

ALTERAÇÕES NA FERTILIDADE DE UM LATOSSOLO DEVIDO À PRÁTICA DA CALAGEM RECOMENDADA PELO MÉTODO DE INCUBAÇÃO

Gustavo Pereira Duda¹; Alessandra Monteiro Salviano²

RESUMO: Com objetivo de quantificar as alterações no pH e nos teores de Ca, Mg e Al trocáveis em um Latossolo devido à calagem, coletados em Serra do Mel-RN, utilizou-se cinco doses de calcário comercial com as seguintes características: CaO (32,7%); MgO (7,4%); poder de neutralização (76,7%); reatividade (99,2%) e poder relativo de neutralização total (76,1%). Estimou-se a necessidade de calagem e em função do teor de Al trocável e utilizou-se 5 níveis de calagem correspondentes a 0, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 vezes a dose máxima recomendada para as respectivas profundidades que equivalem às quantidades de calcário aplicadas. Amostras contendo 200 g de solo foram acondicionadas em sacos plásticos, onde o calcário foi adicionado e homogeneizado. Após cada período de incubação (0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias), foram feitas leituras de pH as quais foram relacionadas com as doses de calcário adicionadas, para obtenção da curva de incubação. Ao final do experimento, determinou-se os teores de Al^{3+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} com objetivo de avaliar a capacidade do corretivo no fornecimento desses nutrientes. Os tratamentos foram arranados seguindo um fatorial completo ($2 \times 5 \times 7$) e dispostos em delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Os fatores testados foram: profundidade do solo, doses de calcário e tempo de incubação. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e de regressão para cada uma das variáveis de resposta. Diante dos resultados obtidos pode-se concluir que o calcário comercial utilizado pode ser utilizado como corretivo de acidez de solos; a quantidade de calcário a aplicar deve ser calculada utilizando-se o método de incubação para evitar sub ou superestimativa de dosagem, é necessário um período mínimo de 35 dias de incubação.

Palavras-chave: Calagem, pH, curva de incubação

ALTERATIONS IN THE FERTILITY OF AN OXISOL DUE TO PRACTICE OF LIMING RECOMMENDED BY THE METHOD OF INCUBATION

ABSTRACT: With objective of quantifying the pH, Ca, Mg and Al contents alterations of in a Oxisol after liming, collected in the Serra do Mel-RN, five doses of commercial limestone with CaO (32,7%); MgO (7,4%); neutralization power (76,7%); reactivity (99,2%) and total relative neutralization power (76,1%) were used. It was considered in function of the exchangeable aluminum and 5 liming levels corresponding to 0, 0,5, 1,0, 1,5 and 2,0 times the maximum dose that are equal to the amounts of limestone applied corresponding to the treatments. Samples containing 200 g of soil was conditioned in plastic sacks, where the limestone was added and homogenized. After each incubation period they were made pH readings that were related with the limestone doses added, for obtaining of the incubation curve. At the end of the experiment they determined Al^{3+} , Ca^{2+} and Mg^{2+} contents with objective of evaluating the capacity of the corrective in the supply of those nutritious ones. The treatments were arranged following a complete factorial and disposed in randomized blocks with three repetitions. The tested factors were: depth of the soil, limestone doses and time of incubation. The obtained data were submitted the variance analysis and of regression for each one of the answer variables. The results showed that the used commercial limestone can be used as corrective of acidity of soils; the amount of limestone to apply should be calculated being used the incubation method to avoid sub or super estimation of dose and so that it happens the neutralization of the acidity of the soil in an efficient way, it is necessary a minimum incubation period of 35 days.

Keywords: Liming, pH, incubation curve

¹ Professor Adjunto, DS, Depto. de Ciências Ambientais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA, km 47 da BR 110, Costa e Silva, Mossoró-RN. CEP 59625-900. E-mail: gpduda@ufersa.edu.br. Autor para correspondência.

