

Desenvolvimento de feijoeiro comum cultivado em amostras de Organossolo com diferentes níveis de calagem¹

Development of common bean cultivated on Histosols samples with different liming levels

Nivaldo Schultz², Arcângelo Loss³, Marcos Gervasio Pereira^{4*}, Sidinei Julio Beutler² e Everaldo Zonta⁵

Resumo - O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da calagem nos atributos químicos do solo, na produção de matéria seca e no acúmulo de N, P e K na cultura do feijoeiro, conduzido em casa-de-vegetação. Foram utilizadas amostras de terra da camada de 0-20 cm de um Organossolo da região de Santa Cruz, RJ. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos constituíram-se em cinco níveis de saturação por bases (V%): 30; 45; 60; 75 e 100% e o controle, com saturação natural do solo. Ao final do ciclo da cultura, foi coletada a parte aérea das plantas, que foi seca em estufa a 65 °C até peso constante. Em seguida, determinou-se a produção de matéria seca e o acúmulo de N, P e K. Após a coleta, foram retiradas amostras de terra dos vasos nas quais foram determinados os valores de pH (em H₂O), Ca, Mg, Na, H+Al, Al, P e K. Foi verificado que, na saturação por bases de 43%, o Al foi totalmente neutralizado e houve aumento do pH do solo e dos teores de Ca, sem apresentar diminuição dos teores de P disponível. A produção de matéria seca e o acúmulo de nutrientes ajustaram-se a um modelo quadrático em função do aumento da saturação por bases. Houve aumento significativo na produção de matéria seca e na extração de N, P e K pelo feijoeiro a partir da menor dose de calcário aplicada, sendo decrescentes os incrementos com a aplicação de doses maiores de calcário.

Palavras-chaves - Feijão. Calagem. Solos de várzea.

Abstract - The objective of this study was to evaluate the liming effect on the soil chemical attributes, biomass production and N, P and K content in a bean crop, in a greenhouse experiment. Were used soil samples collected from 0-20 cm layer of a Histosol in the region of Santa Cruz, Rio de Janeiro State, Brazil. The experimental design was randomized, with six treatments and five replications. The treatments consisted of five base saturation (V) values: 30; 45; 60; 75; 100%, and a control with natural soil saturation. At the end of the cycle, the biomass was collected and dried in an oven at 65 °C for 48 hours. After drying, were determined the weight of dry matter and N, P and K content. After plant collection, soil samples were collected from the pot, and pH, Ca, Mg, Na, H+Al, Al, P and K were determined. It was verified that the saturation to 43% the Al was completely neutralized and a significant increase in Ca, without reduced available P in the soil. The biomass production and nutrient accumulation described a quadratic model as a function of bases saturation increasing. There was a significant increase in dry matter production and N, P and K extraction by bean from the lowest liming rate, and decreasing the increments with the higher doses of lime application.

Key words - Bean crop. Liming. Lowland soil.

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 27/04/2010; aprovado em 11/03/2011

Pesquisa financiada pelo CNPq

²Programa de Pós-Graduação em Agronomia e Ciência do Solo, CPGA/CS, bolsista do CNPq, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/UFRRJ, BR 465 km 7, Seropédica-RJ, Brasil, 23.890-000, nsufrj@yahoo.com.br, s.parana@yahoo.com.br

³Programa de Pós-Graduação em Agronomia e Ciência do Solo, CPGA/CS da UFRRJ, bolsista da FAPERJ, arcangeloloss@yahoo.com.br

⁴Departamento de Solos da UFRRJ, Bolsista 1D do CNPq e Cientista do Nosso Estado da FAPERJ, gervasio@ufrj.br

⁵Departamento de Solos da UFRRJ, Bolsista 2 do CNPq, ezonta@ufrj.br

Introdução

Dentre as ordens de solos que ocorrem no território brasileiro os Organossolos apresentam pequena extensão territorial, aproximadamente 1%. Apesar dessa aparente pequena expressão, estes solos possuem elevado potencial agrícola e grande importância ambiental (VALLADARES et al., 2008), porém ainda são pouco estudados.

