CARACTERIZAÇÃO DA TOLERÂNCIA AO ALUMÍNIO EM LINHAGENS DE TRIGO

Fabieli da Silva Ferraz (PIBIC/CNPq/UEPG), Caroline de Jesus Coelho (Co-orientadora - Bolsista PNPD-CAPES), Rodrigo Rodrigues Matiello (Orientador), e-mail: rrmatiel@uepg.br

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade.

Ciências Agrárias/Melhoramento Genético Vegetal.

Palavras-chave: *Triticum aestivum L.,* crescimento radicular, parâmetros genéticos.

Resumo

Com o objetivo de estimar a tolerância ao alumínio (Al), foram avaliadas 43 linhagens de trigo pertencentes ao Programa de Melhoramento da UEPG, além de duas cultivares comerciais (Quartzo® e Safira®). Os genótipos foram submetidos à solução mínima contendo 4 mg L^{-1} de Al e 40 mg L^{-1} de Ca. O delineamento utilizado foi o de blocos aleatorizados com 3 repetições, sendo avaliadas 12 plântulas de cada genótipo por repetição. A avaliação da tolerância ao Al, foi através da diferença de crescimento radicular na presença e ausência do Al (DIF). Os resultados revelaram elevada variabilidade genética entre os 45 genótipos de trigo para o DIF. As linhagens de trigo L01, L03 e L38 destacaram-se apresentando maior tolerância ao Al, com índices de tolerância relativa ao Al (ITR_{Al}) de 5,0, 4,2 e 4,1, respectivamente. Por outro lado, as linhagens L11, L12, L13, L14, L24 e L25, apresentaram maior sensibilidade ao Al, apresentando $ITR_{Al} < 2,0$. Os parâmetros genéticos indicaram grande contribuição da variância genética, pequeno efeito do componente ambiental e elevada estimativa do coeficiente de herdabilidade no sentido amplo para tolerância ao Al. Assim é possível prever elevado ganho com a seleção artificial para a maior tolerância ao alumínio.

Introdução

No Brasil, estima-se que 68% dos solos destinados à agricultura sejam ácidos (PORTALUPPI et al., 2010). Estes solos caracterizam-se por apresentarem elevados teores de alumínio trocável (Al^{3+}), prejudicando o crescimento das plantas devido à redução do desenvolvimento radicular (CHEN et at., 2012).

O trigo é uma das espécies mais sensíveis ao efeito tóxico do Al. Uma vez que é absorvido pelas raízes, o Al provoca a paralisação do crescimento radicular e bloqueio da divisão celular no ápice da raiz, limitando a absorção de água e nutrientes (OLIVEIRA, 2017). A seleção de genótipos mais adaptados (tolerantes) à acidez e eficientes no uso dos nutrientes disponíveis, é uma alternativa para o cultivo em solos com alta saturação por Al.

Diferentes métodos de seleção têm sido propostos para a avaliação de plantas tolerantes ao Al, a maioria dos trabalhos são conduzidos utilizando metodologias com solução nutritiva (ECHART et al., 2001).

Neste sentido, os objetivos deste estudo foram caracterizar a tolerância ao Al em 43 linhagens de trigo, pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético de Plantas da UEPG, submetidas ao estresse em solução mínima e estimar os parâmetros genéticos relacionados à tolerância neste conjunto de genótipos de trigo.

Materiais e Métodos

Foram avaliadas 43 linhagens de trigo do Programa de Melhoramento Genético da UEPG, além de 2 cultivares comerciais (Quartzo® e Safira®), as quais foram utilizadas como controle experimental. O experimento foi instalado no delineamento de blocos aleatorizados com três repetições.

Após a germinação das sementes, foram selecionadas as plântulas de trigo e mediu-se o comprimento inicial da raiz principal em centímetros (PL – primeira leitura), sendo avaliadas 12 plântulas por repetição. Em seguida, as mesmas foram transferidas para bandejas de poliestireno expandido e colocadas sobre a solução tratamento em tanque de fibra de vidro com capacidade para 280 L. A solução mínima foi composta de 40 mg L^{-1} de Ca ($CaCl_2$) e 4 mg L^{-1} de Al ($AlCl_3.6H_2O$). As raízes permaneceram submersas na solução por 48 h com aeração constante. O pH da solução foi ajustado com pHmetro na faixa de 4,2 a 4,0, utilizando HCl (10%). Após o período de exposição, foi avaliado novamente o comprimento da raiz principal em centímetros (SL - segunda leitura). A diferença entre as variáveis PL e SL (SL - PL) foi denominada como DIF (cm) de acordo com a metodologia proposta por Coelho et al. (2015). Adicionalmente, foi calculado o Índice de Tolerância Relativa ao Al (ITR_{Al}) para cada genótipo de trigo (CAMARGO et al., 1991).

Os parâmetros genéticos foram estimados para a variável DIF através da esperança matemática dos quadrados médios da análise de variância de acordo com Vencovsky e Barriga (1992).

