira folha.

Foi estimada também a diferença entre altura de inserção da lâmina da primeira folha e tamanho do coleóptilo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias das medidas aferidas de recrescimento de raiz (RAIZ), incluídas na Tabela 2, mostraram não haver diferença quanto à resposta dos genótipos à toxicidade do Al^{3+} entre as datas da aferição (8ª ou 15ª dia após a semeadura). Nos genótipos intolerantes, as raízes danificadas não apresentaram recrescimento, tanto nas aferições realizadas no 8ª como no 15ª dia. Entretanto, foi detectada a existência de uma influência do AG_3 sobre o recrescimento das raízes. A presença do AG_3 reduziu o

TABELA 2. Recrescimento de raízes, em cm, dos seis genótipos avaliados no 8ª (1ª época) e 15ª dia (2ª época) após a semeadura, em três tratamentos com AG_3 (médias de vinte plântulas). Porto Alegre, UFRGS, 1992/1993.

Genótipo	Ácido giberélico ¹					
	Sem		Aplicado no 8ª dia		Aplicado no 5ª dia	
	1ª época	2ª época	1ª época	2ª época	1ª época	2ª época
BH 1146	3,3a	9,9a	3,7a	5,5a	1,9a	4,7a
Maringá	3,5a	7,9b	3,5a	5,7a	1,5a	4,3a
BR 23	2,0b	3,1c	2,0b	2,1b	0,6b	2,3b
Cajeme 71	0,4c	0,5d	0,5c	0,4c	0,1c	0,1c
Batuíra	0,3c	0,2d	0,1c	0,1c	0,1c	0,1c
Alondra	0,1c	0,1d	0,1c	0,1c	0,1c	0,1c

¹ Valores seguidos de mesma letra no sentido vertical não diferem significativamente a 0,5% de probabilidade.

recrescimento das raízes, sem afetar o comportamento relativo dos genótipos em relação ao Al^{3+} em concentração tóxica. Em todos os tratamentos e nas duas épocas de medição do recrescimento das raízes ficou evidente que os genótipos BH e MAR são tolerantes, o BR é moderadamente tolerante e o CAJ, BAT e ALD são intolerantes ao alumínio.

As medidas de parte aérea, altura de inserção da lâmina da primeira folha e diferença entre altura de inserção da lâmina da primeira folha e comprimento de coleóptilo (DIF), que estão incluídas nas Tabelas 3 e 4, foram variáveis adequadas para detectar genótipos sensíveis e insensíveis ao AG_3 , visto que o tratamento com Al^{3+} não interferiu na ação do AG_3 sobre o crescimento das plântulas.

Os tratamentos realizados a partir do quinto e do oitavo dia após a semeadura permitiram uma maior diferenciação entre classes, sendo que o período de maior exposição foi o que determinou a maior intensidade de diferença entre as classes de estatura de plântulas. As classes de estatura em que foram agrupados os genótipos foram: altos (MAR e BH), médios (BR e ALD) e baixos (CAJ e BAT).

A introdução do AG_3 somente no 8ª dia após a semeadura para contornar a influência desta substância sobre a resposta de raízes após a retirada do Al^{3+} , e a realização de todas as medições no 15ª dia de experimento, torna viável a avaliação simultânea de plantas quanto à tolerância ao Al^{3+} e à sensibilidade ao AG_3 (Tabelas 2, 3 e 4).

TABELA 3. Altura de inserção da lâmina da primeira folha em cm dos seis genótipos submetidos a três períodos diferentes de exposição ao ácido giberélico e a presença ou ausência do alumínio. Porto Alegre, UFRGS, 1992/1993¹.

