

Avaliação da escória de siderurgia e de calcários como corretivos da acidez do solo no cultivo da alface⁽¹⁾

Renato de Mello Prado⁽²⁾, Edson Luiz Mendes Coutinho⁽³⁾, Cassiano Garcia Roque⁽²⁾ e Maria Luiza Perez Villar⁽³⁾

Resumo – O presente trabalho objetivou avaliar os efeitos da escória de siderurgia e dos calcários magnesiano e dolomítico, na produção de matéria seca da alface (*Lactuca sativa* L.) e as alterações na sua nutrição e em alguns atributos químicos do solo. Os tratamentos consistiram dos corretivos calcário magnesiano e dolomítico e escória de siderurgia, em três doses: 2,36, 4,72 e 7,08 g por vaso. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 3x3+1 (três corretivos x três doses + testemunha). Todos os materiais corretivos aumentaram a produção de matéria seca da alface, porém destacaram-se os calcários, sendo que para a escória, a alta concentração do Mn na parte aérea limitou a produção. Na parte aérea da alface, os teores e quantidade acumulada de Ca, Mg e Cu aumentaram, e os teores de Mn e Zn não foram alterados com a aplicação dos corretivos. Todos os materiais corretivos foram eficientes na correção da acidez do solo, especialmente quando se utilizou calcário magnesiano. A escória de siderurgia não é o corretivo mais apropriado para a cultura da alface.

Termos para indexação: *Lactuca sativa*, calagem, adubo magnesiano, dolomita, resíduo siderúrgico.

Evaluation of slag and calcareous rocks as corrective of the acidity of the ground in the culture of lettuce

Abstract – The present work was carried out to evaluate the effect of the slag and of magnesian and dolomitic calcareous rocks on the production of dry matter of lettuce (*Lactuca sativa* L.) on its nutrition alteration and on some chemical attributes of the soil. The treatments consisted of the three corrective agent: magnesian lime and dolomitic and slag in three doses: 2.36, 4.72 and 7.08 g/pot. A completely randomized design in a factorial scheme 3x3+1 (three corrective agents x three doses + control) with four replications was used. The corrective agents increased production of dry matter (lettuce), especially lime. In the treatment with slag, the production was limited by high concentration of the Mn in plants. In the aerial part of lettuce correctives increased the concentration and content of Ca, Mg, and Cu, but did not alter concentration of Mn and Zn. The application of the corrective agents promoted efficient neutralization of acidity in soil, especially utilized when magnesian lime was used. The slag does not fit for lettuce culture purposes.

Index terms: *Lactuca sativa*, liming, magnesium fertilizers, dolomite, siderurgical residue.

Introdução

A quantidade de escória de siderurgia produzida anualmente no Brasil é considerável, ou seja, cerca de 3 milhões de toneladas, e uma das possibilidades de seu uso é na agricultura.

Em linhas gerais, no processo siderúrgico, o calcário, o minério de ferro e o coque ou carvão são aquecidos a 1.900°C, promovendo a redução do ferro e a produção de compostos indesejáveis (material inerte do minério e do carvão), que não foram reduzidos. Estes combinam-se com Ca e Mg do calcário, dando origem à escória (Pereira, 1978). Portanto, a escória apresenta constituinte neutralizante (SiO_3^{2-}) e bases como Ca e Mg (Alcarde, 1992), e é também fonte de silício, o que pode influenciar na eficiência de aproveitamento dos fertilizantes fosfatados (Prado & Fernandes, 1999).

O resíduo siderúrgico praticamente não é utilizado na agricultura brasileira, contrariamente ao que

⁽¹⁾ Aceito para publicação em 29 de maio de 2001.

⁽²⁾ Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Dep. de Solos e Adubos, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/nº, CEP 14870-000 Jaboticabal, SP. Bolsista da Fapesp. E-mail: rmprado@fcav.unesp.br, cgroque@fcav.unesp.br

⁽³⁾ Unesp, FCAV, Dep. de Solos e Adubos.

se nota em outros países, como no Japão. Isto, possivelmente, deve-se aos poucos dados experimentais obtidos no Brasil, em comparação com outros países (Prado, 2000).