Resultados e Discussão

A análise de variância evidenciou efeito altamente significativo ($p \leq 0,01$) de genótipos de trigo para a diferença de crescimento radicular (DIF), demonstrando a presença de variabilidade genética para tolerância ou sensibilidade ao Al neste germoplasma. O coeficiente de variação foi de baixa magnitude (11,9%), adequado para esse tipo de experimento (Tabela 1).

Tabela 1 – Resumo da análise de variância para o DIF (diferença de crescimento) em função dos genótipos de trigo e distribuição dos genótipos nos grupos estatísticos de Scott-Knott. Ponta Grossa, 2018.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrado Médio – DIF
Blocos	2	0,428
Genótipos	44	0,054**
Resíduo	88	0,009
Média (cm)		0,795
C.V. (%)		11,9

		DIF (cm)	
Grupos Estatísticos		Intervalo	NG
A	Superior [1]	1,13	8
	Inferior [2]	0,92	
B	Superior	0,90	19
	Inferior	0,77	
C	Superior	0,76	12
	Inferior	0,68	
D	Superior	0,62	6
	Inferior	0,49	

**significativo a 1% de probabilidade. NG número de genótipos

A análise das médias do DIF revelou a formação de 4 classes estatisticamente distintas com crescimento radicular variando de 0,49 a 1,13 cm entre os 45 genótipos de trigo. As linhagens do programa de melhoramento da UEPG L1, L2, L3, L17, L31, L35, L36 e L38 evidenciaram a maior tolerância ao Al,

em função do maior crescimento radicular. Por outro lado, as linhagens de trigo L11, L12, L13, L14, L24 e L25, foram as que apresentaram o menor crescimento radicular, sendo mais sensíveis aos efeitos prejudiciais do Al em solução. Os demais genótipos, incluindo as linhagens do programa e as testemunhas comerciais Quartzo® e Safira®, revelaram DIFs médios intermediários (Tabela 1). Da mesma forma, Bertan et al. (2006) estudando 23 genótipos de trigo, por meio de solução nutritiva com alumínio, verificaram diferenças significativas entre os genótipos de trigo e elevada variabilidade genética para a tolerância ao Al.

Visando a caracterização das linhagens de trigo quanto aos níveis de tolerância/sensibilidade ao Al, foi obtido o Índice de Tolerância Relativa ao Alumínio (ITR_{Al}). Uma vez que a linhagem L01 evidenciou crescimento radicular superior aos demais genótipos quando expostos ao Al, assim como a L14 mostrou-se como a mais sensível à ação do elemento, estas linhagens foram utilizadas como controles sensível (L14) e tolerante (L01), para o cálculo do ITR_{Al}, assumindo valores de 1 e 5, respectivamente (Figura 1).

Além da L01, as linhagens L03 e L38 se destacaram com maior tolerância ao Al, apresentando $ITR_{Al} > 4,0$. A maior parte das linhagens de trigo foi classificada com tolerância intermediária ao Al, com índices variando entre 2,1 a 3,9. Em contrapartida, as linhagens L11, L12, L13, L24 e L25 juntamente com o controle L14 apresentaram valores de $ITR_{Al} < 2,0$, sendo consideradas as mais sensíveis ao Al. Camargo et al. (2006) obtiveram resultados semelhantes avaliando a tolerância de 13 genótipos de trigo em solução nutritiva, sendo quatro genótipos com $ITR_{Al} > 4,0$, quatro genótipos com ITR_{Al} de 2,1 a 3,9 e cinco genótipos com $ITR_{Al} < 2,0$, confirmando a sensibilidade do trigo ao Al tóxico.

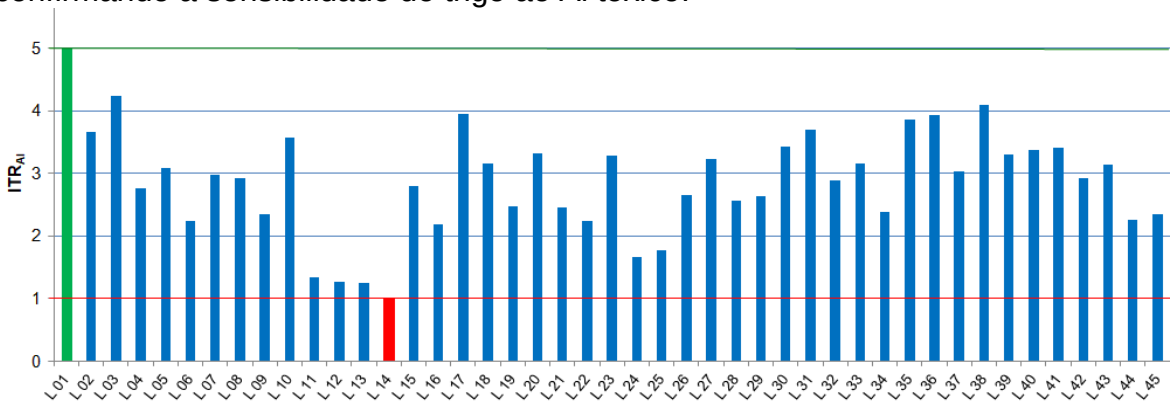


Figura 1 - Índice de tolerância relativa ao Al (ITR_{Al}) para 45 genótipos de trigo. Ponta Grossa, 2018.