Genótipo	Com Al ³⁺			Sem Al ³⁺		
	Ácido giberélico			Ácido giberélico		
	0 dias	7 dias	10 dias	0 dias	7 dias	10 dias
Maringá	8,7a	10,1a	11,5a	8,2a	9,2a	11,2a
BH 1146	7,4b	8,0b	8,9b	6,9b	7,2b	8,0b
BR 23	5,6c	5,6c	5,0c	5,3c	5,3c	4,9c
Alondra	4,7d	5,2d	4,8c	5,1c	5,3c	4,4d
Cajeme 71	3,9e	3,8e	3,6d	4,0d	4,2d	3,9e
Batufra	3,8e	3,7e	3,7d	4,0d	3,9e	3,7e

¹ Valores seguidos de mesma letra no sentido vertical não diferem significativamente a 0,5% de probabilidade.

TABELA 4. Diferença entre altura de inserção da lâmina da primeira folha e comprimento de coleóptilo em cm, de seis genótipos submetidos a três períodos de exposição ao ácido giberélico e a presença e ausência do alumínio. Médias de vinte plântulas. Porto Alegre, UFRGS, 1992/1993¹.

Genótipo	Com Al ³⁺			Sem Al ³⁺		
	Ácido giberélico			Ácido giberélico		
	0 dias	7 dias	10 dias	0 dias	7 dias	10 dias
Maringá	5,1a	6,6a	8,0a	4,7a	5,6a	7,6a
BH 1146	4,6b	5,0b	6,1b	3,9b	4,3b	5,2b
BR 23	2,7c	2,7c	2,2c	2,4c	2,3c	2,0c
Alondra	2,2d	2,5c	2,2c	2,4c	2,5c	1,9c
Cajeme 71	1,5e	1,5d	1,2e	1,6d	1,7d	1,4d
Batufra	1,7e	1,4d	1,6d	1,8d	1,6d	1,4d

¹ Valores seguidos de mesma letra no sentido vertical não diferem significativamente a 0,5% de probabilidade.

CONCLUSÃO

A avaliação simultânea da tolerância ao Al³⁺ e da sensibilidade ao AG₃ em soluções nutritivas, em tratamentos consecutivos de Al³⁺ e AG₃ é uma técnica viável na seleção de plantas de baixa estatura e tolerantes ao alumínio.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J.M.V. Identificação e seleção, em casa de vegetação, de genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) tolerantes ao alumínio e ao manganês com modificações das características químicas do solo. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1976. 100p. Dissertação de Mestrado.
- CAMARGO, C.E. de O.; OLIVEIRA, O.F. de. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva e no solo. *Bragantia*, Campinas, v.40, p.21-31, 1981.
- FEDERIZZI, L.C.; CARVALHO, F.I.F. de; OLIVEIRA, M.A.R. de; MILACH, S. Avaliação da resposta de genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) de diferentes estaturas à aplicação de ácido giberélico no estádio de plântula. *Revista do Centro Ciências Rurais*, Santa Maria, v.18, n.2, p.149-161, 1988.
- FLEMING, A.L.; FOY, C.D. Root structure reflects differential aluminum tolerance in wheat varieties. *Agronomy Journal*, Madison, v.60, p.172-176, 1968.
- FOY, C.D. General principals involved in screening plants for aluminum and manganese tolerance. In: WRIGHT, M.J.; FERRARI, A.S. (Eds.). *Proceedings of workshop on plant adaptation to mineral stress in problem soils*. Beltsville: Cornell Univ. Press, 1976. p.255-267.
- GALE, M.D.; GREGORY, R.S. A rapid method for early generation selection of dwarf genotypes in wheat. *Euphytica*, Wageningen, v.26, p.733-738, 1977.
- 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*, Wageningen, v.30, p.355-361, 1981.
- LAFAEVER, H.M.; CAMPBELL, L.G.; FOY, C.D. Differential response of wheat cultivars to Al. *Agronomy Journal*, Madison, v.69, p.563-568, 1977.
- OLIVEIRA, M.A.R. de. Genética da insensibilidade ao ácido giberélico em trigo (*Triticum aestivum* L.). Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1989. 85p. Dissertação de Mestrado.