No Brasil, as pesquisas com Organossolos e solos afins ainda são incipientes, porém há trabalhos que fazem inferência às propriedades edáficas destes solos, tais como, o estudo das substâncias húmicas (SCOTT et al., 2001; VALLADARES et al., 2007), carbono e nitrogênio (BLOMBÄCK et al., 2003; KELLER et al., 2004), alumínio trocável (PEREZ et al., 2009) e acidez potencial (PEREIRA et al., 2006), densidade do solo e teores de fibras esfregáveis (D'AMORE; LYNN, 2002) e fertilidade do solo de maneira geral (CARDOZO et al., 2008; MATTIELLO et al., 2006).

Nas últimas décadas, alguns estudos vêm sendo realizados com o intuito de identificar as melhores práticas de manejo para os Organossolos, principalmente, naqueles onde ocorreu subsidência, em função da drenagem e/ou em razão das elevadas doses de calcário aplicadas ao solo para a correção da acidez (PEREIRA et al., 2005).

O elevado teor de matéria orgânica dos Organossolos lhes confere características edáficas próprias. Algumas delas resultam em efeitos contrastantes, em relação aos observados em solos minerais. Como exemplo, os elevados teores de alumínio e baixos valores de pH, características indesejáveis em solos minerais, geralmente, têm menor impacto negativo no desenvolvimento das plantas, devido ao elevado poder tampão da matéria orgânica. Outro aspecto importante observado nestes solos é que altos valores de saturação por Al ocorrem, simultaneamente, com altos níveis de Ca e Mg no complexo sortivo (EBELING et al., 2008).

Segundo Andrade et al. (2000), a calagem é indispensável nestes solos para a maioria das culturas. Estudando as propriedades químicas e manejo de solos tiomórficos da várzea do Rio Coruripe - AL, Souza Júnior et al. (2001) concluíram que o manejo mais adequado destes solos baseia-se na manutenção do pH (em H₂O) próximo a 4,0, evitando, desta forma, a recomendação da aplicação de elevadas doses de calcário. No entanto, em função da grande variabilidade desta ordem de solos, esta recomendação não pode ser generalizada (VALLADARES et al., 2003). Sendo o feijoeiro uma cultura sensível à acidez (RANGEL et al., 2009), a calagem tem sido uma prática indispensável para viabilizar o seu cultivo nesses solos (FAQUIN et al., 1998; QUAGGIO et al., 1985). Avaliando o efeito da calagem nas propriedades químicas de um Organossolo cultivado com feijão em casa de

vegetação, Mattiello et al. (2006) observaram aumentos significativos no conteúdo de nitrogênio total e potássio na matéria seca do feijoeiro, em função do incremento da saturação por bases até 80%.

Por tratar-se de solos que quase sempre se encontram em regiões onde predomina a agricultura familiar, muitas destas áreas são cultivadas com a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em sistema de rotação de culturas. O feijão constitui a base alimentar da população brasileira, sendo uma das culturas mais difundidas no Brasil e no mundo (BERTOLDO et al., 2009).

Este trabalho teve como objetivos avaliar o efeito da calagem nos atributos químicos de amostras de um Organossolo, na produção de matéria seca e no acúmulo de N, P e K na cultura do feijoeiro, cultivado em casa-de-vegetação.

Material e métodos

Para a realização deste estudo, foram coletadas amostras superficiais (0 a 20 cm de profundidade) de um Organossolo Háptico, localizado na região de Santa Cruz, município do Rio de Janeiro, em área não cultivada, cuja cobertura do solo no momento da coleta era formada por braquiária (*Brachiaria* sp). Após a secagem e peneiramento do material em malha de 2 mm, uma subamostra foi separada para a caracterização química, segundo metodologia descrita por Embrapa (1997), sendo realizadas as análises de pH em água, Ca, Mg, Al, H+Al, Na, K, P, a partir dos quais foram calculados os valores da capacidade de troca catiônica do solo (Valor T) e a saturação por bases (Valor V%) (TAB. 1).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições, sendo os tratamentos formados por cinco níveis de saturação por bases, mais a testemunha, com saturação natural do solo de 11% (TAB. 1). Os níveis de saturação (V%) propostos foram: V 30%, V 45%, V 60%, V 75% e V 100%. Para a determinação das doses de calcário, equivalentes aos valores de V% pré-estabelecidos, foi desenvolvido um ensaio preliminar em laboratório com doses crescentes de calcário dolomítico (280 e 120 g kg⁻¹ de CaO e MgO, respectivamente) PRNT 83%, em recipientes de 200 mL, contendo 100 g de solo. Após 30 dias de incubação, procedeu-se a caracterização química do solo do experimento preliminar, determinando-se a partir da equação gerada por meio de regressão linear, as doses de calcário a serem utilizadas nos vasos do experimento em casa de vegetação.