Os parâmetros genéticos estimados para o conjunto de 43 linhagens do programa de melhoramento genético da UEPG revelou um predomínio da variância genética ($\hat{\sigma}^2_g$) em relação à variância ambiental ($\hat{\sigma}^2_e$), indicando que a diferença de crescimento radicular (DIF) pode ser utilizável para a discriminação de genótipos tolerantes ao Al (Tabela 2).

A estimativa da herdabilidade no sentido amplo ($\hat{h}^2_a$) foi de 83,7%, indicando facilidade no processo de seleção artificial pela ampla variabilidade genética e pequenos efeitos ambientais associados. A estimativa do coeficiente $\hat{b}$ foi superior a 1, demonstrando situação muito favorável para a seleção de tolerância ao Al neste conjunto de linhagens de trigo. A partir da estimativa dos parâmetros genéticos se observa grande contribuição da variância genética, pequeno efeito do componente ambiental e elevada estimativa do coeficiente de herdabilidade no sentido amplo para a variável analisada.

Tabela 2 – Estimativa dos parâmetros genéticos a partir de um conjunto de 43 linhagens de trigo: variância ambiental ($\hat{\sigma}^2_e$), variância genética ($\hat{\sigma}^2_g$), herdabilidade no sentido amplo ($\hat{h}^2_a$), média geral (Y_0), coeficiente de variação genotípica (CV_g), coeficiente de variação ambiental (CV_e) e coeficiente b, para a variável DIF. Ponta Grossa, 2018.

Parâmetros	DIF
$\hat{\sigma}^2_e$	0,009
$\hat{\sigma}^2_g$	0,015
$\hat{h}^2_a$	0,836
Y_o	0,795
CV_g (%)	15,49
CV_e (%)	11,85
Quociente b	1,30

Conclusões

Os resultados obtidos para a diferença de crescimento radicular (DIF) revelaram elevada variabilidade genética para a tolerância ao Al neste conjunto de genótipos de trigo. O Índice de Tolerância Relativa ao Al (ITR_{Al}) indicou a presença de tolerância ao Al nas linhagens de trigo pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético de Plantas da UEPG, com destaque para as linhagens L01, L03 e L34. As estimativas dos parâmetros genéticos demonstraram grande contribuição da variância genética e pouca interferência do componente ambiental, indicando situação muito favorável para a seleção artificial no sentido de se desenvolver populações de trigo melhoradas com maior tolerância ao Al.

Agradecimentos

A UEPG e ao CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Cientifica PIBIC/CNPq. Aos colegas dos Laboratórios de Genética Molecular e de Melhoramento Genético de Plantas pela ajuda nas avaliações do experimento.

Referências

BERTAN, I.; et al. Dissimilaridade genética entre genótipos de trigo avaliados em cultivo hidropônico sob estresse por alumínio. **Bragantia**, v.65, p.55-63, 2006.

CAMARGO, C.E.O.; FELÍCIO, J.C.; FERREIRA FILHO, A.W.P. Triticale: tolerância ao alumínio em solução nutritiva. **Bragantia**, v.50, p.323-330, 1991

CAMARGO, C.E.O.; FELÍCIO, J.C., FERREIRA FILHO, A.W.P., LOBATO, M.T.V. Tolerância de genótipos de trigo comum, trigo duro e triticale à toxicidade de alumínio em soluções nutritivas. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.1, p.43-53, 2006.

CHEN, R.F. et al. Aluminium-phosphorus interactions in plants growing on acid soils: does phosphorus always alleviate aluminium toxicity?. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.92, p.955-1000, 2012.

COELHO, C.J. **Tolerância ao alumínio em milho tropical: herança genética, mapeamento de QTLs e expressão gênica**. Ponta Grossa: UEPG. 99p. Tese (Doutorado). 2015.

ECHART, C.L.; CAVALLI, S.M. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismos de tolerância e seu controle genético. **Ciência Rural**, v.31, p.531-541, 2010.

OLIVEIRA, E. C. **Caracterização citogenética e mapeamento da tolerância ao alumínio em trigo duro (*Triticum turgidum ssp. durum*).** 2017, 118p. Tese (Doutorado). – Instituto Agronômico, Campinas, 2017.

PORTALUPPI, R. et al. Tolerância de genótipos de cereais de nverno ao alumínio em cultivo hidropônico e em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.1, p.178-185, 2010.