

TRIGOS DI-HAPLÓIDES COM POTENCIAL PARA TOLERÂNCIA A TOXICIDADE AO ALUMÍNIO E A SENSIBILIDADE AO ÁCIDO GIBERÉLICO EM CULTIVO HIDROPÔNICO

DIHAPLOID WHEATS WITH POTENTIAL FOR TOLERANCE TO ALLUMINUM TOXICITY AND GIBERELIC ACID SENSITIVITY IN HYDROPONIC CULTURE

SILVA, José A.G. da¹; CARVALHO, Fernando I. F. de²; OLIVEIRA, Antonio C².; SILVA, Simone A³.; MARCHIORO, Volmir S.⁴; LORENCETTI, Claudir⁴; BENIN, Giovani⁴; SCHMIDT, Douglas M⁵.; HARTWIG, Irineu⁵

RESUMO

A reduzida pressão de seleção em caracteres quantitativos é de difícil execução e de baixa eficiência em populações altamente segregantes; entretanto, técnicas como di-haploidização e o cultivo hidropônico poderão facilitar a ação do melhorista no início de seus trabalhos com populações altamente segregantes. Dezenove trigos di-haplóides na geração F_1 foram testados para a obtenção de linhagens homocigotas tolerantes ao Al^{3+} e insensíveis ao AG_3 . Os testes evidenciaram uma variabilidade entre linhas e permitiram a identificação de constituições genéticas de diferentes estaturas e distintos níveis de tolerância ao Al^{3+} . Os caracteres aferidos evidenciaram uma alta correlação principalmente entre estatura de plântula, inserção da primeira folha, comprimento da primeira folha, comprimento da segunda folha e estatura a campo. A técnica proposta parece ser adequada para reduzir os efeitos de alta pressão de seleção.

Palavras-chave: cruzamento intergenérico, comprimento de raiz.

INTRODUÇÃO

As técnicas convencionais empregadas no melhoramento genético de plantas têm revelado dificuldades, principalmente, na identificação de variabilidade genética em gerações altamente segregantes como a F_2 , o que impede de intensificar a pressão de seleção artificial por induzir a erros determinados por fatores como alta frequência de heterocigotos, ação gênica (efeitos não aditivos) e pela participação intensa do ambiente na manifestação fenotípica.

Comparando uma população F_2 altamente segregante com uma obtida por haploidização, teremos frequências gênicas iguais, porém, com frequências genotípicas distintas que além de favorecer a seleção de constituições genéticas entre linhas, a haploidização permite a eliminação dos efeitos

de dominância e epistasia, em função da inexistência de heterocigose.

Dentre as técnicas para a obtenção de plantas haplóides, a cultura de anteras (via androgênese) e a eliminação somática (ginogênese) são as mais empregadas na obtenção de plantas di-haplóides de trigo. Entretanto, no cruzamento intergenérico entre trigo x milho com posterior eliminação dos cromossomos paternos, há uma menor participação do genótipo da planta doadora, redução dos fatores fisiológicos e dos efeitos de ambiente, em comparação com a utilização da cultura de anteras (SUENAGA & NAKAJIMA, 1989).

O alumínio (Al^{3+}), em concentrações excessivas na solução do solo, causa alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas nas plantas de muitas espécies, cujos efeitos variam de forma drástica entre genótipos diferentes.

O efeito primário da toxicidade do Al^{3+} em trigo, segundo KERRIDGE et al. (1971) é a paralisação do crescimento da raiz devido a uma inibição da elongação das células, apresentando a região meristemática engrossada e de coloração mais escura, que segundo FOY et al. (1978), são ineficientes na absorção de nutrientes e água.

Uma técnica eficaz para avaliar a tolerância a toxicidade ao Al^{3+} é o emprego da cultura hidropônica utilizando soluções nutritivas em laboratório através da medida do recrescimento da raiz após o tratamento com Al^{3+} na solução (CAMARGO & OLIVEIRA, 1981; DORNELLES, 1994; SILVA, 2002).

A identificação de genótipos portadores de genes de baixa estatura pode ser efetuada através da avaliação da sensibilidade ao ácido giberélico (AG_3), devido a sua associação com o caráter estatura de planta (ALLAN et al., 1959) pela aplicação exógena de AG_3 em solução nutritiva.