² Pesquisadora, DS, CPATSA – Embrapa Semi-Árido, BR 428, Km 152, Zona Rural - Caixa Postal 23 - Petrolina, PE - Brasil - CEP 56302-970. amendes@cpatsa.embrapa.br

INTRODUÇÃO

Aproximadamente 3.590 milhões de ha ou 30% das terras do mundo é composta de solos ácidos, ou seja, solos que apresentam pH em água menor que 5,5 (VON UEXKÜLL & MUTERT, 1995). Dessa área, 5,7 milhões de ha foram acidificadas por ação antrópica (OLDEMAN et al., 1991). Nos trópicos úmidos, os solos ácidos são relativamente mais importantes na América Latina (81% de suas terras), mas áreas significativas estão presentes também na África (56%) e Ásia (38%) (SANCHEZ, 1987).

No Brasil, expressiva parcela dos solos apresenta reação ácida (SANSONOWICZ & SMITH, 1995), baixos teores de Ca e Mg trocáveis (VALE et al., 1996) e deficiência de P disponível (MCLAUGHLIN & JAMES, 1991). Essa acidez refletida em baixos valores de pH, condiciona, geralmente, a presença de Al em formas fitotóxicas (Al^{3+} , $Al(OH)^{2+}$ e $Al(OH)_2^+$) e, também, elevada solubilidade de alguns micronutrientes catiônicos que podem atingir níveis tóxicos, principalmente o Mn^{2+} (LINDSAY, 1979). Além disso, a combinação de baixo pH e de baixos teores de bases trocáveis, especialmente de Ca^{2+} , e de P restringem a atividade da microbiota, notadamente de bactérias dos gêneros *Nitrossomas* e *Nitrobacter*, envolvidas na transformação do nitrogênio mineral na forma amoniacal para formas nítricas, diminuindo marcadamente a nitrificação (SANDANAM et al., 1978; YADVINDER-SINGH et al., 1986). Estudos de nitrificação em solos Brasileiros sugerem ser o grau de acidez do solo o principal fator condicionante do processo de nitrificação (SILVA et al. 1994; SILVA & VALE, 2000).

A calagem é uma prática agrícola que altera várias características químicas, físicas e biológicas do solo, de modo que, é difícil explicar quais fatores são responsáveis pelos aumentos de produção observados após o uso dessa prática. Ela promove diminuição da acidez do solo, insolubilização de elementos tóxicos, principalmente Al, Mn e Fe; aumento dos teores de Ca e Mg; aumento da disponibilidade de P e Mo, mas diminui a disponibilidade do potássio e de outros micronutrientes; efeitos favoráveis na microflora do solo, inclusive em bactérias fixadoras de N; o favorecimento das propriedades físicas do solo, pela ação floculante do Ca e do Mg; um maior desenvolvimento do sistema radicular, ampliando a

capacidade das plantas em absorver água e nutrientes do solo (RAIJ, 1991). A correção da acidez é feita mediante a aplicação de calcário, levando-se em consideração algumas características do mesmo. De maneira geral, um bom corretivo tem que apresentar condições suficientes para neutralizar a acidez e fornecer nutrientes no menor tempo possível. O poder de neutralização (PN) e o poder relativo de neutralização total (PRNT) são as características mais usadas para definição da sua qualidade.

Os critérios de recomendação de calagem variam de acordo com os objetivos e princípios analíticos envolvidos, e até mesmo o conceito de necessidade de calagem (NC) dependerá do seu objetivo.

A necessidade de calagem pode ser definida como a quantidade de corretivo necessária para se obter a máxima eficiência econômica de determinada cultura, o que significaria ter definidas quantidades de Ca e Mg disponíveis no solo e condições adequadas de pH para se ter, de forma geral, uma boa disponibilidade dos nutrientes (ALVAREZ et al., 1995). No entanto a necessidade de calagem, não está somente relacionada ao pH do solo, mas também, à sua capacidade tampão e à sua capacidade de troca de cátions.

Considerando-se poucos estudos de recomendação para os solos do Rio Grande do Norte, este trabalho teve por objetivo, quantificar a modificação no valor de pH, teores de Ca, Mg e Al trocáveis após a prática de calagem em função das doses aplicadas e do tempo de incubação. Além disso, definiu-se a dose recomendada de calcário mediante o uso do método da incubação.

