



## Efeito Residual de Agrominerais Sobre a Concentração e Acumulados de Nutrientes K, Ca e Mg na Parte Aérea de Plantas de Aveia Preta (*Avena strigosa*)

**Matheus Farias Grecco<sup>(2)</sup>; Adilson Luís Bamberg<sup>(3)</sup>; Carlos Augusto Posser Silveira<sup>(3)</sup>; Rosane Martinazzo<sup>(3)</sup>; Magda Bergmann<sup>(4)</sup>; Luiz Fernando Spinelli Pinto<sup>(5)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Projeto MCT/CNPq/CT Agronegócio 43/2008 (processo nº 575050/2008-0).

<sup>(2)</sup> Estudante Mestrado; Programa de Pós Graduação de Manejo e Conservação do Solo e da Água – Universidade Federal de Pelotas; Pelotas, RS; matheus.grecco@ufpel.edu.br; <sup>(3)</sup> Pesquisador da Embrapa Clima Temperado; <sup>(4)</sup> Pesquisadora do Serviço Geológico do Brasil; <sup>(5)</sup> Professor Universidade Federal de Pelotas.

**RESUMO:** O Brasil é um grande importador de fertilizantes, por esse motivo rochas e resíduos agroindustriais têm sido testados como potenciais fornecedores de nutrientes às plantas. Este trabalho tem por finalidade avaliar o efeito residual de agrominerais sobre os nutrientes K, Ca e Mg na matéria seca da parte aérea de plantas de aveia preta (*Avena strigosa*). O estudo foi conduzido em casa de vegetação na Embrapa Clima Temperado. Os solos utilizados foram: Argissolo, Neossolo e Planossolo. Os tratamentos: T1 – Sem Calagem + ureia (N); T2 – Calcário de Xisto (CX) + N; T3 – CX + Fosfato Natural Arad - FNA (P) + N; T4 – CX + FNA + Migmatito + N; T5 – CX + FNA + Monzogranito + N; T6 – CX + FNA + Dacito + N; T7 – CX + FNA + Basalto Hidrotermalizado + N; T8 – CX + FNA + torta de tungue; T9 – CX + Superfosfato Triplo + Cloreto de Potássio + N. Os tratamentos foram aplicados no primeiro cultivo, com plantas de milho. O tratamento T6 apresentou a maior produção de matéria seca, e bem como os maiores teores acumulados de Ca e Mg. Entre as litologias avaliadas, a combinação empregada em T6 (Calcário de Xisto + Fosfato Natural Arad + Dacito) destaca-se quanto ao efeito residual para produção de matéria seca e liberação de Ca e Mg no cultivo com aveia preta.

**Termos de indexação:** Fontes alternativas de nutrientes, remineralização de solos, nutrição vegetal

### INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os maiores produtores agrícolas mundiais de grãos e fibras. Para atender a demanda de produção o país consome um grande volume de fertilizantes (Nascimento & Loureiro, 2004). A adubação é necessária visto que os solos do país apresentam condições que exigem intervenção, tais como o caráter ácido, a baixa reserva natural de nutrientes, alta suscetibilidade à lixiviação, além da exportação de nutrientes via colheita de grãos, silagens, pastoreio e outros. De

acordo com ANDA (2015), em 2014 os agricultores consumiram cerca de 32,2 milhões de toneladas de fertilizantes, sendo mais de 74% importados. A grande quantidade de fertilizantes importados acarreta em dependência externa do setor, desfavorecendo a balança comercial brasileira.

O desenvolvimento e a aplicação do conceito de sustentabilidade no manejo de solos agrícolas pressupõe maior eficiência de uso de fertilizantes. Tal incremento pode ser dado pelo uso de fontes de liberação gradual de nutrientes, e isso pode ser por meio de remineralizadores de solo (Lei 12.890/2013) e/ou por resíduos orgânicos agroindustriais (Ramos et al., 2009). De acordo com van Straaten (2007), determinados tipos de rochas contêm quantidades apreciáveis de macronutrientes e micronutrientes. O uso dessas rochas moídas pode promover fornecimento mais eficiente de nutrientes para a solução do solo e reduzir os riscos de poluição dos corpos d'água (Melamed & Gaspar, 2005). Além disso, determinados resíduos agroindustriais, quando adicionados aos solos, além de fornecerem nutrientes podem contribuir para a incorporação de matéria orgânica, melhoria da capacidade de retenção de água e a aeração (Malavolta et al., 1997).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito residual da combinação de litologias (Calcário de Xisto, Fosfato Natural Arad, Migmatito, Monzogranito, Dacito e Basalto Hidrotermalizado) e da torta de tungue sobre a matéria seca e as concentrações e acumulados dos nutrientes K, Ca e Mg da cultura da Aveia Preta (*Avena strigosa*).

### MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Embrapa Clima Temperado, na Estação Experimental Terras Baixas (ETB), município do Capão do Leão - RS, com coordenadas geográficas são 31°49'27"S e 52°26'35"O. O estudo foi conduzido em casa de vegetação, utilizando três tipos de solo: Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico típico – PVAe, coletado



na Fazenda da Palma, município de Capão do Leão, RS; Neossolo Quartzarênico – RQ, coletado na localidade de Domingos Petrolina, no município de Rio Grande, RS e Planossolo Háptico eutrófico arênico – SXe, coletado na Estação Experimental Terras Baixas, no município de Capão do Leão, RS.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições, sendo que cada tipo de solo foi considerado como um bloco. A unidade experimental foi constituída de 1 vaso de volume igual a 10 litros, sendo que cada vaso recebeu seis plantas de aveia preta. O delineamento de tratamento envolveu considerou o fator Tipo de adubação com nove níveis: T1 – Controle - Sem Calagem + nitrogênio via ureia (N); T2 – Calagem (1 SMP via Calcário de Xisto - CX) + N; T3 – Calagem 1 SMP via CX + Fosfato Natural Arad - FNA (33% de  $P_2O_5$ ) + N; T4 – Calagem 1 SMP via CX + FNA + Migmatito (Mig) + N; T5 – Calagem 1 SMP via CX + FNA + Monzogranito (Mgr) + N; T6 – Calagem 1 SMP via CX + FNA + Dacito (Dac) + N; T7 – Calagem 1 SMP via CX + FNA + Basalto Hidrotermalizado (BaH) + N; T8 – Calagem 1 SMP via CX + FNA + torta de tungue (fonte orgânica de K e N); T9 – Testemunha Padrão - Calagem 1 SMP via CX + Superfosfato Triplo (41% de  $P_2O_5$ ) + Cloreto de Potássio (60% de  $K_2O$ ) + N. A fonte de N utilizada em todos os tratamentos foi ureia e a granulometria das rochas (Mgr, Dac e BaH) foi 100% < 0,3 mm enquanto que para Mig foi 100% < 0,105 mm. O CX possui PRNT de 77%, onde 50% do material < 0,105 mm e 50% < 0,3mm.

As doses aplicadas para suprir os macronutrientes N, P e K para o primeiro cultivo com plantas de milho, foram calculadas de acordo com os teores de nutrientes das rochas (**Tabela 1**), a necessidade de cada solo (**Tabela 2**), e uma expectativa de produtividade de grãos de milho de  $10 \text{ t ha}^{-1}$ . As doses de calcário aplicadas foram baseadas no Índice SMP, buscando elevar o pH do solo para 6,0. Decidiu-se suprir apenas parte das necessidades de N das plantas de aveia preta, sendo adicionado 1/3 da dose recomendada de nitrogênio para a cultura na forma de ureia dissolvida em água no início do perfilhamento.

As variáveis mensuradas foram a produção de matéria seca, a concentração e os acumulados de macronutrientes (potássio, cálcio e magnésio), na parte aérea das plantas de aveia preta, realizada segundo Tedesco et al. (1995). A parte aérea das plantas de aveia preta foi coletada quando as plantas estavam em estágio de grão leitoso. Os dados foram avaliados quanto à presença de

valores discrepantes, procedendo-se após a análise da variância e o teste de comparação de médias pelo teste de Duncan (5% probabilidade de erro).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o primeiro cultivo com plantas de milho as fontes Migmatito e Monzogranito apresentam desempenho superior às demais fontes quanto ao fornecimento de K às plantas até os 45 dias. O Calcário de Xisto mostrou-se como uma fonte de Ca e Mg. A torta de tungue apresentou desempenho similar ao encontrado com a adubação com fontes convencionais de nutrientes (Grecco et al. 2014).

Na **tabela 3** são apresentados os dados médios de produção de matéria seca de plantas de aveia preta. Os tratamentos T3 a T9 apresentaram os melhores desempenhos, estando T6 significativamente superior a T1, T2 e T3. Os tratamentos com adubação alternativa completa (T4, T5, T6, T7 e T8) foram estatisticamente semelhantes à adubação com fontes convencionais de nutrientes. O tratamento que recebeu apenas a dose de calcário + N (T2) não apresentou diferença significativa de produção em relação ao solo que não recebeu calagem (T1). A inclusão de FNA incrementou a massa seca de aveia em relação à T1 e T2, mas foi inferior a T6

**Tabela 3** – Dados de produção de matéria seca de seis plantas de aveia preta cultivadas em casa de vegetação e submetidas a diferentes fontes fertilizantes.

