

Passo Fundo, RS
Dezembro, 2011

Autores

Alfredo do Nascimento Junior
Engenheiro Agrônomo, Dr.
Pesquisador da Embrapa
Trigo. Caixa Postal 451, CEP
99.001-970 Passo Fundo, RS.
E-mail:
alfredo@cnpt.embrapa.br

Tolerância de genótipos de centeio e de aveia preta ao crestamento em solo naturalmente ácido



Foto: Alfredo do Nascimento Junior

Problemática e efeitos da acidez do solo e do alumínio tóxico nas plantas

Solos ácidos e o alumínio tóxico limitam o crescimento das plantas em mais de 1,5 bilhão de hectares no mundo, resultando em decréscimo de rendimento de grãos para as culturas (GUIMARÃES, 2005). O alumínio é considerado o principal fator no complexo da acidez do solo. No Brasil, 68% dos solos têm elevada acidez e toxicidade de alumínio (GUIMARÃES, 2005), fatores que dificultam, inclusive, a adaptação dos cereais de inverno em diversas regiões do sul do País.

O crestamento, sintoma visual do estresse para diversos elementos tóxicos em genótipos de cereais de inverno suscetíveis a solos ácidos, caracteriza-se por raízes atrofiadas, folhas amareladas, formação de inflorescências rudimentares, com poucas ou até mesmo sem espiguetas.

A reação da tolerância à toxidez de alumínio pode ser avaliada através de métodos hidropônicos específicos para esse elemento, enquanto que métodos que envolvam o complexo da acidez do solo incluem, potencialmente, outros fatores ligados à acidez. O complexo da acidez do solo tem no alumínio tóxico seu maior componente. Contudo, níveis tóxicos de ferro e de manganês, teores baixos de cálcio e magnésio, baixa disponibilidade de fósforo, menor nitrificação da matéria orgânica entre outros, são também resultantes da acidez dos solos (RAIJ, 1991).

Os problemas resultantes da acidificação do solo podem ser minimizados com calagem, a qual neutraliza os íons H^+ e Al^{3+} deixando o solo com cálcio e magnésio, principalmente, no lugar dos cátions de caráter ácido. Apesar de a calagem reduzir a

acidez do solo, nem sempre é uma opção econômica para produtores e uma eficiente estratégia para reduzir a acidez em sub-superfície.

Opções de cultivo

Centeio e aveia são cereais com grande uso para cobertura de solo e pastejo. Recentemente, o centeio vem tomando espaços ocupados pela aveia preta em função da disponibilização de novas cultivares de excelente potencial para a produção de grãos, forragem e palhada para cobertura de solo.

O conhecimento da reação dos cereais de inverno ao crestamento em solos ácidos é importante para o correto manejo dos cultivos no sistema agrícola. Desse conhecimento poderão ser desenvolvidos, através de cruzamentos específicos, novos genótipos tolerantes ao complexo da acidez do solo e ao alumínio tóxico do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a reação ao crestamento ou acidez nociva do solo em genótipos de centeio e de aveia preta em indicação e em teste para cultivo no sul do Brasil.

Avaliação em campo

Onze genótipos de aveia preta (*Avena* spp.) e quatro de centeio (*Secale cereale* L.) foram avaliados para crestamento, e comparados a duas cultivares referência de trigo (*Triticum aestivum* L.), em solo naturalmente ácido, com pH em água de 4,3 e saturação por bases de 5%, ambos muito baixos, matéria orgânica baixa de 26 g/dm³ e concentração de alumínio alta de 47 mmol/dm³.

Foram realizadas três avaliações visuais por parcela, considerando grupo de plantas, nas fases fenológicas da escala decimal de Zadocks (21, 31 e 85) e da

escala de Feekes (2, 6 e 11.2), correspondentes às fases de afilhamento, alongamento e grãos em estado de massa mole, respectivamente. As avaliações, realizadas mediante uma única observação do grupo de plantas da parcela, foram baseadas no Índice de Suscetibilidade ao Crestamento (ISC), utilizando o seguinte critério: 0,5, altamente tolerante, plantas normais altamente vigorosas (superiores a testemunha tolerante) e com afilhos abundantes; 1, tolerante, plantas normais e vigorosas com afilhos abundantes; 2, moderadamente tolerante, plantas normais, levemente menos vigorosas e com menos afilhos do que o grupo anterior; 3, moderadamente suscetíveis, desenvolvimento das plantas intermediário; 4, suscetíveis, plantas deficientes, sem afilhos; e 5, altamente suscetíveis, plantas mortas ou com desenvolvimento muito deficiente. De acordo com os índices obtidos em cada repetição, foi calculado o índice médio para cada cultivar e posteriormente classificadas como: altamente tolerante (índice de 0,50 a 0,80), tolerante (0,81 a 1,50), moderadamente tolerante (1,51 a 2,50), moderadamente suscetível (2,51 a 3,50), suscetível (3,51 a 4,50) e altamente suscetível (4,51 a 5,00).