Para SILVA (2002) os caracteres estatura de plântula, comprimento do ponto de inserção da primeira e segunda folha, diferença entre a inserção da primeira e segunda folha, comprimento da segunda folha, área foliar e área radicular

¹ Eng. Agr., estudante do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitomelhoramento) em nível de mestrado, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

² Eng. Agr., (Ph.D), prof. do Depto de Fitotecnia (Fitomelhoramento) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel).

³ Eng. Agr., (Dr), professor colaborador, bolsista Recém-Doutor da FAPERGS, Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel).

⁴ Eng. Agr., estudante do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitomelhoramento) em nível de doutorado da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel).

⁵ Estudante do curso de Graduação em Agronomia. Bolsista de iniciação científica da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel).

(Recebido para Publicação em 09/04/2003, Aprovado em 12/01/2004)

representa adequado parâmetro como critério de avaliação da sensibilidade ao ácido giberélico em cultivo hidropônico.

Segundo DORNELLES et al., (1997) a utilização de hidroponia para tolerância ao Al^{3+} tóxico simultaneamente com aplicação da técnica para avaliação da sensibilidade ao AG_3 , demonstrou ser uma estratégia viável na seleção de plantas de estatura baixa e tolerantes ao Al^{3+} .

O emprego da solução nutritiva permite imediata observação dos efeitos do Al^{3+} pela inibição do crescimento da raiz e pela ação do AG_3 no crescimento da parte aérea, evitando os inconvenientes do uso de solo onde a intensidade de seleção não pode ser quantitativamente controlada.

A di-haploidização juntamente com o cultivo hidropônico pode favorecer a seleção visto que, a variabilidade genética ocorre entre linhas e não entre indivíduos da mesma linha, permitindo selecionar um caráter sem prejuízo da eficiência na identificação de genótipos superiores. Além disso, esta pressão de seleção entre linhas é feita em alta frequência de homozigotos, inviabilizando os efeitos indesejáveis da ação genética (dominância e epistasia).

Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo analisar a resposta de 19 linhagens de trigo obtido pela di-haploidização quanto a tolerância ao Al^{3+} e sensibilidade ao AG_3 em cultivo hidropônico como uma estratégia de identificar plantas com tolerância ao alumínio e de baixa estatura.

MATERIAL E MÉTODOS

No ano de 2000 foram obtidas 19 linhagens de trigo di-haplóides originárias da EMBRAPA-CNPT, provenientes de genitores EMBRAPA 16 e linhagem TB 462, para formar a população F_1 . As linhagens di-haplóides foram obtidas a partir de cruzamento intergenérico de trigo (F_1) com milho para posterior resgate de embriões, formação de plantas haplóides, duplicação de cromossomos e colheita das espigas formadas.

Em 2001 as linhagens foram conduzidas em condições de campo no Centro Agropecuário da Palma localizado no município de Capão do Leão. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com três repetições, num espaçamento de 0,40 m entre fileiras de plantas com dois metros de comprimento e 0,20 m entre plantas dentro da fileira, com uma densidade de 10 plantas por fileira.

Para o caráter estatura de planta, foi aferido com aproximadamente 21 dias após a antese, computada pelo comprimento do colmo em centímetros, da superfície do solo até o ápice da inflorescência, excluindo as aristas.

A avaliação das linhagens di-haplóides quanto a toxicidade ao Al^{3+} foi conduzida no laboratório de Di-haplóides e Hidroponia pertencente ao Centro de Genômica e Fitomelhoramento da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – Universidade Federal de Pelotas, utilizando a técnica descrita por CAMARGO & OLIVEIRA (1981) e adaptado por DORNELLES et al. (1997), incluindo a avaliação simultânea da estatura de planta com o uso do ácido giberélico.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com três repetições e para a avaliação das 19 linhagens di-haplóides, foram adicionados ao experimento padrões tolerante (T), intermediário (I) e sensível (S) ao Al^{3+} e de estatura alta (≥ 130 cm), intermediária (100 a 120 cm) e baixa (< 100 cm), caracteres existentes nos genótipos BR 35 (T/I); CEP 24 (I/A); ANAHUAC (S/B) e SONORA 64 (S/B).

As sementes das 19 linhagens di-haplóides e das quatro cultivares de trigo foram desinfestadas com hipoclorito de sódio (20% do produto comercial e 80% H_2O) por cinco

minutos e lavadas com água destilada para retirar o excesso do produto desinfestante. Após, foram colocadas em Gerbox e levadas a BOD, com temperatura de 20°C e com iluminação permanente, por 48 horas.