Tratamentos	Massa de matéria seca (g)	$\sigma^*$
T1	31,27c	$\pm 0,929$
T2	37,20c	$\pm 4,419$
T3	58,10b	$\pm 8,825$
T4	79,75ab	$\pm 8,379$
T5	66,27ab	$\pm 8,209$
T6	80,93a	$\pm 2,376$
T7	64,80ab	$\pm 6,236$
T8	63,93ab	$\pm 9,313$
T9	72,50ab	$\pm 8,108$
CV(%)	19,24	

\*Desvio padrão

As concentrações médias dos macronutrientes K, Ca e Mg da parte aérea de plantas de aveia preta estão contidos na **tabela 4**. Neste caso, não houve diferença significativa entre tratamentos para K e Mg. Apenas para Ca, T3 foi significativamente superior a T7, provavelmente porque neste tratamento há abundância de Ca (via calagem + FNA) e não há fonte de K, o que pode ter promovido



menor concentração de K na solução do solo, favorecendo maiores extrações de Ca pelas plantas. Cabe ressaltar que o nível de suficiência (15 a 30 g kg<sup>-1</sup>) no tecido foliar das plantas de aveia preta não foi alcançado pelos tratamentos (CQFS-RS/SC, 2004). Possivelmente, a concentração de K para as plantas de aveia preta ter ficado aquém do nível de suficiência deve-se ao cultivo anterior ter sido o do milho. A cultura do milho é conhecida por ser uma grande extratora do nutriente K do solo.

Para os valores médios de K acumulados na parte aérea das plantas de aveia (tabela 5), o tratamento T9 (Testemunha Padrão) apresentou o melhor desempenho. Entre as combinações de litologias testadas, o tratamento T6 (CX + FNA + Dac + N) apresentou os maiores acumulados de Ca e Mg (Tabela 5).

O nível de suficiência dos nutrientes Ca e Mg no tecido foliar foram atingidos por todos os tratamentos. De acordo com o CQFS-RS/SC (2004), os valores de suficiência estão entre 2,5 a 5 g kg<sup>-1</sup> para Ca e entre 1,5 a 5 g kg<sup>-1</sup> para o Mg. Em valores absolutos, o tratamento T3 (CX + FNA + N) apresentou a maior concentração de Ca e Mg (Tabela 4). Os tratamentos que apresentaram as maiores concentrações de Ca e Mg são os que possuem as concentrações de K inferiores. Segundo Malavolta et al. (1997), os nutrientes K, Ca e Mg competem pelo mesmo sítio de absorção. As concentrações elevadas de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> reduzem a absorção do K<sup>+</sup> pelas plantas devido à inibição competitiva pelo mesmo sítio ativo (Faquin, 2005).

**Tabela 4** – Concentrações dos macronutrientes K, Ca e Mg na parte aérea de plantas de aveia preta.

Tr.*	K		Ca		Mg	
	g kg <sup>-1</sup>	σ**	g kg <sup>-1</sup>	σ	g kg <sup>-1</sup>	σ
T1	8,7 <sup>ns</sup>	±0,93	4,34ab	±0,17	3,50 <sup>ns</sup>	±0,44
T2	6,45	±0,50	5,08ab	±0,20	4,49	±0,41
T3	3,9	±0,57	6,6a	±0,65	4,79	±0,66
T4	6,05	±2,13	6,2ab	±0,74	3,26	±0,53
T5	7,68	±1,71	4,03ab	±0,43	2,46	±0,68
T6	5,99	±0,32	5,94ab	±0,18	4,58	±0,53
T7	5,19	±0,36	3,65b	±0,26	3,13a	±0,87
T8	4,99	±0,96	4,12ab	±0,56	3,31a	±0,61
T9	9,42	±1,83	4,8ab	±0,19	4,17a	±0,70
CV(%)	41,39		39,95		34,76	

\*Tratamentos, \*\* Desvio padrão.

**Tabela 5** – Acumulados dos macronutrientes K, Ca e Mg na parte aérea de plantas de aveia preta.

Tr.*	K		Ca		Mg	
	g	σ**	g	σ	g	σ
T1	0,32ab	±0,04	0,14c	±0,01	0,11cd	±0,02
T2	0,23b	±0,02	0,19bc	±0,02	0,17bcd	±0,03
T3	0,35ab	±0,09	0,30bc	±0,07	0,26abc	±0,01
T4	0,34ab	±0,13	0,42ab	±0,09	0,22abcd	±0,05
T5	0,48ab	±0,06	0,37abc	±0,09	0,16bcd	±0,04
T6	0,48ab	±0,02	0,61a	±0,11	0,37a	±0,03
T7	0,34ab	±0,04	0,23bc	±0,01	0,2bcd	±0,06
T8	0,31ab	±0,05	0,26bc	±0,05	0,2bcd	±0,03
T9	0,52a	±0,11	0,37abc	±0,11	0,32ab	±0,08
CV (%)	39,46		46,96		39,69	

\*Tratamentos, \*\* Desvio padrão.