MATERIAL E MÉTODOS

O solo utilizado, classificado de acordo com a EMBRAPA (1999) como Latossolo, foi coletado nas camadas de 0 a 20cm e de 20 a 40cm de profundidade, em área de vegetação nativa, seco ao ar, destorroado, peneirado e posteriormente submetido às análises químicas e físicas. Essas camadas apresentaram, respectivamente, pH em água (1:2,5)= 4,90 e 4,66, Al^{3+} = 0,60 e 0,75 $cmol_c dm^{-3}$, $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ = 1,00 e 0,80 $cmol_c dm^{-3}$, argila= 5 e 5 $kg kg^{-1}$, silte= 109 e 77 $kg kg^{-1}$, areia grossa= 776 e 815 $kg kg^{-1}$, areia fina= 110

e 103 kg kg⁻¹, capacidade de campo (CC) = 0,05 e 0,04 kg kg⁻¹ e ponto de murcha permanente (PMP) = 0,03 e 0,02 kg kg⁻¹.

Estimou-se a necessidade de calagem e em

função do teor de Al trocável (KAMPRATH, 1967) e utilizou-se 5 níveis de calagem correspondentes a 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 vezes a dose máxima de calcário recomendada (Tabela 1).

TABELA 1. Quantidade de calcário (QC) necessária para neutralizar o Al³⁺ trocável do solo em duas profundidades.

Prof. (cm)	NC (Mg ha ⁻¹)	Percentagem de neutralização do Al ³⁺ trocável				
		0	40	80	120	160
		----- % -----				
		Dose de calcário (Mg ha ⁻¹)				
0-20	1,2	0,00	0,64	1,28	1,92	2,56
20-40	1,5	0,00	0,80	1,60	2,40	3,20

NC (máxima) = Al x 2

A amostra do calcário comercial foi analisada e determinou-se os teores, em percentagem, de óxido de cálcio e magnésio, poder de neutralização (PN), reatividade (RE) e poder relativo de neutralização total (PRNT) tendo apresentado os seguintes resultados, respectivamente: 32,7; 7,4; 76,7; 99,2 e 76,1.

Amostras contendo 200 g de solo foram acondicionadas em sacos plásticos, onde o calcário foi adicionado e homogeneizado, a fim de favorecer o processo de reação entre o corretivo e o solo, e foram incubadas por um período de 35 dias. Após cada período de incubação foram feitas leituras de pH as quais foram relacionadas com as doses de calcário adicionadas, para obtenção da curva de incubação. Durante esse período foram realizadas seis determinações de pH, nos tempos 0; 7, 14; 21, 28 e 35 dias após a aplicação de calcário. Ao final do experimento determinou-se os teores de Al, Ca e Mg com objetivo de avaliar a capacidade do corretivo, respectivamente, na neutralização e no fornecimento desses nutrientes.

As leituras de pH no solo foram feitas em água na proporção de 1:2,5 (solo:água); o Ca, o Mg e o Al foram extraídos utilizando-se KCl 1 mol.L⁻¹ e determinados por titrimetria segundo procedimentos descritos em (EMBRAPA, 1997).

Calculou-se também as necessidades de calagem (NC) de acordo com dois métodos disponíveis na literatura e comparou-se com os resultados da NC

pelo método da curva de incubação para cada profundidade de solo, aos 35 dias de incubação, visando elevar o pH até 6,0.

Os tratamentos foram arranjados num fatorial completo (2x5x7) e dispostos em delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Os fatores testados foram: profundidade do solo, doses de calcário e tempo de incubação. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e de regressão para cada uma das variáveis de resposta. As equações de regressão foram testadas para o valor de F, sendo escolhidas aquelas que apresentaram os coeficientes significativos a, no mínimo, 10% de probabilidade e também com o maior coeficiente de determinação (R²).

Neste estudo, avaliou-se vários tempos de incubação para verificar o seu efeito na neutralização da acidez e ajustaram-se curvas de regressão de comportamento quadrático para pH (ERNANI et al. 2001) em função do tempo de incubação e das doses aplicadas para as duas profundidades do solo. A partir dessas equações calculou-se o tempo necessário para se atingir os valores máximos de pH em cada dose.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise química do solo antes da aplicação dos tratamentos, descrito no material e métodos, mostra teores altos de Al e baixos de Ca e

Mg de acordo com RAIJ et al. (1996). A prática da calagem alterou todas as características estudadas e a análise de variância revelou diferença estatística significativa para todos os fatores testados, bem como para a interação entre eles.