As sementes germinadas com aproximadamente 2 mm de raiz foram transportadas para uma tela plástica adaptada à tampa de um recipiente (balde) de 5,5 litros contendo solução nutritiva (FIGURA 1A). Os baldes foram levados a um tanque de metal para que ficassem em banho maria a temperatura de 25°C e iluminação permanente (FIGURA 1B) e ligados a um sistema de aeração para fornecer oxigênio as raízes. Ao completar 48 horas em solução nutritiva as tampas com as plântulas foram transferidas para solução nutritiva e Al^{3+} na concentração de 10 ppm, permanecendo por 48 horas e retornando as soluções nutritivas normal, ficando por mais 72 horas.

A avaliação dos caracteres para tolerância ao Al^{3+} tóxico foi feita pela medição do recrescimento da raiz (REC) com o auxílio de uma régua graduada, a partir do ponto de dano causado pela toxicidade do Al^{3+} na raiz principal (FIGURA 1C).

Os caracteres indicativos da sensibilidade ao AG_3 foram aferido com o auxílio de uma régua e os resultados expressos em cm quanto a inserção da 1ª folha (IPF), tomada a partir da base do colmo até a altura do encontro de emersão da 1ª folha; comprimento da 1ª folha (CPF) e 2ª folha (CSF) e estatura de plântula (EPL), medido da base até o ápice (FIGURA 1D).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, comparação de médias pelo teste de SCOTT & KNOTT (1974) e estimado as correlações fenotípicas de PEARSON, através do método proposto por STEEL & TORRIE, (1980).

RESULTADO E DISCUSSÃO

O resultado da análise de variância para os diferentes caracteres testados tanto em laboratório como a campo, estão incluídas na TABELA 1, onde revela significância para todos os caracteres, evidenciando que as 19 linhagens di-haplóides manifestam diferenças significativas a 1% de probabilidade de erro.

Os resultados do teste de médias para os caracteres avaliados nas 19 linhagens di-haplóides estão inseridas na TABELA 2, incluindo as cultivares padrão com seus respectivos caracteres quanto a tolerância ao Al^{3+} e sensibilidade ao AG_3 .

Os resultados apresentados na TABELA 2 indicam a presença de variabilidade genética entre as linhagens de trigo di-haplóides nas concentrações de 100 ppm de AG_3 e 10 ppm de Al^{3+} evidenciando o ponto crítico para reconhecimento de plantas com diferentes estaturas e grau de tolerância ao alumínio trocável, confirmando os resultados obtidos por DORNELLES et al. (1997), utilizando a metodologia de uso simultâneo de Al^{3+} e AG_3 , permitindo caracterizar os genótipos quanto a tolerância ao efeito tóxico do Al^{3+} e o grau de insensibilidade ao AG_3 .

O caráter recrescimento de raiz apresentou cinco classes distintas, caracterizando as cultivares padrão tolerantes BR 35 e CEP 24 na classe (b), diferentemente para Anahuac e Sonora 64, que revelaram valores reduzidos de recrescimento (e); contudo, as linhagens DH 6 e DH 7 manifestaram o melhor desempenho, superando as cultivares padrão tolerantes.



Figura 1 - (A)- Tampa adaptada a um recipiente com solução nutritiva onde se desenvolve as plântulas de trigo; (B)- Tanque de metal com sistema de aeração, temperatura e iluminação permanente; (C)- Ponto de dano causado pela toxicidade do Al; (D)- Avaliação dos caracteres indicativos da sensibilidade ao ácido giberélico com o auxílio de uma régua. FAEM/UFPel, 2002.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para os caracteres recrescimento (REC), estatura de plântula (EPL), inserção da primeira folha (IPF), comprimento da primeira folha (CPF), comprimento da segunda folha (CSF) e estatura de planta a campo (EST) para as 19 linhagens de trigo di-haplóides, FAEM/UFPel, 2002.

Fonte Variação	GL	QM L					QM C
		REC (mm)	EPL (cm)	IPF (cm)	CPF (cm)	CSF (cm)	QM C EST (cm)
Bloco	2	4,86	4,62	0,25	0,88	12,49	12,28
Linhagens DH	18	218,74**	81,58**	3,38**	6,77**	62,60**	856,5**
Resíduo	36	7,82	3,52	0,23	0,83	3,36	16,91
CV (%)	-	8,98	9,98	13,59	11,20	12,14	5,00
Média	-	31,12	18,80	3,58	8,17	15,10	82,19
Dispersão	-	53,20	29,22	5,75	13,0	24,71	110
		13,30	8,31	1,8	4,73	6,43	40

** Significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F; DH – Di-haplóide
 QM L – Quadrado médio do experimento em laboratório.
 QM C – Quadrado médio do experimento a campo.