A maioria das pesquisas realizadas com a escória mostram que sua ação neutralizante na acidez do solo assemelha-se à do calcário. Entretanto, em alguns experimentos, tem sido constatado que a escória apresenta reação mais lenta no solo quando comparada ao calcário (Fortes, 1993; Prado & Fernandes, 2000b). Supõe-se que esta diferença ocorra como decorrência da determinação do PN da escória, que segue a mesma metodologia oficial adotada para o calcário (Brasil, 1983).

Os trabalhos de avaliação da escória de siderurgia, comparada a calcários a partir das respostas das plantas, têm ficado restritos a espécies anuais, como sorgo, soja e milho (Piau, 1995) e cana-de-açúcar (Prado & Fernandes, 2000a), enquanto em hortícolas de importância econômica, como a alface, considerada exigente em termos de correção da acidez do solo (Trani et al., 1996), são escassos os resultados experimentais. Amaral et al. (1994) estudaram, em dose equivalente de CaCO_3 , a escória de siderurgia (alto forno) e o calcário, concluindo que ambos os produtos foram semelhantes na produção de matéria seca da alface, cv. Babá de verão.

Salienta-se que o calcário se encontra entre os recursos minerais brasileiros em abundância, mesmo a longo prazo. Em vista disso, são os materiais mais utilizados para corrigir a acidez do solo (Coutinho et al., 1993) e, também, os mais estudados, e portanto, utilizados como padrão.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da escória de siderurgia e dos calcários magnesiano e dolomítico, na produção de matéria seca da alface e as alterações na sua nutrição e em alguns atributos químicos do solo.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Jaboticabal, SP, no período de março a maio de 2000. Para compor a unidade experimental (2,3 kg de terra por vaso), utilizaram-se amostras de solo (0-20 cm) de um Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 1999) do Município de

Jaboticabal, SP. Depois de secada ao ar e passada em peneira (2,0 mm de abertura), a amostra foi analisada e apresentou as seguintes características químicas: matéria orgânica, 23 g dm^{-3} ; pH (CaCl_2), 4,1; P (resina), 4 mg dm^{-3} ; K, 1,0 mmol_c dm^{-3} ; Ca, 7 mmol_c dm^{-3} ; Mg, 3 mmol_c dm^{-3} ; H+Al, 58 mmol_c dm^{-3} e saturação por bases (V), 16%, avaliadas segundo o método descrito por Raij et al. (1987).

Os corretivos foram inicialmente passados em uma peneira (ABNT nº 50), de modo que todos apresentavam a mesma granulometria e, conseqüentemente, uma reatividade de 100%. Utilizou-se escória de siderurgia de aciaria, proveniente de uma indústria do Município de Piracicaba, SP, com as seguintes características químicas: CaO, 25,7%; MgO, 6,4%; PN e PRNT, 61,9%. Os calcários utilizados foram de dois tipos, o magnesiano e o dolomítico, com 48,4 e 26,0% de CaO, 5,2 e 17,7% de MgO e 99,58% e 90,61% de PN e PRNT, respectivamente. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, seguindo um esquema fatorial 3x3+1. Os tratamentos consistiram de três fontes de corretivos: escória de siderurgia, calcário magnesiano, e calcário dolomítico, aplicados em três doses, 2,36, 4,72 e 7,08 g por vaso, equivalentes a 2,5, 5,0 e 7,5 t ha^{-1} , mais a testemunha sem aplicação. Após a aplicação e a homogeneização dos corretivos, o solo de cada vaso recebeu quantidade de água suficiente para ficar com umidade a 90% da capacidade de campo.

Após trinta dias de incubação do solo, aplicaram-se, em todos os tratamentos, 150 mg kg^{-1} de P, 100 mg kg^{-1} de K, e 1 mg kg^{-1} de B nas formas de fosfato monoamônio (pa), cloreto de potássio (pa) e bórax, respectivamente. Em seguida, foram transplantadas para cada vaso duas mudas de alface, cultivar crespa Verônica, com 10 dias de idade, deixando-se, posteriormente, apenas uma muda por vaso. Em cobertura, foram aplicados 150 mg kg^{-1} de N (nitrato de amônio), parcelado em três vezes, a cada sete dias, com início aos oito dias após o transplante, em 30/3/2000.