Observa-se, Tabelas 2 e 3, que a medida em que a dose de calcário aplicada aumenta, o pH do solo se elevou, concordando com os resultados de Camargo et al. (1997) e Oliveira et al. (2003). O valores de pH foram crescentes até os 28 dias de incubação para as amostras subsuperficiais, reduzindo-se aos 35 dias. Entretanto, deve-se lembrar que as curvas que relacionam pH com calagem são curvilineares. Portanto, a quantidade de calcário necessária para elevar em uma unidade o pH vai depender do intervalo considerado (ALVAREZ et al., 1996). Segundo os mesmos pesquisadores, nas curvas de neutralização de solos ácidos, verifica-se que, em determinadas faixas de pH, a adição de grandes quantidades de base produz

apenas pequenos acréscimos no pH, nesses casos, diz-se que a capacidade tampão é alta. Este resultado demonstra a capacidade que o solo apresenta em resistir a mudanças bruscas de pH e indica a necessidade de aplicação do calcário com, no mínimo, 35 dias de antecedência ao plantio, de modo a garantir a completa reação do corretivo no solo. Para a camada superficial o valor máximo do pH foi atingido aos 14 dias de incubação, havendo decréscimo a partir daí (Tabela 4), provavelmente devido a sua maior acidez potencial.

Na camada superficial, observou-se que na dose equivalente a 40% da NC ($0,64 \text{ Mg ha}^{-1}$) foram necessários 16 dias para atingir um pH 6 enquanto na camada superficial ($0,80 \text{ Mg ha}^{-1}$), sendo o tempo necessário de aproximadamente 26 dias. Estes resultados corroboram a hipótese de maior acidez potencial dessa camada do solo conferindo maior resistência a mudanças de pH (ALVAREZ et al., 1996). Mg ha^{-1}

TABELA 2. Equações de regressão para os teores ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) de Ca, Mg, Ca+ Mg e Al em um Latossolo, em duas profundidades, quando submetido a diferentes doses de calcário (D).

Variável	Equação	R ²
Superficial	$Ca + Mg = 1,05 + 0,63^{**} D$	0,94
Subsuperficial	$Ca + Mg = 0,51 + 0,58^{**} D$	0,96
Superficial	$Ca = 0,72 + 0,23^{*} D$	0,80
Subsuperficial	$Ca = 0,58 + 0,21^{**} D$	0,75
Superficial	$Mg = 0,19 + 0,84^{**} D - 0,1744D^2$	0,92
Subsuperficial	$Mg = -0,07 + 0,37^{**} D$	0,84
Superficial	$Al = 0,42 - 0,34^{**} D + 0,09^{*} D^2$	0,95
Subsuperficial	$Al = 0,37 - 0,37^{**} D + 0,08^{*} D^2$	0,94

Após 35 dias de incubação, verificou-se, além da elevação do pH, uma diminuição no teor de Al^{3+} e um aumento nos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} em função da dose de calcário adicionada como indicado pelas equações ajustadas neste experimento (Tabela 2). Resultados semelhantes foram encontrados por (CAMARGO et al., 1997; ERNANI et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2003). Na camada superficial a dose correspondente a $2,56 \text{ Mg ha}^{-1}$ propiciou uma

diminuição do teor de Al^{3+} de $0,60$ para $0,15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e uma elevação nos teores de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ de 1 para $2,67 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Duas hipóteses podem ser propostas para explicar os resultados apresentados acima: o cálculo da calagem baseada no método do Al trocável pode ter subestimado a quantidade de corretivo a ser aplicado e parte do corretivo aplicado não reagiu com o solo. Na camada subsuperficial, apesar de uma menor dose ($1,60 \text{ Mg ha}^{-1}$) ter sido suficiente para eliminar

todo o Al^{3+} em solução, os teores de Ca^{2+} ($0,92 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e Mg^{2+} ($0,52 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), são considerados baixos segundo RAIJ et al. (1996). Quando os corretivos de acidez são incorporados ao solo, o pH se eleva e o Al trocável precipita na forma de $Al(OH)_3$, saindo portanto da fase líquida do solo (ROWELL, 1993).