Na análise de estatura de plântula medido em laboratório e estatura de planta medida a campo, pode ser percebido que a linhagem DH 6 apresentou estatura de plântula reduzida (8,89 cm) e DH 7 (17,08 cm) e quando comparadas a campo pela aferição da estatura das respectivas linhagens, apresentaram valores médios de 45 e 83,33 cm, permitindo desta forma, a realização de seleção de genótipos superiores tolerantes ao Al³⁺ com classes

fenotípicas distintas quanto a estatura de planta de porte baixo e intermediário em laboratório.

As linhagens DH 13 e DH 10 foram as que apresentaram os valores mais reduzidos de recrescimento de raiz quando comparadas com as demais linhagens di-haplóides, expressando a classe de médias (e) com elevado comprimento para o caráter estatura de plântula e valores de

103 e 83 cm respectivamente, para o caráter estatura de planta aferida a campo.

As linhagens de trigo di-haplóides avaliadas a campo proveniente de plantas F₁ do cruzamento entre EMBRAPA 16 (porte alto) com TB 462 (porte baixo), apresentaram contrastes quanto a estatura, em que plantas de porte baixo variaram de 40 a 50 cm e as de porte alto chegaram a apresentar valores superiores a 100 cm. Entretanto, grande parte das linhagens formadas ficou situada na classe (b) de 83

à 91,66 cm, determinada pela baixa variabilidade obtida para o caráter da população segregante. Portanto, uma das críticas ao uso de di-haplóides, obtidos a partir de plantas F₁, está justamente relacionado ao limitado número de oportunidades para que estreitas ligações gênicas sejam quebradas produzindo recombinações (*crossing over*), considerando que as autofecundações proporcionam grande frequência de quebras de ligação o que permite o aumento da variabilidade.

Tabela 2 - Média dos caracteres recrescimento de raiz (REC), estatura de plântula (EPL), inserção da 1^o folha (IPF), comprimento da 1^o folha (CPF), comprimento da 2^o folha (CSF) e estatura de planta a campo (EST); nas linhagens de trigo di-haplóides incluindo as cultivares padrão tolerantes e sensíveis ao Al³⁺ e AG₃, FAEM/UFPEL, 2002.

GENÓTIPOS	REC (mm)	EPL (cm)	IPF (cm)	CPF (cm)	CSF (cm)	EST (cm)
DH 6	48,66 a	8,89 f	2,50 d	6,42 d	6,69 d	45 d
DH 7	44,96 a	17,08 c	3,07 c	7,91 c	14,21 c	83,33 b
BR 35	38,01 b	25,23 a	4,22 b	9,37 c	21,58 a	-
DH 18	36,80 b	24,79 a	4,64 b	8,20 c	21,82 a	88,33 b
DH 19	35,93 b	27,11 a	4,36 b	7,29 d	23,68 a	88,33 b
DH 12	35,86 b	26,56 a	4,61 b	10,37 b	18,44 b	98,33 a
DH 15	35,83 b	18,77 b	2,53 d	7,88 c	14,91 c	86,66 b
DH 11	35,46 b	15,48 c	3,03 c	6,94 d	12,43 c	88,33 b
CEP 24	35,20 b	20,03 b	4,93 a	12,08 a	14,74 c	-
DH 16	35,13 b	18,07 c	4,27 b	8,10 c	13,60 c	88,33 b
DH 17	33,93 b	17,14 c	2,78 c	8,37 c	14,36 c	88,33 b
DH 3	33,43 b	27,79 a	5,12 a	11,91 a	22,27 a	86,66 b
DH 8	31,56 c	17,21 c	2,31 d	6,66 d	14,56 c	91,66 b
DH 9	29,10 c	16,26 c	2,29 d	5,29 d	13,82 c	95 a
DH 2	26,13 d	15,93 c	3,06 c	8,41 c	12,87 c	73,33 c
DH 14	24,90 d	21,13 b	4,31 b	9,90 b	17,15 c	86,66 b
DH 1	23,70 d	11,02 e	2,55 d	7,97 c	7,47 d	48,33 d
DH 4	23,46 d	12,85 d	2,78 c	7,17 d	9,61 d	46,66 d
DH 5	23,26 d	19,51 b	3,52 c	9,22 c	15,33 c	86,66 b
DH 13	17,60 e	21,45 b	5,49 a	8,90 c	18,75 b	103,3 a
DH 10	15,66 e	20,21 b	4,91 a	8,25 c	14,96 c	83,33 b
ANAHUAC	1,556 e	6,01 f	1,76 d	2,57 e	4,05 e	-
SONORA 64	1,216 e	8,11 f	1,86 d	3,88 e	6,61 d	-