As parcelas foram compostas de seis linhas de 3 m de comprimento, espaçadas 0,2 m, em um delineamento em blocos casualizados com três repetições, em um esquema fatorial (17x3), utilizando como padrões as cultivares de trigo Anahuac 75 como testemunha suscetível e IAC 5-Maringá como testemunha tolerante. Os dados foram submetidos à análise de variância e para o teste de médias foi utilizado o teste de Tukey a 1% de significância.

Considerações

Através da análise de variância verificou-se interação altamente significativa entre genótipos e fase fenológica das plantas para avaliação, mesmo com um coeficiente de variação de 21,5% (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância do caráter Índice de Suscetibilidade ao Crestamento (ISC) de genótipos de aveia preta, de centeio e de trigo em solo naturalmente ácido, em avaliações em diferentes fases de desenvolvimento das plantas. Embrapa Trigo, 2011.

Fonte de Variação	G.L. ¹	Q.M. ²	F
Genótipos	16	5,4657	25,7982 ^{**3}
Fase avaliação	2	2,4314	11,4762 ^{**}
Interação (Genótipo x Fase de avaliação)	32	0,4574	2,1590 ^{**}
Tratamentos	50	2,1390	
Blocos	2	0,2402	1,1337 NS
Resíduo	100	0,2119	
Média geral do ensaio (ISC): 2,14			
CV: 21,5%			

¹ GL = graus de liberdade; ² Q.M. = quadrado médio; ³ ^{**} Significativo a 1% de probabilidade; ns = não significativo;

Na primeira avaliação, durante o afilhamento das plantas, Anahuac 75 foi o único material suscetível, não diferindo das aveias pretas Comum, originária de Passo Fundo-RS, Embrapa 139 Neblina, Embrapa 140 Campeira Mor, IPFA 99001 e IPFA 99012, caracterizadas pelo ISC como moderadamente suscetíveis (Tabela 2). O trigo IAC 5-Maringá, apesar do ISC de 2,3 (moderadamente tolerante), diferiu apenas da cultivar de trigo Anahuac 75, evidenciando a qualidade da discriminação do método (Tabela 2).

Durante a alongação das plantas, Anahuac 75 manteve a suscetibilidade, não diferindo da cultivar de trigo IAC 5-Maringá e da aveia preta Comum de Passo Fundo-RS, ambas moderadamente suscetíveis ao crestamento. A discrepância dessa avaliação relativa à caracterização original do IAC 5-Maringá, também observada na terceira avaliação realizada no estádio de grãos de massa mole das plantas, é acentuada quando outras espécies além do trigo estão envolvidas na avaliação, pela elevada acidez do solo, pela baixa saturação por bases no solo e, eventualmente, em condições de déficit hídrico aliado

ao baixo teor de matéria orgânica. Nesse segundo estádio avaliado, o centeio BRS Serrano, altamente tolerante ao crestamento, não diferiu da aveia preta IPFA 99009, do Centeio BR 1, da aveia preta Comum de Vacaria-RS, do centeio IPR 89, das aveias pretas UPFA 21 Moreninha, Agro Zebu e IPFA 99012, tolerantes ao crestamento, e do centeio PFS 0605, das aveias pretas IPFA 99001 e IPFA 99013, moderadamente tolerantes ao crestamento (Tabela 2).

Na terceira avaliação, durante a fase de massa mole dos grãos das plantas avaliadas, Anahuac 75 evidenciou elevada suscetibilidade ao crestamento, diferindo dos demais genótipos. Apenas as aveias pretas Comum de Vacaria-RS e UPFA 21 Moreninha diferiram da cultivar de trigo padrão IAC 5-Maringá, com comportamento de tolerância ao crestamento. Dessas, todos os centeios e as aveias pretas IPFA 99012, IPFA 99001, IPFA 99009 e Agro Zebu, foram estatisticamente semelhantes, porém com ISC que as caracterizaram tolerantes e moderadamente tolerantes (Tabela 2).