Na Tabela 5, comparando-se os dois métodos de cálculo da necessidade de calcário (QC1 e QC2) com a quantidade de calcário a aplicar pelo método de incubação para atingir um pH igual a 6,0 (QC3), pode-se observar que a quantidade de calcário a aplicar pelo método de incubação, na camada superficial, foi superior a quantidade de calcário a aplicar pelos outros dois métodos. Este resultado implica numa recomendação de uma dose de calcário insuficiente para neutralizar a acidez do solo, diminuir a toxidez de Al, Fe e Mn e aumentar a disponibilidade de fósforo (NOVAIS & SMYTH, 1999) e alguns micronutrientes (FERREIRA

et al., 2001). Desta forma, faz-se necessário uma calibração dos métodos de recomendação de calagem atualmente utilizados, para nossas condições, por meio de curvas de incubação, de forma a minimizar os erros

No caso da camada subsuperficial, observou-se um comportamento contrário. As quantidades de calcário a aplicar pelos métodos QC1 e QC2, foram superiores ao obtido pelo método de incubação (QC3). A implicação deste resultado, superestima a quantidade de calcário a aplicar, e afeta a disponibilidade de nutrientes no solo. A aplicação de uma dose excessiva garante a neutralização da acidez do solo e o fornecimento de cálcio e magnésio. Em contrapartida, muitos nutrientes tornar-se-ão indisponíveis pela elevação exagerada do pH do solo, como é normalmente observada para o fósforo (NOVAIS & SMITH, 1999) e os micronutrientes catiônicos (FERREIRA et al., 2001; CAIRES & FONSECA, 2000).

TABELA 3. Equações de regressão para o pH em um Latossolo, em duas profundidades, para cada dose de calcário aplicada em função do tempo de incubação (T) das amostras.

Variável	Equação	R ²
Dose 1		
Superficial	$pH = 4,56 + 0,45^{**} T - 0,013^{**} T^2$	0,79
Subsuperficial	$pH = 4,86 + 0,26^{**} T - 0,001^{**} T^2$	0,79
Dose 2		
Superficial	$pH = 4,87 + 0,13^{**} T - 0,004^{**} T^2$	0,76
Subsuperficial	$pH = 4,81 + 0,11^{**} T - 0,002^{**} T^2$	0,98
Dose 3		
Superficial	$pH = 5,08 + 0,17^{**} T - 0,005^{**} T^2$	0,62
Subsuperficial	$pH = 4,81 + 0,16^{**} T - 0,002^{**} T^2$	0,96
Dose 4		
Superficial	$pH = 5,15 + 0,19^{**} T - 0,005^{**} T^2$	0,55
Subsuperficial	$pH = 4,88 + 0,17^{**} T - 0,003^{**} T^2$	0,94
Dose 5		
Superficial	$pH = 5,19 + 0,21^{**} T - 0,006^{**} T^2$	0,59
Subsuperficial	$pH = 4,92 + 0,18^{**} T - 0,003^{**} T^2$	0,95

TABELA 4. Equações de regressão ajustadas para o pH de um Latossolo, em duas profundidades, quando submetido a diferentes doses de calcário e tempos de incubação.

Variável	Equação	R ²
7 dias		
Superficial	$pH = 4,66 + 2,05^{**} D - 0,43^{*} D^2$	0,99
Subsuperficial	$pH = 4,97 + 0,67^{**} D - 0,07^{*} D^2$	0,99
14 dias		
Superficial	$pH = 4,98 + 2,19^{**} D - 0,48^{*} D^2$	0,99
Subsuperficial	$pH = 5,21 + 0,73^{**} D - 0,10^{*} D^2$	0,99
21 dias		
Superficial	$pH = 4,93 + 0,81^{**} D - 0,14^{*} D^2$	0,97
Subsuperficial	$pH = 4,80 + 1,79^{**} D - 0,30^{*} D^2$	0,99
28 dias		
Superficial	$pH = 4,82 + 0,50^{**} D - 0,01^{*} D^2$	0,97
Subsuperficial	$pH = 4,70 + 1,85^{**} D - 0,32^{*} D^2$	0,99
35 dias		
Superficial	$pH = 4,36 + 0,78^{**} D - 0,11^{*} D^2$	0,96
Subsuperficial	$pH = 4,51 + 1,62^{**} D - 0,23^{*} D^2$	0,99

TABELA 5. Quantidade de calcário (QC) calculada por três diferentes métodos, em duas profundidades, para um Latossolo do município de Serra do Mel - RN.