Média dos genótipos seguido de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade de erro; DH = Di-haplóide, BR 35 (Tolerante ao Al³⁺ e estatura intermediária), CEP 24 (intermediário a reação ao Al³⁺ e estatura alta), ANAHUAC (sensível ao Al³⁺ e estatura baixa) e SONORA 64 (sensível ao Al³⁺ e estatura baixa).

Contudo, grande parte das constituições genéticas avaliadas apresentou potencial para tolerância ao Al³⁺ e reduzida estatura de planta para melhorar a adequação em diferentes ambientes agrícolas. Para CRUZ et al. (2001), estatura demasiadamente baixa ou muito alta pode ser inadequada para cereais como o trigo em determinados ambientes. Planta muito baixa dificulta a colheita de grãos e exprime uma reduzida capacidade competitiva com plantas daninhas e, em contra partida, estatura elevada favorece o acamamento.

Genótipos di-haplóides com sensibilidade ao AG₃ e tolerantes ao Al³⁺ foram utilizados para computar o coeficiente de correlação fenotípica entre diferentes caracteres, objetivando avaliar a magnitude e a direção de influência de um caráter sobre o outro, o que permite determinar o grau de associação entre ambos (TABELA. 3).

O maior grau de associação foi detectado entre a estatura de plântula (EPL) e o comprimento da 2^o folha (CSF), o que permite estabelecer uma hipótese de que EPL pode ser empregada como mecanismo de seleção para a obtenção de plantas de porte reduzido.

Tabela 3 - Coeficiente de correlação fenotípica de Pearson entre os caracteres indicativos de tolerância ao alumínio e sensibilidade ao ácido giberélico, submetidos a 10 ppm de Al³⁺ e 100 ppm de AG₃, FAEM/UFPEL, 2002.

	REC	EPL	IPF	CPF	CSF	EST
REC	1					
EPL	0,15	1				
IPF	0,28	0,77 *	1			
CPF	0,05	0,62 *	0,67 *	1		
CSF	0,22	0,93 *	0,72 *	0,61 *	1	
EST	0,21	0,70 *	0,48 *	0,26	0,71*	1

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t, a n-2 G.L. REC (Recrescimento de raiz), EPL (Estatura de plântula), IPF (Inserção da 1^o folha) CPF (Comprimento da 1^o folha), CSF (Comprimento da 2^o folha), EST (Estatura de planta a campo).

O caráter EPL pode ser utilizado de forma mais fácil e eficaz do que a medida de comprimento da segunda folha na avaliação de genótipos superiores quando avaliados em hidroponia, o que na medição da segunda folha necessita de medições minuciosas. Além disso, a hipótese da possibilidade de diminuir o período de avaliação, sem a necessidade de

formação da segunda folha pode ser confirmada pela boa associação existente entre a inserção da 1^o folha e comprimento da 2^o folha (TABELA 3), apresentando uma correlação significativa de 0,72 e boa associação com o comprimento da primeira folha de 0,61; o que reduziria consideravelmente o tempo do experimento.

Os dados apresentados confirmam com os obtidos por SILVA (2002), que encontrou o grau de associação entre comprimento de 2^o folha e estatura de plântula de 0,96; utilizando a mesma metodologia de avaliação simultânea de Al³⁺ e AG₃ em cultivo hidropônico. Pode ser verificado que tanto o comprimento de 2^o folha como a estatura de plântula apresentaram correlação direta significativa de 0,70 e 0,71; respectivamente, permitindo através do método de hidroponia selecionar genótipos de baixa estatura, aumentando a eficiência de seleção.

