

Produção e teor de nutrientes na aveia preta em função da aplicação de escórias de siderurgia em sistema de semeadura direta

(1).

Rafael Pieroni Catojo⁽²⁾; Angélica Cristina Fernandes Deus⁽³⁾; Susiane de Moura Cardoso⁽⁴⁾; Leonardo Theodoro Büll⁽⁵⁾

(1) Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

(2) Aluno de iniciação científica, bolsista FAPESP. Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP. Rua José Barbosa de Barros, 1780, CEP 18.610-307; Botucatu, São Paulo; E-mail: rafaelcatojo@hotmail.com; (3) Doutoranda em Agronomia bolsista FAPESP - Programa de Pós Graduação em Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP; E-mail: angeldeys@yahoo.com.br; (4) Doutoranda em Agronomia bolsista CAPES - Programa de Pós Graduação em Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP; E-mail: susianemoura@yahoo.com.br; (5) Professor Titular, Departamento de Recursos Naturais/Área Ciência do Solo, Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA/UNESP. E-mail: bull@fca.unesp.br.

RESUMO: Escórias de siderurgia têm demonstrado potencial para uso na agricultura, contudo há poucos resultados experimentais a respeito de sua aplicação em sistema de semeadura direta. O experimento foi conduzido a campo e os tratamentos constaram de aplicação, incorporada e superficial, de sete corretivos da acidez do solo: escórias de aciaria, de alto forno, de forno de panela, de aço inox (agrosilício), wollastonita e calcário dolomítico e calcário dolomítico calcinado além de uma testemunha sem aplicação de corretivo. A dose aplicada de cada corretivo foi calculada para elevar a V% a 70. Após 6 meses da aplicação dos corretivos da acidez do solo realizou-se a semeadura da aveia preta. Houve efeito significativo na produtividade de sementes e produção de matéria seca com a aplicação dos corretivos de acidez do solo, no entanto, não se obteve diferença entre o uso de silicatos e calcários, assim como no seu modo de aplicação.

Termos de indexação: acidez do solo, calagem, silicatos.

INTRODUÇÃO

O uso de resíduos da indústria siderúrgica na agricultura, como as escórias de alto forno e aciaria, vem demonstrando que suas aplicações de forma adequada traz benefícios sobre as propriedades químicas do solo, como a elevação do pH, (Alcarde, 1992), aumento da saturação por bases (V%) (Brassoli et al., 2009), aumento da disponibilidade de fósforo (Prado & Fernandes, 2001) além de serem fontes de micronutrientes (Prado et al., 2001), e silício (Souza & Korndörfer, 2010), aspectos que favorecem o aumento da produtividade das culturas (Carvalho-Pupatto et al., 2004).

O Brasil produz anualmente cerca 6,25 milhões de toneladas de escória, todavia, ainda é pequeno o aproveitamento agrícola destes resíduos no Brasil. Em razão da grande quantidade produzida e da falta

de destinação para as escórias, o seu acúmulo tem-se tornado um sério problema ambiental, pela possibilidade de lixiviação de compostos químicos, ocasionada por exposição às chuvas, podendo ocorrer contaminação do lençol freático (Prezotti & Martins, 2012).

Embora estudos tenham demonstrado eficiência desses resíduos na agricultura, ainda se dispõe de poucos resultados experimentais sobre o seu uso em sistema de semeadura direta. Corrêa et al. (2007) constataram que os corretivos silicatados podem ser aplicados sobre a superfície do solo em SSD, com a vantagem de corrigir o pH do solo e disponibilizar Ca e Mg às plantas, de forma mais rápida e em maiores profundidades que o calcário. Tal fato ocorre em razão dos compostos dissociáveis dos silicatos serem mais solúveis que os do carbonato contidos no calcário (Alcarde, 1992).

Este aspecto torna o uso de escórias de siderurgia interessante em sistema de semeadura direta, pois podem possibilitar maior mobilidade dos ânions silicatos no perfil do solo, com correção da acidez do solo e o deslocamento da frente alcalinizante no perfil com menor intervalo de tempo em relação ao calcário, beneficiando a cultura a ser conduzida.

O presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de verificar a produção e o teor de nutrientes na cultura da aveia preta em função da correção da acidez do solo com escórias de siderurgia e calcários em sistema de semeadura direta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em campo, na Fazenda Experimental Lageado pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu-SP, na latitude de 22° 51' 15" S, longitude

de 48° 26' 30" W e altitude de 740 m, e conduzido de dezembro de 2010 a outubro de 2011.

O trabalho foi desenvolvido em Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2006), caracterizado quimicamente, antes da instalação do experimento, na camada de 0 a 0,20 m., apresentando valores de pH (CaCl₂), 4,2; M.O 32 g dm⁻³; P resina 5 mg dm⁻³; H+Al, K, Ca, Mg e CTC (mmol_c dm⁻³) de 72;0,9; 10; 6; e 88 e V de 19 %.

A aplicação dos corretivos foi realizada em dezembro de 2010. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcela subdividida e quatro repetições. A parcela principal constituiu-se na forma de aplicação dos corretivos de acidez do solo, superficial e incorporado com enxada rotativa até a profundidade de 20 cm, enquanto as subparcelas, dos materiais corretivos, agrosilício (escória do aço inox) (AG), escória de aciaria (EA), escória de alto forno (EAF), escória de forno de panela (EFP), wollastonita (W), calcário dolomítico calcinado (CDC) e calcário dolomítico (CD), além de uma testemunha (T) sem aplicação de corretivo.

A caracterização química e física dos corretivos (**Tabela 1**), foi realizada de acordo com a legislação brasileira de calcários (Brasil, 2006) e o silício total, determinado seguindo a metodologia proposta por Korndorfer et al. (2004). Após dois meses da aplicação dos corretivos cultivou-se o feijão (verão 2011), seguido por aveia preta (inverno 2011).

No final do ciclo da aveia preta, aos 108 DAE foram coletadas todas as plantas presentes em uma área de 0,250 m², para determinação da produção de massa de matéria seca. As sementes referentes às plantas coletadas em uma área de 0,250 m² por unidade experimental foram pesadas e posteriormente calculou-se a produtividade em kg ha⁻¹, corrigida para 13% de umidade (base úmida).

O material utilizado para determinação da matéria seca foi submetido à análise para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, B e Zn, segundo a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997) e o silício foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Korndorfer et al. (2004).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey (p < 0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo na produtividade de sementes, produção de matéria seca e nos teores de Mg Fe e Mn com a aplicação dos corretivos da acidez do solo (**Tabela 2**). A interação modo de aplicação e corretivos não foi significativa.

Os tratamentos proporcionaram acréscimos na produção de matéria seca, contudo, os acréscimos apenas foram significativos em relação à testemunha com os calcários, a W e o AG.

O CD foi o corretivo que proporcionou a maior produção de MS, no entanto, não refletiu na produção de sementes, embora tenha sido influenciada pela correção da acidez do solo não houve diferenças significativas entre os corretivos empregados na produção de sementes, exceto a EAF, que não proporcionou acréscimos e foi semelhante a testemunha. O baixo desempenho da EAF é explicado pela baixa eficiência na correção da acidez do solo (Deus & Büll 2012) devido sua granulometria grosseira (**Tabela 1**).

Os nutrientes N, P, K, Ca, B, Cu e Zn não foram alterados pela aplicação dos corretivos, apresentando médias de 14; 0,9; 14 e 3 g kg⁻¹ respectivamente para os macronutrientes e 14;7; 24 mg kg⁻¹ respectivamente para os micronutrientes.

Os acréscimos no teor de Mg na parte aérea da aveia preta foi observado com a aplicação dos calcários, EAF e EFP. Os calcários apresentavam os maiores teores de MgO (**Tabela 1**) o que favoreceu a disponibilização de Mg para a planta.