## CONCLUSÕES

Entre as litologias avaliadas, a combinação empregada em T6 (Calcário de Xisto + Fosfato Natural Arad + Dacito) destaca-se quanto ao efeito residual para produção de matéria seca e liberação de nutrientes Ca e Mg no segundo cultivo com aveia preta.

Quando comparadas a adubação convencional, as litologias avaliadas não foram eficientes para suprir as necessidades nutricionais de K num segundo cultivo (efeito residual) com aveia preta.

Em relação a Ca e Mg todos os tratamentos alcançaram o nível de suficiência, destacando-se a combinação que envolveu o Dacito.

## REFERÊNCIAS

ANDA. Principais indicadores do setor de fertilizantes 2015. [www.anda.org.br/estatisticas.aspx](http://www.anda.org.br/estatisticas.aspx). Acesso em 06 abr. 2015

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS-RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/ Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 400p.

FAQUIN, V. Nutrição mineral de plantas. Universidade Federal de Lavras – UFLA:FAEPE-Lavras, MG, 2005.

GRECCO, M. F.; BAMBERG, A. L.; DE LAZZARI, R.; RIBEIRO, P. L.; SILVEIRA, C. A. P.; MARTINAZZO, R. Avaliação de Diferentes Adubações a Base de Agrominerais Sobre a Produção de Matéria Seca e na Concentração de Nutrientes K, Ca e Mg na Parte Aérea de Plantas de Milho (*Zea mays*). X Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo Fatos e Mitos em Ciência do Solo. Pelotas (RS). 2014.



LUCHESE, E.B.; FAVERO, L.O.B.; LENZI, E. Fundamentos da química do solo, teoria e pratica. 2ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002, 182p.

MALAVOLTA, E; VITTI, G. C; OLIVEIRA, S. A. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. In: MALAVOLTA, E; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba, p. 115-230, 1997.

NASCIMENTO, M. & LOUREIRO, F.E.L. Fertilizantes e sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira, fontes e rotas alternativas. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004, 66 p. (Série Estudos e Documentos, 61).

PICCHÉTTI, P.C.; SPINELLI, J.V.; SANTOS F.; CRISTINA, C. Seminário sobre indústrias de fertilizantes inorgânicos. Lins, 2010. 18f. Seminário curso superior de tecnologia em processos químicos. Fundação Paulista de Tecnologia e Educação. UNILINS.

RESENDE, A.V. Rochas brasileiras como fonte de potássio para sistemas agropecuários. Brasília: Embrapa, 2006, 69p. (Projeto de Pesquisa).

TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).

VAN STRAATEN, P. Agrogeology – the use of rocks for crops. Enviroquest, Cambridge, Canada, 2007. 440p.



**Tabela 1.** Composição litoquímica com os teores de óxidos maiores.

Elementos	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	LOI*	Total
CX	14,70	0,14	3,25	3,30	1,34	15,28	23,02	0,53	0,56	0,16	<0,002	37,30	99,63
Mig	70,29	0,49	13,24	4,23	0,07	0,99	2,42	2,87	4,33	0,15	<0,002	1,60	99,87
Mgr	67,45	0,73	12,44	6,02	0,22	0,72	2,22	2,44	4,63	0,22	<0,002	0,70	99,90
Dac	64,00	0,50	14,71	5,82	0,09	2,35	3,35	3,43	3,67	0,21	<0,004	2,40	99,92
BaH	48,26	3,57	12,45	15,40	0,23	4,34	8,42	2,83	1,12	0,57	<0,005	2,70	99,66

\*Loss on Ignition

**Tabela 2.** Doses e fontes de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicados em cada tratamento a partir de diferentes fontes minerais. Fonte: CQFS-RS/SC (2004).

Tipo de solo	Recomendação de adubação e calagem segundo CQFS RS/SC (2004)												
	Rec. de calagem pH 6 (t ha <sup>-1</sup> ) Cálcario dolomítico PRNT 100%	Doses e fontes de N (Kg ha <sup>-1</sup> )		Interpretação, doses e fontes de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )			Interpretação, doses e fontes de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )						
		N	Ureia	Interpretação o no solo	Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fosfato natural de Arad	Interpretação o no solo	Dose de K <sub>2</sub> O	KCl	Mig	Mgr	Dac	BaH
AVa	0,5	170	378	Muito Baixo	215	652	Baixo	130	217	3542	3002	2808	11607
NQ	2	170	378	Baixo	175	530	Baixo	130	217	3542	3002	2808	11607
PHe	0,3	140	378	Alto	135	409	Médio	120	200	3270	2771	2592	10714