A umidade dos vasos foi mantida a 90% da capacidade de campo, por irrigação, pelo método das pesagens, realizadas diariamente.

Aos 40 dias após o transplante, a parte aérea foi colhida e colocada em estufa com ventilação forçada a 65°C, por 72 horas, para obtenção do peso da matéria seca da parte aérea. Em seguida foram realizadas análises químicas das folhas, conforme Bataglia et al. (1983). Os teores de Ca, Mg, Mn, Zn e Cu foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica. Em amostras de terra coletadas dos vasos, foram determinados os valores do pH, as concentrações de H+Al, Ca e Mg e calculadas a CTC e a saturação por bases, conforme Raij et al. (1987).

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F). O efeito das doses dos corretivos na planta e no solo

foram estudados por meio de equações de regressão, as quais foram escolhidas tendo em vista o melhor ajuste dos dados.

Resultados e Discussão

A produção de matéria seca da parte aérea da alfaca aumentou significativamente com as doses dos corretivos: calcário magnesiano ($Y = -0,18 + 1,4970x^{-0,5}$, $R^2 = 0,98^{**}$); calcário dolomítico ($Y = -0,39 + 1,3790x^{-0,5}$, $R^2 = 0,94^{**}$) e escória ($Y = -0,08 + 0,3990x^{-0,5}$, $R^2 = 0,89^{**}$). Os calcários foram superiores à escória, o que pode ser constatado pelos coeficientes angulares da reta.

De maneira geral, a resposta positiva da alfaca à aplicação dos corretivos, especialmente dos calcários, está relacionada à neutralização da acidez do solo e ao fornecimento de nutrientes como Ca e Mg (Figura 1), uma vez que são conhecidos os efeitos positivos, especialmente do Ca, no crescimento radicular, favorecendo a absorção e acúmulo de nutrientes (Ca, Mg, Zn e Cu) (Tabelas 1 e 2). Entre os micronutrientes mais importantes para alfaca, Adams

et al. (1986) colocam o Cu e Fontes et al. (1982) citam o zinco.

A resposta da alfaca à aplicação da escória foi menor em relação aos calcários, possivelmente em razão do alto teor e quantidade acumulada de Mn na parte aérea da planta (Tabelas 1 e 2), aliados ao menor efeito na reação do solo (Figura 1).

Em milho (Piau, 1995) e cana-de-açúcar (Prado, 2000), a escória e o calcário foram semelhantes em termos de produção. Este fato pode ser explicado pelo maior ciclo de desenvolvimento nessas culturas, comparado ao da alfaca, o que pode ter possibilitado maior tempo de reação da escória no solo e, conseqüentemente, maiores benefícios para as culturas.

As respostas positivas da alfaca à calagem evidenciam a suscetibilidade da espécie à acidez do solo e, portanto, à necessidade da adoção dessa prática para aumentar a produtividade (Hemphill & Jackson, 1982; Trani et al., 1996; Chung & Wu, 1997). Por outro lado, Nicoulaud et al. (1990) não constataram resposta da alfaca quando cultivada em condições de acidez do solo (pH, 5,4; Ca, 23 mmol_c dm⁻³ e Mg, 14 mmol_c dm⁻³).

Tabela 1. Teor de nutrientes da parte aérea da alfaca, em razão da aplicação de diferentes fontes e doses de corretivos de acidez do solo⁽¹⁾.