Métodos de recomendação	Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)	
	0-20 cm	20-40 cm
QC1	1,41	1,31
QC2	3,10	3,5
QC3	3,56	0,91

CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos neste ensaio de incubação, pode-se concluir:

O calcário comercial com PN (76,7%), RE (99,2%) PRNT (76,1%) empregado neste experimento

pode ser utilizado como corretivo de acidez de solos latossólicos;

A quantidade de calcário a aplicar deve ser calculada utilizando-se o método de incubação para evitar sub ou superestimativa de dosagem;

O tempo necessário para neutralização da acidez em Latossolo é de 35 dias de incubação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V., V.H. et al. Curso de fertilidade e manejo do solo. Módulo 04 – **Acidez e Calagem do Solo**. Brasília: ABEAS, 1996. 68p.

CAIRES, E.F. & FONSECA, A.F. da. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. **Bragantia**, Piracicaba, 59, p.213-220, 2000.

CAMARGO, O.A. et al. Alteração de atributos químicos do horizonte superficial de um latossolo e um podzólico com a calagem. **Scientia Agricola**, Piracicaba, 54, p. 1-8, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 211p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 1999. 412p.

ERNANI, P.R. et al. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. **Scientia Agricola**, Piracicaba, 58, p. 825-831, 2001.

FERREIRA, M.E. et al. Micronutrientes e Elementos Tóxicos na Agricultura. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. 600p.

KAMPRATH, E. J. **Soil acidity and response to liming**. Raleigh, North Carolina State University. Agricultural Experiment State, 1967. 21p. (Tech. Bull., 4).

LINDSAY, W.L. **Chemical Equilibria in Soils**. New York: John Wiley & Sons. 1979. 449p.

McLAUGHLIN, M.J. & JAMES, T.R. Effect of phosphorus supply to the surface roots of wheat on root extension and rizosphere chemistry in an acidic subsoil. **Plant and Soil**, Dordrecht, 134, p. 73-82, 1991.

NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: DPS/UFV, 1999. 399p.

OLDEMAN, L.R. et al. The extent of human-induced soil degradation. In: OLDEMAN, L.R., HAKKELING, R.T.A., SOMBROEK, W.G. (ed.). **World Map of the Status of human-Induced Soil Degradation: An Exploratory note**. Wageningen, Netherlands: International Soil Reference and Information Centre (ISRIC), p. 27-33, 1991.

OLIVEIRA, P.P.A. et al. Liming and fertilization to restore degraded *brachiaria decumbens* pastures grown on an entisol. **Scientia Agricola**, Piracicaba, 60, p. 125-131, 2003.

RAIJ, B. van et al. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Piracicaba: IAC, 1996. 105p.

ROWELL, D.L. **Soil science: methods and applications**. Essex: Longman Scientific & Technical, 1993. 350p.

SANCHEZ, P.A. Soil productivity and sustainability in agroforestry systems. In: STEPLER, H.A., NAIR, P.K.R. (ed.). **Agroforestry: A decade of development**. Nairobi, Kenya: ICRAF. p. 205-223, 1987.

SANDANAM, S. et al. Nitrification of ammonium sulphate and urea in an acid red yellow podzolic tea soil in Sri Lanka in relation to soil fertility. **Plant and Soil**, Dordrecht, 49, p. 9-22, 1978.

SANSONOWICZ, C. & SMYTH, T.J. Effects of hydrogen on soybean root growth in a subsurface solution. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 30, p. 255-261, 1995.

SILVA, C.A. & VALE, F.R. Disponibilidade de nitrogênio em solos Brasileiros sob efeito de calagem e de fonte de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 35, p. 2461-2471, 2000.

SILVA, C.A. et al. Nitrificação em latossolos da região sul de Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, 18, p. 388-394, 1994.

VALE, F.R. et al. Crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 31, p. 609-616, 1996.

VON UEXKÜLL, H.R. & MUTERT, E. Global extent, development and economic impact of acid soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, 171, p. 1-15, 1995.

YADVINDER-SINGH, C. & BEAUCHAMP, E.G. Nitrogen mineralization and nitrifier activity in limed and urea treated soils. **Communications and soil science and plant analysis**, New York, 17, p. 1369-1381, 1986.