O solo foi peneirado em malha de 2 mm e colocado em vasos plásticos. As doses de calcário para elevar a saturação por bases para 30; 45; 60; 75 e 100% foram

Tabela 1 - Caracterização química da camada superficial (0-20 cm) de um Organossolo Háplico, da região de Santa Cruz, município do Rio de Janeiro

| Ca | Mg | K | Na | H+Al | Al | T | V | pH | P |
|---|------|------|------|-------|------|-------|----|-------|---------------------|
| -----cmol _c dm ⁻³ ----- | | | | | | | % | 1:2,5 | mg dm ⁻³ |
| 1,70 | 1,16 | 0,13 | 0,06 | 25,95 | 3,00 | 29,00 | 11 | 4,80 | 98 |

Na, P e K (Mehlich-1); Ca, Mg e Al (KCl 1 mol L⁻¹); H + Al (acetato de cálcio)

5,83; 11,29; 16,76; 22,23 e 31,33 g kg⁻¹, respectivamente. Após a aplicação das doses de calcário estabelecidas, o solo foi incubado em vasos plásticos com capacidade de 2,8 kg de solo, sendo a umidade equivalente a 80% do volume total de poros (MATTIELLO et al., 2006), durante 30 dias, em casa-de-vegetação.

O experimento foi conduzido entre os meses de fevereiro a maio de 2006. A cultura implantada foi o feijoeiro cv. Carioca, inoculado com *Bradirhizobium saporicum* (espécies BR 322 e BR 520). A semeadura foi realizada em março de 2006, sendo distribuídas cinco sementes por vaso. Após a emergência, foi realizado o desbaste, deixando-se apenas duas plântulas por vaso.

A umidade do solo nos vasos foi acompanhada diariamente e mantida em condições adequadas à cultura, próximo à capacidade de campo. Para se determinar a capacidade de campo das amostras de solo, pesaram-se 30 g de solo, tamisadas a 2 mm, e colocou-se num funil de plástico com 10 cm de diâmetro, vedado com lã de vidro na base, para evitar perda de material. Posteriormente, as amostras de solo foram saturadas com água deionizada. Os funis foram cobertos com filme plástico, para minimizar perdas de água por evaporação, e assim permaneceram por 4-6 horas para drenagem do excesso de água. Em seguida, cerca de 5 g de cada amostra de solo foram secas em estufa a 105 °C até obter-se massa constante. A capacidade de campo foi determinada utilizando a seguinte equação: $CC = P1 - P2 / P2$; onde, CC.= capacidade de campo; P1= peso da amostra de solo úmida (g); P2= peso da amostra de solo seca (g) (MATTIELLO et al., 2006).

Ao final do ciclo da cultura, foi feita a coleta da parte aérea e raízes, sendo o material vegetal seco em estufa de circulação forçada a 65 °C até obtenção de massa constante, determinando-se, assim, a produção de matéria seca. Posteriormente, o material foi separado em raiz, parte aérea e grãos e moído em moinho tipo Willey, determinando-se os teores de N, P e K, nas três frações, por meio de digestão sulfúrica (TEDESCO et al., 1995). O acúmulo de nutrientes foi determinado multiplicando-se os teores destes elementos pela massa de sua respectiva fração, sendo estas somadas ao final. Após a colheita das plantas, ao final do período experimental, foram coletadas amostras de terra nos vasos para a avaliação dos atributos

químicos da mesma (pH em água, Ca, Mg, Al, H+Al, Na, K, P), empregando-se os métodos sugeridos por Embrapa (1997).

Os resultados foram submetidos às análises estatísticas, utilizando-se o programa SAEG 5.0. Foram realizados os testes de normalidade (teste de Lilliefors), homogeneidade das variâncias (Cochran e Bartlett), análise de variância (teste F) e regressão para os atributos químicos do solo, produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes.

Resultados e discussão

Alterações nas propriedades químicas do solo

Nas Figuras 1; 2 e 3, são apresentados os resultados das análises de regressão dos atributos químicos do solo, para os diferentes tratamentos, no final do ciclo da cultura. Os valores de saturação por bases proposta de 11 (natural), 30; 45; 60; 75 e 100% corresponderam aos valores de saturação por bases encontrados de 16 (natural), 43; 68; 78; 84 e 90%, respectivamente (FIG. 1; 2 e 3).