Dose (g por vaso)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)
Calcário dolomítico					
2,36	15,4	6,3	553,0A	55,0	7,3
4,72	15,9	7,4	186,3B	51,0	9,6
7,08	16,3	9,3	96,7B	31,3	10,0
Média	15,9b	7,7a	278,7b	45,8b	9,0b
Calcário magnesiano					
2,36	19,3	5,8	520,0A	53,3	9,3
4,72	21,2	5,7	195,0B	52,7	10,0
7,08	20,9	6,7	98,7B	31,0	10,0
Média	20,5a	5,6b	271,2b	45,7b	9,8b
Escória					
2,36	18,6	4,5	1286,7A	102,6	10,3
4,72	21,1	5,1	930,0B	75,7	15,0
7,08	19,7	5,2	533,3C	69,0	15,0
Média	19,8a	4,9b	916,7a	82,4a	13,4a
Média de doses					
2,36	17,8	5,1B	786,6A	70,3A	9,0B
4,72	19,4	6,1AB	437,1B	59,8A	11,6AB
7,08	19,0	7,1A	242,9C	43,5B	11,7A
Média do controle					
	8,2**	3,3**	596,7 ^{ns}	53,3 ^{ns}	7,3*
CV (%)	11,0	16,6	17,2	19,9	20,8

⁽¹⁾ Comparação de médias pelo teste de Tukey (P<0,05): letras maiúsculas comparam doses dentro de cada fonte e médias de doses; letras minúsculas comparam médias de fontes. ^{ns}Diferença não-significativa entre controle e o fatorial pelo teste F (P>0,01). ^{**}Diferença significativa entre o controle e o fatorial pelo teste F (P<0,01).

Os teores de Ca, Mg e Cu aumentaram e os teores de Mn e Zn diminuíram significativamente na parte aérea da alfaca, considerando-se a média das doses dos corretivos, porém esta diminuição nos teores de Mn e Zn não foi suficiente para diferir da testemunha (Tabela 1). Da mesma forma, as quantidades acumuladas de Ca, Mg, Zn e Cu aumentaram, e o de Mn não alterou, considerando-se a média das doses dos corretivos, porém a quantidade de Mn na planta aumentou com a aplicação dos corretivos em relação à testemunha (Tabela 2). Esse efeito geral da média das doses dos corretivos nas alterações dos teores de nutrientes das plantas, especialmente no aumento do Ca e Mg e redução do Mn e Zn, era esperado. Este fato é explicado pela redução da disponibilidade do Mn e do Zn, tendo em vista que os corretivos aumentaram o valor do pH e reduziram a acidez po-

tencial do solo. Além disso, os corretivos são fonte de Ca e Mg, de forma que elevaram suas concentrações no solo (Figura 1) com reflexos nos teores dos referidos nutrientes na parte aérea da planta.

Analisando os corretivos isoladamente, o calcário magnesiano e a escória foram semelhantes e superiores ao calcário dolomítico quanto ao teor de Ca na planta, enquanto a escória proporcionou os teores mais elevados de Mn, Zn e Cu na parte aérea (Tabela 1), o que se deve à própria constituição química da escória. Valadares et al. (1974) e Chinchilo & Wittaker (1958) compararam diversos tipos de calcários e de escórias de siderurgia, e constataram maiores teores de micronutrientes nas escórias.

Todos os corretivos mantiveram os teores de Ca, Mg, Zn e Cu na parte aérea das plantas, dentro da faixa adequada referente à alfaca, que, conforme Trani

Tabela 2. Quantidade acumulada de nutrientes na matéria seca da parte aérea da alfaca, em razão da aplicação de diferentes fontes e doses de corretivos de acidez do solo⁽¹⁾.