Quanto ao teor de Fe, os corretivos não diferiram entre si, e os menores teores foram verificados com a EFP e a W.

O teor de Mn diminuiu com a aplicação dos corretivos, a elevação do pH do solo reflete na diminuição do teor de Mn no solo e conseqüentemente no tecido vegetal da planta, todavia a EAF não diferiu do tratamento testemunha. Observa-se que a EAF apresentava o maior teor de Mn em sua constituição (51 g kg⁻¹) o que pode ter favorecido a liberação para a planta, outro aspecto a se considerar é a ausência de correção da acidez do solo por este corretivo (Deus & Bull 2012). O modo de aplicação influenciou o teor de Fe e de Mn. O teor de Fe foi superior quando os corretivos foram incorporados ao solo, para o Mn ocorreu o inverso, apresentando maior teor com a aplicação superficial dos corretivos.

As escórias podem disponibilizar Si (Souza & Korndorfer, 2010), e micronutrientes para as plantas, (Prado et al., 2001), contudo, no presente estudo isto não foi observado. O teor médio de Si foi de 5 g kg⁻¹.

De acordo com as faixas dos teores considerados adequados de macro e micronutrientes para a aveia (Raj et al.,1996), verifica-se que o P estava abaixo do exigido pela cultura, vale lembrar que para a aveia não houve adubação de semeadura, e o cultivo do feijão extraiu grande parte dos nutrientes, levando ao baixo teor de P; e o Fe e Mn estavam



com teores superiores ao considerado adequado, contudo, sintomas visuais de deficiência e/ou excesso não foram verificados no campo.

CONCLUSÕES

A produtividade da aveia preta é favorecida pela aplicação de corretivos da acidez do solo, no entanto, não há diferença entre o uso de silicatos ou calcários assim como o seu modo de aplicação em sistema de semeadura direta.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP, pelas bolsas de estudo e pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ALCARDE, J.C. Corretivos da acidez do solo: Características e interpretações técnicas. ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS E CORRETIVOS (ANDA), São Paulo - SP, 1992. 62p. (Boletim Técnico 6).

BRASIL, Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Portaria nº 35, de 04 de julho de 2006. Diário Oficial, Brasília, 12 de julho de 2006. Seção 1, p.32

BRASSIOLI, F.B.; PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Avaliação agronômica da escória de siderurgia na cana-de-açúcar durante cinco ciclos de produção. *Bragantia*, Campinas, 68(2):381-387, 2009.

CARVALHO-PUPATTO, J.G.; BÜLL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C.; Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 39(12):1213-1218, 2004.

CORRÊA, J.C.; BÜLL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C.; MARCELINO, R.; MAUAD, M. Correção da acidez e mobilidade de íons em Latossolo com aplicações superficiais de escória, lama cal, lodos de esgoto e calcário. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42:1307-1317, 2007.

DEUS, A.C.F. & BÜLL, L.T. Correção da acidez em Latossolo com aplicação superficial e incorporada de escórias de siderurgia. In: *FERTBIO 2012*, 2012. Anais. Maceio, 2012. CD – ROM.

KORNDÖRFER, G. H., PEREIRA, H. S., NOLLA, A. Análise de silício no solo, planta e fertilizante. Uberlândia: GPSi, 2004. 50p. (Boletim Técnico nº 02).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. p.319.

PRADO, R. M. & FERNANDES, F.M. Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 36(9):1199-1204, 2001.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. Uso agrícola da escória de siderurgia no Brasil – Estudos na cultura da cana-de-açúcar. Jaboticabal, Funep, 2001. 68p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

PREZOTTI, L.C. & MARTINS, A.G. Efeito da escória de siderurgia na química do solo e na absorção de nutrientes e metais pesados pela cana-de-açúcar. *Revista Ceres*, v. 59, n.4, p. 530-536, jul/ago, 2012

RAIJ, B. VAN; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CATARELLA, H.; BELLINAZZI JR., R.; DECHEN, A. R.; TRANI, P. E. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100).