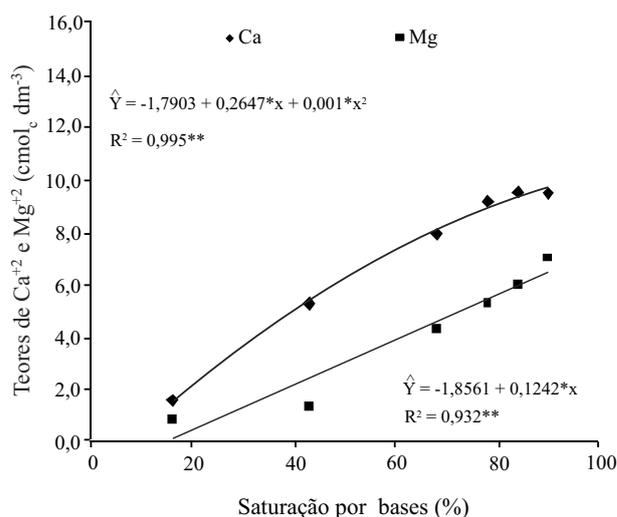


Figura 1 - Teores de cálcio e magnésio no Organossolo Háplico em função dos diferentes níveis de saturação após a colheita do feijoeiro. ** significativo ao nível de 1% pelo teste F

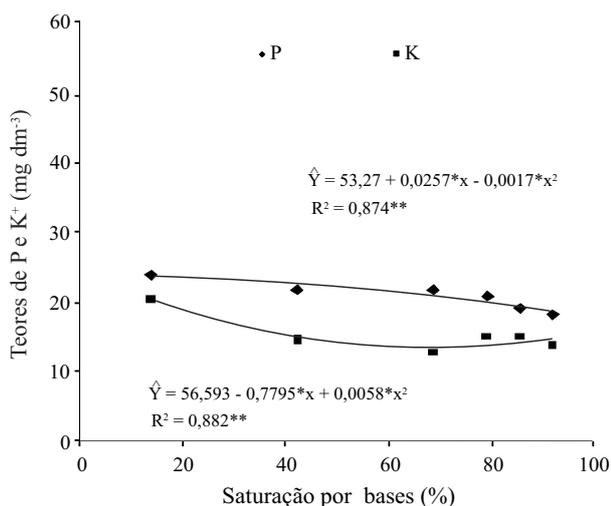


Figura 2 - Teores de fósforo e potássio no Organossolo Háplico em função dos diferentes níveis de saturação após a colheita do feijoeiro. ** significativo ao nível de 1% pelo teste F

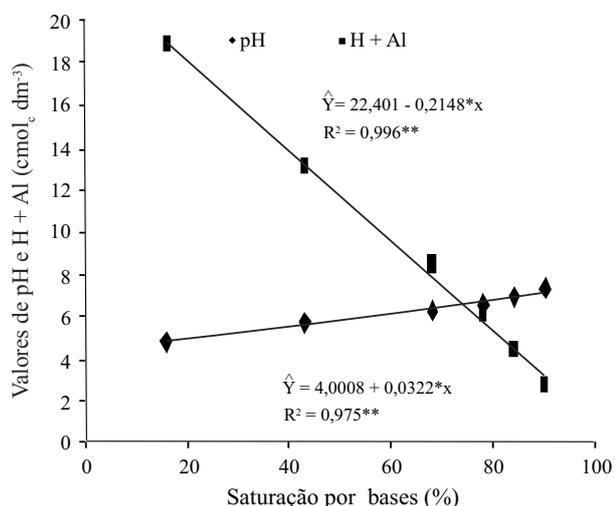


Figura 3 - Valores de pH e H+Al no Organossolo Háplico em função dos diferentes níveis de saturação após a colheita do feijoeiro. ** significativo ao nível de 1% pelo teste F

Em decorrência do aumento das doses de calcário, ocorreu elevação da saturação por bases e aumentos nos valores de pH (4,53 a 7,12) (FIG. 3), aumento dos teores de Ca (2,26 a 13,70 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e Mg (1,24 a 10,16 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) (FIG. 1), paralelos à redução da acidez potencial (18,50 a 2,59 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) (FIG. 3). O íon Al^{3+} apresentou teores de 2,04 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, para a testemunha ao final do experimento, sendo totalmente neutralizado com a elevação da saturação por bases a 43 % (dados não apresentados).