Dose (g por vaso)	Ca ----- (mg por vaso) -----	Mg -----	Mn -----	Zn ----- (μ por vaso) -----	Cu -----
Calcário dolomítico					
2,36	10,6Cb	4,4C	379,8b	37,7B	5,0C
4,72	36,6Bb	17,4Ba	429,4	117,4A	22,4Bb
7,08	69,0Ab	39,2Aa	392,7b	132,1A	41,7Aa
Média	38,7b	20,3a	400,7b	95,7b	23,0b
Regressão ⁽²⁾	Q*	Q**	Q**	L**	Q**
Calcário magnesiano					
2,36	24,9Ba	5,9B	676,3Aa	68,2C	12,1B
4,72	71,4Aa	19,4Aa	655,4A	176,7A	33,9Aa
7,08	84,4Aa	28,1Ab	392,5Bb	126,5B	41,3Aa
Média	60,2a	17,8a	574,7a	123,8a	29,1a
Regressão	L**	Q**	Q**	Q**	L**
Escória					
2,36	3,5Ba	0,9	247,4Bb	19,9B	1,9B
4,72	11,7Bc	2,8b	520,3A	42,7B	8,0Bc
7,08	27,9Ac	7,3c	749,0Aa	98,4A	20,8Ab
Média	14,4c	3,7b	505,6ab	53,7c	10,2c
Regressão	Q*	Q**	L**	Q**	Q**
Média de doses					
2,36	13,0C	3,7C	434,5	41,9B	6,4C
4,72	39,9B	13,2B	535,0	112,3A	21,4B
7,08	60,4A	24,9A	411,4	119,0A	34,6A
Média de controle					
	1,01**	0,4**	70,7**	6,2**	0,89**
CV (%)	19,2	37,1	26,7	24,3	26,3

⁽¹⁾ Comparação de médias pelo teste de Tukey ($P < 0,05$): letras maiúsculas comparam doses dentro de cada fonte e médias de doses, letras minúsculas comparam fontes dentro de cada dose e médias de fontes. ⁽²⁾ Efeito linear (L) e quadrático (Q) significativo a 5% (*) e a 1% (**), respectivamente, pelo teste F. **Diferença significativa entre o controle e o fatorial pelo teste F ($P < 0,01$).

et al. (1996), deve ser de 15 a 25 g kg⁻¹ de Ca, 4 a 6 g kg⁻¹ de Mg, 30 a 100 mg kg⁻¹ de Zn, e 7 a 20 mg kg⁻¹ de Cu. No entanto, os teores de Zn atingiram, em média, 45,8 mg kg⁻¹ nos dois tipos de calcário e 82,4 mg kg⁻¹ na escória (Tabela 1). Estes teores, especialmente os da escória, estão acima do permitido pela legislação de alimentos, que é de 50 mg kg⁻¹ (Associação Brasileira da Indústria de Alimentos, 1985), embora o teor de até 100 mg kg⁻¹

seja considerado adequado para planta (Trani et al., 1996) pois não apresentam sintomas de toxidez. Quando se aplicou a escória, o teor de Mn na parte aérea foi muito alto (916,7 mg kg⁻¹) comparado ao teor adequado na planta, que varia de 30 a 150 mg kg⁻¹ (Trani et al., 1996).

Quanto à quantidade acumulada de Ca, o calcário magnesiano se destacou dos demais, enquanto ambos os calcários foram semelhantes e superiores à