Tabela 2. Desempenho de genótipos de aveia preta, de centeio e de trigo em solo naturalmente ácido descrito pelo Índice de Suscetibilidade ao Crestamento (ISC¹) em diferentes fases de desenvolvimento das plantas. Embrapa Trigo, 2011.

Espécie	Genótipo	Fase fenológica das plantas para realização da avaliação do ISC									Média
		Afilhamento			Alongamento			Grão Massa Mole			
		21 / 2 ²			31 / 6			85 / 11.2			
Aveia preta	Comum (origem Vacaria)	1,67	A ³	a	1,17	A	abc	1,00	A	a	1,28
Centeio	BRS Serrano	1,67	B	a	0,67	A	a	1,83	B	abcd	1,39
Aveia preta	IPFA 99009	2,00	B	a	1,00	A	ab	1,67	A B	abc	1,56
Centeio	Centeio BR 1	2,00	A	a	1,17	A	abc	1,50	A	abc	1,56
Aveia preta	UPFA 21 Moreninha	2,33	B	a	1,33	A	abc	1,17	A	ab	1,61
Aveia preta	Agro Zebu	2,00	A	a	1,33	A	abc	1,67	A	abc	1,67
Centeio	IPR 89	1,67	A	a	1,33	A	abc	2,17	A	abcd	1,72
Aveia preta	IPFA 99012	2,67	B	ab	1,50	A	abc	1,50	A	abc	1,89
Centeio	PFS 0605	1,67	A	a	1,67	A	abcd	2,33	A	abcd	1,89
Aveia preta	IPFA 99001	2,67	B	ab	1,67	A	abcd	1,50	A	abc	1,94
Aveia preta	IPFA 99013	2,33	A	a	1,83	A	abcde	2,17	A	abcd	2,11
Aveia preta	Embrapa 139 Neblina	2,67	A	ab	2,17	A	bcde	2,50	A	bcd	2,44
Aveia preta	Comum "Ucrânia"	2,33	A	a	2,50	A	cde	2,67	A	cd	2,50
Aveia preta	Embrapa 140 Campeira Mor	2,67	A	ab	2,50	A	cde	2,50	A	bcd	2,56
Trigo	IAC 5-Maringá (tolerante)	2,33	A	a	3,17	AB	ef	2,67	A	cd	2,72
Aveia preta	Comum (origem Passo Fundo)	3,00	A	ab	3,00	A	def	3,17	A	d	3,06
Trigo	Anahuac 75 (suscetível)	4,00	A	b	4,33	AB	f	5,00	B	e	4,44
Média		2,33			1,90			2,18			

¹ Índice de Suscetibilidade ao Crestamento (ISC) das cultivares, através do seguinte critério: 0,5, altamente tolerante; 1, tolerante, plantas normais e vigorosas com afilhos abundantes; 2, moderadamente tolerante, plantas normais, levemente menos vigorosas e com menos afilhos do que o grupo anterior; 3, moderadamente suscetíveis, desenvolvimento das plantas intermediário; 4, suscetíveis, plantas deficientes, sem afilhos; e 5, altamente suscetíveis, plantas mortas ou com desenvolvimento muito deficiente;

² Correspondente na escala fenológica decimal de Zadocks / Escala Feekes (Zadoks, J.C.; Chang, T.T.; Konzak, F.C. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, vol. 14, pág. 415-421, 1974; Large, E.C. Growth stages in cereals illustration of the Feekes scale. **Plant Pathology**, vol. 3, n. 4, pág. 128-129, 1954.)

³ Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha ou minúscula na coluna não diferem pelo teste de tukey, ao nível de 1% de significância.

De acordo com Kochian et al. (2004) entre os cereais de inverno, o centeio, o triticale, a aveia, o trigo e a cevada apresentam reação ao crestamento que varia de maior tolerância até maior suscetibilidade, respectivamente. Porém, variações são possíveis dentro das espécies, podendo, inclusive, ocorrer transposições interespecíficas, em que genótipos de determinada espécie apresentem desempenho distinto, podendo ser mais ou menos tolerantes que os demais genótipos, igualmente observadas nesse experimento. De maneira semelhante à obtida por Portaluppi et al. (2010), nenhum genótipo de centeio nesse experimento mostrou-se suscetível ou sensível ao crestamento.