Os resultados obtidos neste estudo são similares aos verificados por Quaggio et al. (1985) que, avaliando

a calagem para rotação de feijão-milho verde em solo orgânico do Vale do Rio Ribeira do Iguape-SP, verificaram que a elevação da saturação por bases a aproximadamente 50% foi suficiente para eliminar o efeito tóxico do íon Al e manter o pH a 4,9. Avaliando-se o tratamento com solo natural ($V = 16\%$), quanto à acidez potencial e o teor de Al, pode-se inferir que, em condições naturais, estes solos apresentam baixa fertilidade (RAIJ et al., 1996).

As diferenças encontradas entre o solo natural e as diferentes doses de calcário são semelhantes aos resultados obtidos por Cardozo et al. (2008). Esses autores avaliaram os atributos químicos de um Organossolo Háplico, em Nova Friburgo, RJ, cultivado com oleráceas, onde se fez a calagem (667 $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) previamente ao cultivo e uma área sem calagem. Cardozo et al. (2008) observaram maiores teores de H+Al (21,95 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e menores teores de Ca + Mg (6,48 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e pH (5,27) no solo sem aplicação de calcário, em relação ao que recebeu a calagem. Neste último, os teores de H+Al, Ca + Mg e o valor do pH foram de 6,30 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, 8,96 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ e 5,99, respectivamente. Os autores relataram que as diferenças observadas entre as áreas estudadas são decorrentes da calagem realizada na área, onde foram aplicadas.

Em relação às doses de calcário aplicadas, verificou-se padrão diferenciado entre os teores de Ca, Mg, P e K. Houve aumento dos teores de Ca até a dose correspondente a 78% da saturação por bases, não sendo observadas diferenças a partir deste tratamento. Quanto ao Mg, os valores foram crescentes em função das doses de calcário aplicadas, sendo o maior valor verificado para a saturação de 90% (FIG. 1).

Avaliando o efeito da calagem nas propriedades químicas de um Organossolo cultivado com feijão em casa de vegetação, Mattiello et al. (2006) encontraram resultados semelhantes aos observados neste estudo. Os autores verificaram que os valores de pH e Ca aumentaram e os teores de Al diminuíram em função do aumento das doses de calcário aplicadas, sendo estas correspondentes aos seguintes V: 30; 45; 60; 75; 80 e 95%. Para o Mg, Mattiello et al. (2006) não encontraram diferenças entre o solo natural e entre as diferentes doses de calcário aplicadas. Este padrão difere do observado neste estudo, onde os teores de Mg aumentaram em função do aumento da saturação por bases (TAB. 2). Este resultado é corroborado por Faquin et al. (1998), que estudaram a resposta do feijoeiro à aplicação de calcário em solos de várzea, no Sul de Minas Gerais. Esses autores observaram aumento dos teores de Mg em detrimento ao aumento das doses de calcário aplicadas.

Os teores de P e K diminuíram em função das doses de calcário aplicadas (FIG. 2). Essa redução pode estar associada à maior extração destes nutrientes pela cultura,

que estaria sendo favorecida pela correção do solo. Estes resultados são corroborados por Mattiello et al. (2006), que verificaram redução dos teores de P e K de acordo com o aumento da saturação por bases e atribuíram este padrão a maior absorção destes nutrientes pela cultura.

Comparando-se os valores de pH, H+Al e Al do solo sem calagem (4,53, 18,50 cmol_c dm⁻³ e 2,04 cmol_c dm⁻³), com alguns valores modais verificados por Valladares et al. (2008) (4,50; 20 cmol_c dm⁻³ e 2,0 cmol_c dm⁻³) em 97 Organossolos e alguns solos com elevados teores de matéria orgânica de todo o Brasil, pode-se verificar que os mesmos são similares.

Perante os resultados encontrados neste estudo, para pH, H+Al e Al, verifica-se que o cultivo de feijão, sem o uso da calagem torna-se inviável. Frente a estes dados, observou-se, na Figura 3, que a partir da saturação de 43%, tem-se aumento do pH, neutralização total do Al (dados não apresentados) e diminuição de H+Al, assim como aumento nos teores de Ca (FIG. 1). Entretanto, quando se compara os teores de P encontrados com o V 43% e V 68%, observa-se que não apresentaram diferenças em relação ao solo sem aplicação de calcário (V 16%) (FIG. 2).