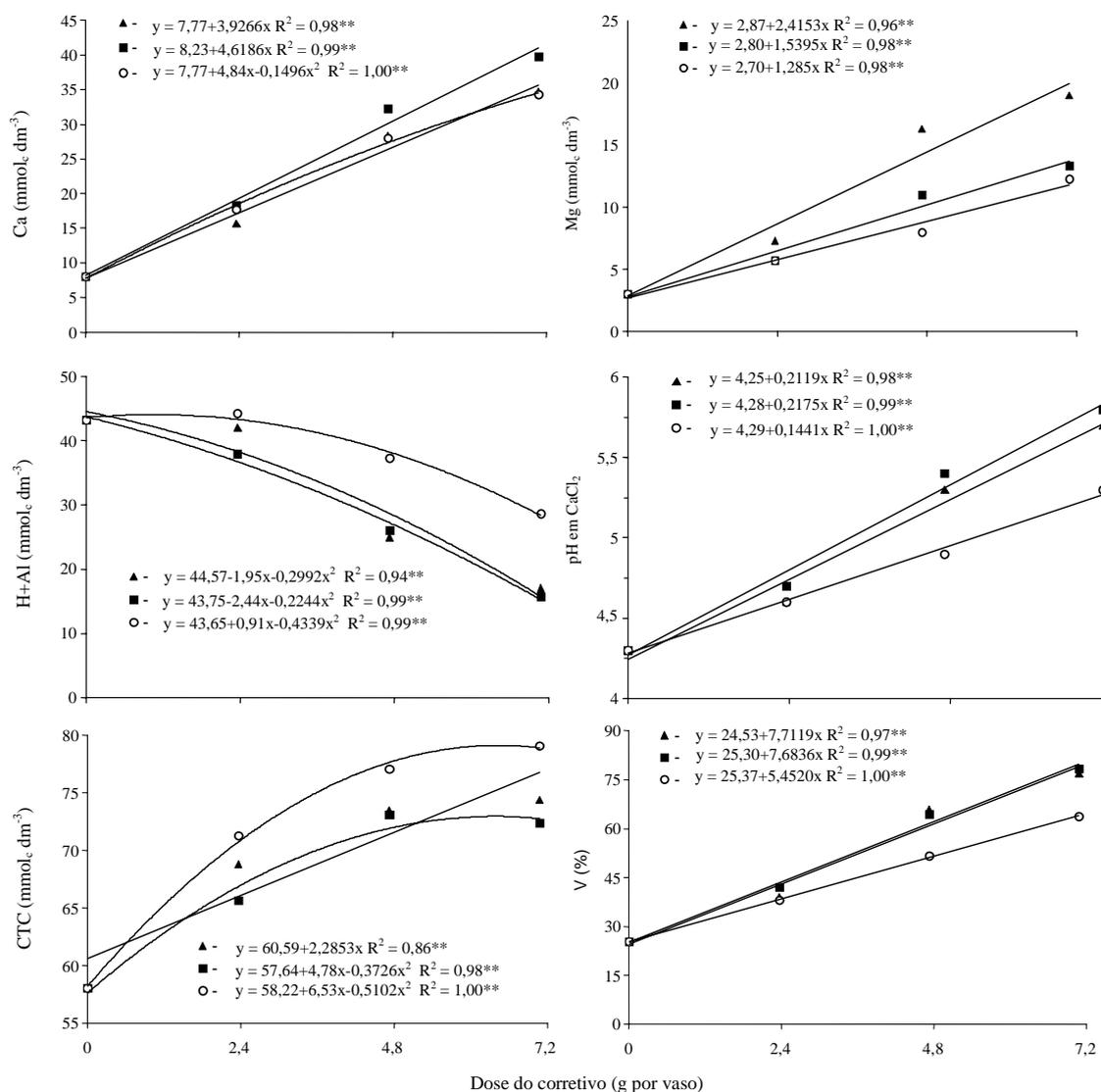


Figura 1. Efeito da aplicação do calcário dolomítico (-▲-), magnesiano (-■-) e da escória de siderurgia (-○-) em algumas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico, cultivado com alface.

escória, em relação ao Mg. O calcário magnesiano foi superior aos outros corretivos, na quantidade acumulada de Mn, Zn e Cu (Tabela 2).

O teor de Mn diminui na parte aérea da alface com a aplicação dos corretivos, especialmente na dose máxima dos calcários dolomítico ($96,7 \text{ mg kg}^{-1}$) e magnesiano ($98,7 \text{ mg kg}^{-1}$) em comparação com a escória ($533,3 \text{ mg kg}^{-1}$) (Tabela 1); a quantidade acumulada deste micronutriente na matéria seca foi quadrática, em ambos os calcários, e linear na escória (Tabela 2). Este resultado pode ser explicado pela alteração no pH, em razão da aplicação dos corretivos, ou seja, na maior dose, a escória atingiu valor médio de pH igual a 5,3, contra o valor de 5,8 para os calcários. Essa diferença (0,5 unidade) permitiu redução significativa na concentração do Mn do solo, pois a elevação de uma unidade de pH diminui os teores de Mn trocável do solo em 100 vezes (Lindsay, 1972). Este fato é explicado por Pavan & Miyazawa (1984) pela oxidação do Mn^{2+} a um estado de maior valência. Adams et al. (1986) também observaram teores elevados de Mn (657 mg kg^{-1}) em alface cultivada em solo ácido (pH de 5,0 a 5,2). Além disso, a escória contém micronutrientes em sua constituição química, conforme foi comentado anteriormente, de maneira que pode liberá-los para a planta. Assim, Amaral et al. (1994) observaram aumento significativo do conteúdo de Mn em plantas de alface, submetidas à aplicação da escória. O fato de a alface ser considerada uma das hortícolas mais eficientes na absorção de metais pesados (Boon & Soltanpour, 1992) importa em maior preocupação no uso de resíduos industriais nessa cultura, tendo em vista seu consumo *in natura*.