A inserção da primeira folha também evidenciou boa associação com a estatura de plântula, entretanto, ainda parece ser mais recomendável o comprimento de plântula pela facilidade de mensuração dos dados. O caráter recrescimento (REC) apresentou baixa associação com os demais caracteres em estudo seguido da correlação de 0,26 obtido da estatura de planta com o comprimento da 1^o folha.

Contudo, o uso dos métodos de cultivo hidropônico associada a ação do AG₃ na aplicação conjunta dos caracteres que apresentaram boa associação como a estatura de plântula, comprimento da 2^o folha e inserção da 1^o folha, pode facilitar a identificação de genótipos de estatura reduzida, além de facilitar a seleção de constituições genéticas de trigo tolerantes ao Al³⁺ tóxico.

CONCLUSÕES

A di-haploidização aliada as técnicas de cultivo hidropônico permitem incrementar a eficiência de seleção em caracteres de importância na identificação de constituições genéticas superiores.

Os genótipos de trigo di-haplóides expressam tolerância e insensibilidade ao Al³⁺ e AG₃, respectivamente sob concentrações de 10 e 100 ppm.

A estatura de plântula, inserção da 1^o folha, comprimento da 2^o folha e estatura de planta, são caracteres que possibilitam a seleção de genótipos com portes distintos considerando que existe uma alta correlação.

ABSTRACT

The reduced selection pressure on quantitative traits is a difficult task to perform and it has low efficiency in highly segregating populations; however, techniques such as dihaploidization and hydroponic cultivation may facilitate breeder's work with highly segregating populations. Nineteen dihaploid wheats in F1 generation were tested in order to obtain homozygous lines tolerant to Al³⁺ and insensitive to AG₃. The tests evidenced variability among lines and made possible the identification of genotypes of different height and different tolerance levels to Al³⁺. The traits showed a high correlation mainly between plantlet stature, first leaf insertion, first leaf length, second leaf length, and field stature. The proposed technique seems to be appropriate to reduce the high selection pressure effects on populations.

Key words: Intergeneric crossing, root regrowth.

REFERÊNCIAS

- ALLAN, R.E.; VOGEL, O.A.; CRADDOCK, J.C. Comparative response to giberelic acid of dwarf, semidwarf, and standart short and tall winter wheat varieties. **Agronomy Journal**, Madison, v. 51, p.737-740, 1959.
- CAMARGO, O.C.E.; OLIVEIRA, O. F. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva e no solo. **Bragantina**, Campinas, v. 40, p.21-23, 1981.
- CANCI, P.C.; CARVALHO, F.I.F. de; BARBOSA NETO, J.F. et al. Diferentes ambientes para a avaliação de sensibilidade ao ácido giberélico em genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.1, p.21-25, 1997.
- CRUZ, P.J.; CARVALHO, F.I.F.; CAETANO, V.R. et al. Caracteres relacionados com a resistência ao acamamento em trigo comum. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.4, p.563-568, 2001.
- DORNELLES, A.L.C. **O uso da cultura de tecidos na geração de variabilidade para tolerância à toxicidade do alumínio e sensibilidade ao ácido giberélico em trigo (*Triticum aestivum* L.)**. Porto Alegre, 1994, 102 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Fitotecnia) Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- DORNELLES, A.L.C.; CARVALHO, F.I.F.; FEDERIZZI, L.C. et al. Avaliação simultânea para tolerância ao alumínio e sensibilidade ao ácido giberélico em trigo hexaplóide. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.9, p. 32-35, 1997.
- FOY, C.D.; FLEMING, A.L. The physiology of plant tolerance to excess available aluminium and manganese in acid soils. In: JUNG, G.A. Crop tolerance to suboptimal land condition. Madison: **The Soil Science Society American**, 1978. p.301 – 338.
- KERRIDGE, P.C.; DAWSON, M.D.; MOORE, D.P. Separation of degrees of aluminium tolerance in wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, p. 586 – 590, 1971.
- SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A Cluster analysis methods for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v.30, p.507-512, 1974.
- SILVA, S.A. **Caráter “Stay-Green” como uma estratégia de rendimento e qualidade de semente de trigo**. Pelotas, 2002, 102 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Fitotecnia) Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. Principle and procedures of statistics: a biometrical approach. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 633p.1980.
- SUENAGA, K.; NAKAJIMA, K. Efficient production production of haploid wheat (*Triticum aestivum* L.) through crosses between Japanese wheat and maize (*Zea mays*). **Plant Cell Reports**, v.8, p.263-266, 1989.