De acordo com Souza Junior et al. (2001), o manejo mais adequado destes solos baseia-se na manutenção do pH próximo a 4,0, condição esta verificada apenas para o solo natural (FIG. 3). No entanto, em função da grande variabilidade desta ordem de solos, esta recomendação não pode ser generalizada (VALLADARES et al., 2003), sendo, portanto, o V 30% (V 43% encontrado) mais adequado para a condição em estudo, pois representa um pH de 5,47. Segundo Fageria e Zimmermann (1998), o pH do solo ideal, para a absorção da maioria dos nutrientes para a cultura do feijão, está próximo de 6,0. A diminuição dos valores de H+Al e ausência de Al tóxico para as plantas, assim como aumento dos teores de Ca e valores estatisticamente iguais de P, quando comparado com o solo sem aplicação de calcário, indicam que para esta dose não há precipitação de P.

Quando se compara as saturações de V 30% e V 45%, verifica-se condições semelhantes entre elas, como ausência de Al (dados não apresentados) e teores de P iguais (FIG. 2). Entretanto, o V 45% apresenta maiores valores de pH (FIG. 3), Ca e Mg (FIG. 1) e menores valores de H+Al (FIG. 3) que o V 30%, porém não difere na produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes (FIG. 4 e 5). Portanto, o V 30% proposto (V 43% encontrado) é o mais indicado para o solo em questão.

Produção de matéria seca

Por meio da análise de regressão, verificou-se efeito significativo dos níveis de saturação por bases na produção de matéria seca do feijoeiro (FIG. 4).

A produção de matéria seca seguiu um modelo quadrático, sendo o maior incremento verificado na saturação por bases 43%, demonstrando que os níveis

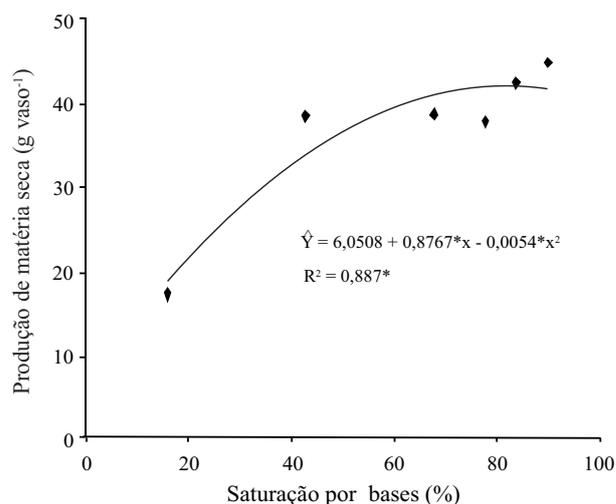


Figura 4 - Matéria seca produzida pelo feijoeiro (g vaso⁻¹) em função da elevação dos níveis de saturação por bases em Organossolo Háplico. * significativo ao nível de 5% pelo teste F

de saturação a serem atingidos para maiores valores de produção, em Organossolos, não devem ser os mesmos recomendados para os solos minerais (ANDRADE et al., 2000). Estes resultados concordam com Souza Junior et al. (2001) que, estudando as propriedades químicas e manejo de solos tiomórficos da várzea do Rio Coruripe - AL, concluíram que o manejo mais adequado destes solos baseia-se na manutenção do pH próximo a quatro (4,0), evitando, desta forma, a recomendação da aplicação de elevadas doses de calcário. Esta resposta está ainda em consonância com os trabalhos de Quaggio et al. (1985) e Faquin et al. (1998) que, avaliando a resposta do feijoeiro à aplicação de diferentes doses de calcário em Organossolos do Vale do Ribeira, SP, verificaram que os maiores valores de produção não foram observados nas maiores doses de calagem.