Independentemente do corretivo empregado, ocorreram aumentos significativos das concentrações de Ca e Mg no solo e dos valores de pH, CTC e V%, com redução do H+Al (Figura 1). No entanto, houve variação entre os corretivos em algumas propriedades químicas do solo, o que pode ser justificado pelas características químicas de cada um deles.

Em relação às concentrações de Ca no solo, o calcário magnesiano promoveu maiores valores (48,4% de CaO) do que ao calcário dolomítico (26,0% de CaO) e a escória (25,7% de CaO). Obteve-se maior concentração de Mg do solo, quando foi usado o calcário dolomítico. A acidez potencial (H+Al) foi

reduzida acentuadamente pela aplicação dos calcários e, em menor proporção, quando se aplicou a escória de siderurgia. O mesmo ocorreu com os valores do pH, ocasião em que os corretivos promoveram incrementos lineares positivos e, conseqüentemente, a CTC e a saturação por bases também aumentaram. Efeitos dos calcários e da escória, na neutralização da acidez do solo, foram também observados por Piau (1995) e Prado (2000).

O efeito da escória na correção da acidez do solo foi inferior ao dos calcários, provavelmente em razão de dois fatores relacionados com o valor do poder relativo de neutralização total (PRNT) de cada corretivo e da sua forma de determinação. No método oficial, o PRNT é obtido através das determinações dos elementos Ca e Mg, que são transformados por cálculo estequiométrico nos respectivos óxidos; assim, obtém-se o resultado expresso em equivalente em carbonato de cálcio (ECaCO_3) (Brasil, 1983). Neste tipo de determinação do PRNT, espera-se que todo o Ca e Mg presentes nos corretivos estejam associados a bases químicas efetivas como carbonatos, óxidos, hidróxidos ou silicatos (Alcarde & Rodella, 1996).

Por outro lado, as escórias apresentam variação de seus constituintes químicos; além das bases neutralizantes, contém outros compostos inexpressivos para a efetiva correção da acidez do solo (Whittaker, 1955, citado por Piau, 1995). Assim o cálculo seguindo o método oficial pode superestimar o valor do PRNT. Fortes (1993) e Prado & Fernandes (2000b) observaram que a escória proporcionou reação mais lenta que a esperada, em comparação com o calcário, o que atribuíram ao método de determinação do PRNT.

A relação entre a produção relativa de matéria seca da parte aérea e a média do V% do solo, em função da média dos três corretivos ($Y = -27,12 + 0,9121x + 0,0099x^2$, $R^2 = 0,98^{**}$), foi altamente significativa. Estimou-se, por meio dessa equação, que para atingir 90% da produção de matéria seca, seria necessário V% de 72, valor esse inferior ao sugerido por Trani et al. (1996) para o cultivo de alface (V% de 80).

Conclusões

1. Todos os corretivos aumentam a produção de matéria seca da alface, porém destacam-se os calcários.

2. O alto teor de Mn na parte aérea limita a produção quando se aplica a escória.

3. Na parte aérea da alface, os teores e quantidade acumulada de Ca, Mg e Cu aumentam e os teores de Mn e Zn não alteram com a aplicação dos corretivos.

4. Todos os corretivos são eficientes na correção da acidez do solo, especialmente quando se utiliza calcário magnesiano.