Os genótipos de aveia preta IPFA 99001, IPFA 99009, IPFA 99012 e UPFA 21 Moreninha apresentaram menor tolerância ao crestamento na fase de afilhamento das plantas e reagiram positivamente para tolerância com o desenvolvimento do ciclo, sendo que durante a fase de grãos em massa mole, IPFA 99012 e UPFA 21 Moreninha foram tolerantes ao solo ácido enquanto IPFA 99001 e IPFA 99009 moderadamente tolerantes. Por outro lado, a cultivar de trigo Anahuac 75, ao longo do desenvolvimento das plantas, passou de suscetível para altamente suscetível, apresentando, inclusive, plantas mortas na terceira avaliação. Diferentemente, o centeio BRS Serrano foi altamente tolerante no alongamento e moderadamente tolerante no afilhamento e na fase de massa mole do grão. Os demais genótipos não apresentaram interação significativa, com reação ao crestamento semelhante em todas as fases de avaliação.

Avaliando genótipos de triticale, comparando resultados obtidos em solução hidropônica e em solo naturalmente ácido ou ao complexo da acidez do solo, Moraes e Nascimento Junior (2010), observaram que, embora alguns genótipos tenham diferido, não houve alteração significativa na ordem de tolerância dos materiais ao alumínio tóxico e crestamento, sendo que 85% dos genótipos apresentaram resposta semelhante em relação ao crestamento e ao alumínio

tóxico. Essas informações evidenciam que outros fatores, além do alumínio tóxico e da interação desse metal com os genótipos, podem estar associados ao complexo da acidez do solo (CAMARGO; FREITAS, 1981).

Conclusões

Os centeios apresentaram a menor variação ao crestamento sendo, no mínimo, moderadamente tolerantes;

As aveias pretas apresentam respostas variadas, de tolerantes a moderadamente suscetíveis, dependendo do genótipo e da fase de avaliação das plantas;

Há genótipos de aveia e de centeio com tolerância ao crestamento que podem ser indicadas para cultivo em solo com as limitações estudadas neste trabalho;

As avaliações podem ser realizadas, sem prejuízos na avaliação, nas fases de afilhamento e de grãos em massa mole das plantas.

Agradecimentos

O autor agradece à Engenheira Agrônoma Mariane Cezarotto de Moraes, à Bióloga Sílvia Ortiz Chini e ao Acadêmico de Agronomia da UPF Máico Serafíni Betto, ex-estagiários da Embrapa Trigo pelo auxílio na condução dos trabalhos e, ao CNPq, à Fapergs e à Embrapa Trigo pelas bolsas de iniciação científica recebidas.

Referências bibliográficas

CAMARGO, C. E. O.; FREITAS, J. G. Tolerância de cultivares de trigo em diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v. 40, p. 21-31, 1981.

GUIMARÃES, C. T. **Caracterização da variabilidade genética e alélica da tolerância ao alumínio em gramíneas para sua utilização em programas de melhoramento**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 41 p.

KOCHIAN, L. V.; HOEKENGA, O. A.; PIÑEROS, M.A. How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 55, p. 459-493, 2004.

MORAES, M. C.; NASCIMENTO JUNIOR, A. Tolerância à toxidez de alumínio em triticales (X *Triticosecale* Wittmack). In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 4., 2010, Cascavel. **Ata e resumos...** Cascavel: Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale: Coodetec, 2010. 4 p. 1 CD ROM.

PORTALUPPI, R.; BRAMMER, S. P.; MAGALHÃES, J. V.; COSTA, C. T.; CAIERÃO, E., NASCIMENTO JUNIOR, A.; SILVA JUNIOR, J. P. Tolerância de genótipos de cereais de inverno ao alumínio em cultivo hidropônico e em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 1, p. 178-185, jan. 2010.

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres: Potafós, 1991. 343 p.

Circular Técnica Online, 27

Embrapa Trigo
Caixa Postal, 451, CEP 99001-970
Passo Fundo, RS
Fone: (54) 3316-5800
Fax: (54) 3316-5802
E-mail: sac@cnpt.embrapa.br

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



Comitê de Publicações

Presidente: *Sandra Maria Mansur Scagliusi*
Membros: *Anderson Santi, Douglas Lau (vice-presidente), Flávio Martins Santana, Gisele Abigail M. Torres, Joseani Mesquita Antunes, Maria Regina Cunha Martins, Martha Zavariz de Miranda, Renato Serena Fontaneli*

Expediente

Referências bibliográficas: *Maria Regina Cunha Martins*
Editoração eletrônica: *Márcia Barrocas Moreira Pimentel*

NASCIMENTO JUNIOR, A. do. **Tolerância de genótipos de centeio e de aveia preta ao crestamento em solo naturalmente ácido**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. 12 p. html. (Embrapa Trigo. Circular Técnica online, 27). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci27.htm>.