SOUZA, R.T.X.; KORNDÖRFER, G.H. Slag efficacy as a lime and silicon source for rice crops through the biological method. *Journal of Plant Nutrition*, 33:1103–1111, 2010.

Tabela 01. Caracterização química e física dos corretivos de acidez do solo.

Corretivos ⁽¹⁾	CaO	MgO	Peneiras (ABNT N°) ⁽²⁾			RE ⁽³⁾	PN ⁽⁴⁾	PRNT	Si
	%	%	10	20	50	%	%ECaCO ₃	%	total
			% partículas passantes						
AG	37,65	9,55	91,4	77,7	53,5	71	84	60	13,6
EA	28,13	6,10	99,9	80,0	47,9	71	70	50	14,2
EAF	26,63	8,00	54,0	17,4	4,4	19	65	13	15,0
EFP	36,10	5,76	99,6	97,4	52,9	80	77	62	21,6
W	30,00	3,00	100,0	100,0	100,0	100	60	60	16,0
CDC	38,39	23,63	100,0	99,9	95,9	98	120	119	3,9
CD	27,75	16,40	99,7	86,9	58,1	75	88	67	9,7

⁽¹⁾agrosilício (AG), escória de aciaria (EA), escória de alto forno (EAF), escória forno de panela (EFP), wollastonita (W), calcário dolomítico calcinado (CDC) e calcário dolomítico (CD). ⁽²⁾ABNT No 10= fração superior a 2,00 mm; ABNT No 20= fração de 2,00 - 0,84 mm; ABNT No 50= fração de 0,84 - 0,30 mm; fundo (ABNT No <50)= fração inferior a 0,30 mm; ⁽³⁾RE= reatividade, expressa o percentual do corretivo que reage em três meses; ⁽⁴⁾PN= poder neutralizante, expressa o potencial químico do corretivo, em equivalente de CaCO₃.

Tabela 02. Matéria seca (MS), produtividade de sementes de aveia preta e teores médios de magnésio (Mg), ferro (Fe) e manganês (Mn) na parte aérea da aveia preta em função da aplicação incorporada e em superfície de agrosilício (AG), escória de aciaria (EAC), escória de alto forno (EAF), escória forno de panela (EFP), wollastonita (W), calcário dolomítico calcinado (CDC), calcário dolomítico (CD) e testemunha (T).

Tratamentos	MS	Produtividade de sementes	Mg	Fe	Mn
Aplicação (A)	-----Mg ha ⁻¹ -----		g kg ⁻¹	-----mg kg ⁻¹ -----	
Incorporada	2,07	285,3	1,4	182 a	125 b
Superfície	2,71	348,2	1,6	145b	139 a
F	17,18 ^{ns}	5,60 ^{ns}	1,25 ^{ns}	171,37 ^{**}	15,21 [*]
Corretivos (C)					
AG	2,97 ab	331,5 ab	1,5 bc	158 ab	107 b
EA	2,10 bcd	383,3 ab	1,3 c	153 ab	134 b
EAF	2,01 cd	237,8 c	1,6 ab	171 ab	167 a
EFP	2,18 abcd	441,4 a	1,6 ab	134 b	112 b
W	2,83 abc	365,4 ab	1,3 c	139 b	119 b
CDC	2,49 abc	325,3 ab	1,8 a	170 ab	123 b
CD	3,06 a	263,2 ab	1,6 ab	160 ab	108 b
T	1,47 d	185,9 c	1,3 c	223 a	186 a
F	7,42 ^{**}	3,6 ^{**}	8,95 ^{**}	2,88 [*]	18,08 ^{**}
Interação Ax C	2,82 ^{ns}	1,2 ^{ns}	1,26 ^{ns}	1,99 ^{ns}	1,46 ^{ns}
CVparcela (%)	25,78	29,2	27,50	7,02	11,09
CVsubparcela (%)	23,85	33,8	11,32	27,78	14,79

Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si, pelo teste Tukey ao nível de 5% (*) e 1% (**) de probabilidade. ns- não significativo.