5. A escória de siderurgia não é o corretivo mais apropriado para a cultura da alface.

Referências

- ADAMS, P.; GRAVES, C. J.; WINSOR, G. W. Some effects of micronutrients and liming on the yield, quality and micronutrient status of lettuce grown in beds of peat. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 61, p. 515-521, 1986.
- ALCARDE, J. C. **Corretivo de acidez dos solos**: características e interpretações técnicas. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1992. 26 p. (Boletim Técnico, 6).
- ALCARDE, J. C.; RODELLA, A. A. O equivalente em carbonato de cálcio dos corretivos da acidez dos solos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 2/3, p. 204-210, 1996.
- AMARAL, A. S.; DEFELIPO, B. V.; COSTA, L. M.; FONTES, M. P. F. Liberação de Zn, Fe, Mn e Cd de quatro corretivos da acidez e absorção por alface em dois solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 9, p. 1351-1358, set. 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS (São Paulo, SP). **Compêndio da legislação dos alimentos**. São Paulo, 1985. Não paginado.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).
- BOON, D. Y.; SOLTANPOUR, P. N. Lead, cadmium, and zinc contamination of aspen garden soils and vegetation. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 21, p. 82-86, 1992.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes**: métodos oficiais. Brasília: Lanarv, 1983. 104 p.
- CHINCHILLO, P.; WITTAKER, C. W. Trace elements in agricultural limestone of the United States. **Agronomy Journal**, Madison, v. 53, p. 139-144, 1958.
- CHUNG, R. S.; WU, S. H. Effect of corn cob compost on plant growth in an acid red soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 28, n. 9/10, p. 673-683, 1997.
- COUTINHO, E. L. M.; NATALE, W.; SOUZA, E. C. A. Adubos e corretivos: aspectos particulares na olericultura. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, 1990, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: Potafos, 1993. p. 85-132.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI, 1999. 412 p.
- FONTES, R. R.; LIMA, J. A.; TORRES, A. C.; CARRIJO, O. A. Efeitos da aplicação de Mg, B, Zn e Mo na produção de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 171-175, fev. 1982.
- FORTES, J. L. O. **Eficiência de duas escórias de siderurgia, do Estado do Maranhão, na correção da acidez do solo**. 1993. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1993.
- HEMPHILL, J. R.; JACKSON, T. L. Effect of soil acidity and nitrogen on yield and elemental concentration of bush bean, carrot and lettuce. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 107, n. 40, p. 744-754, 1982.
- LINDSAY, W. L. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soil. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society America, 1972. p. 41-57.
- NICOULAUD, B. A. L.; MEURER, E. J.; ANGHINONI, I. Rendimento e absorção de nutrientes por alface em função de calagem e adubação mineral e orgânica em solo Areia Quartzosa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 8, n. 2, p. 29-39, 1990.
- PAVAN, M. A.; MIYAZAWA, M. Disponibilidade do manganês no solo: dificuldades e problemas na interpretação da análise para fins de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, p. 285-289, 1984.
- PEREIRA, J. E. **Solubilidade de alguns calcários e escórias de alto forno**. 1978. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1978.

- PIAU, W. C. **Efeitos de escórias de siderurgia em atributos químicos de solos e na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1995. 124 f. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1995.
- PRADO, R. M. **Resposta da cultura da cana-de-açúcar à aplicação de escória silicatada como corretivo de acidez do solo**. 2000. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira. 2000.
- PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Efeito do calcário e da escória de siderurgia na disponibilidade de fósforo no Latossolo Vermelho-Escuro e na Areia Quartzosa. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 74, n. 2, p. 235-242, 1999.
- PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Eficiência da escória de siderurgia em Areia Quartzosa na nutrição e na produção de matéria seca de cana-de-açúcar cultivada em vaso. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 18, n. 4, p. 36-39, 2000a.
- PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana-de-açúcar em vaso. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 739-744, 2000b.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O. C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 107 p.
- TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; AZEVEDO FILHO, J. A. Alface, almeirão, chicória, escarola, rúcula e agrião d'água. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p. 168-169. (Boletim Técnico, 100).
- VALADARES, J. M. A. S.; BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R. Estudos de materiais calcários usados como corretivos do solo no Estado de São Paulo: determinação de Mo, Co, Cu, Zn e Fe. **Bragantia**, Campinas, v. 33, p. 147-152, 1974.