A reduzida produção de matéria seca da testemunha, em relação aos níveis de saturação atingidos, pode ser decorrente da alta concentração de Al tóxico presente no solo em condições naturais (3,0 cmol_c dm⁻³, TAB. 1). Estes resultados concordam com Andrade et al. (2000). Os autores avaliaram a fertilidade dos solos de várzea do sul de Minas Gerais e observaram que, nos tratamentos onde se omitiu a calagem, a produção de matéria seca do feijoeiro foi inferior aos demais. Segundo Rangel et al. (2010), o íon Al retarda o alongamento das raízes e afeta de forma negativa o crescimento e desenvolvimento das plantas. Segundo Fageria et al. (1996), a cultura do feijoeiro apresenta limitações no seu desenvolvimento em solos que apresentam elevados teores de Al.

De acordo com Rossiello e Jacob Netto (2006), as plantas eudicotiledôneas, como o feijoeiro, possuem em suas superfícies celulares alta densidade de cargas, as quais favorecem os íons trivalentes, como o Al, a estabelecerem uma interação muito forte com estas superfícies, de maneira tal que praticamente entram em “colapso”, formando ligações quase covalentes e, neste caso, dificilmente são substituídos nas superfícies de troca, reduzindo a capacidade de troca de cátions das raízes das plantas. A permanência do Al nesses sítios interfere no alongamento das raízes, na absorção de nutrientes benéficos, principalmente, cálcio, que é um elemento indispensável para o funcionamento das membranas celulares, reduzindo, desta forma, o desenvolvimento da cultura.

Acúmulo de nutrientes

Na Figura 5, são apresentados os acúmulos de N, P e K na matéria seca do feijoeiro em função do aumento da saturação por bases.

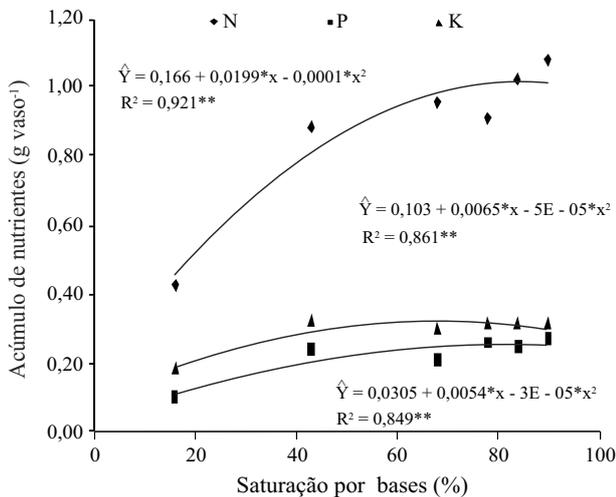


Figura 5 - Acúmulo de N, P e K na matéria seca do feijoeiro (cv. Carioca) em função dos níveis de saturação por bases (V%) em um Organossolo Háplico. ** significativo ao nível de 1% pelo teste F

O acúmulo dos três elementos analisados seguiu um modelo quadrático, ou seja, houve incremento significativo dos mesmos, a partir da menor dose de calcário aplicada, tendendo a estabilização nas maiores doses. Resultados semelhantes para N e K foram verificados por Mattiello et al. (2006) em Organossolos. Os autores atribuíram este padrão de acúmulo de nutrientes das plantas ao aumento da saturação por bases (V%).

Em relação ao acúmulo de P, Mattiello et al. (2006) verificaram que não houve influência das doses de calcário

aplicadas, divergindo dos resultados obtidos neste estudo, onde o acúmulo de P foi influenciado positivamente pelas doses de calcário aplicadas. O aumento do acúmulo de N, P e K na matéria seca das plantas pode ser resultante da presença de Ca ou da ausência do Al. Segundo Paula et al. (1989), a prática da calagem, além de eliminar o efeito tóxico do alumínio, fornece Ca que é um elemento indispensável para o funcionamento das membranas celulares, particularmente da plasmalema, a qual garante uma absorção adequada dos nutrientes, o que poderia estar contribuindo para o aumento dos teores dos mesmos.

Conclusões

1. A saturação por bases de 43% foi suficiente para neutralizar o alumínio tóxico, elevar o pH do solo e os teores de Ca, sem diminuir os teores de P disponível no solo;
2. A saturação, por bases a 68%, apresentou pH do solo ideal para absorção de nutrientes da maioria das culturas comerciais. Entretanto, não foram verificadas diferenças na produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes em relação à saturação de 43%;
3. Houve aumento significativo na produção de matéria seca e na extração de N, P e K pelo feijoeiro, a partir da menor dose de calcário aplicada, sendo decrescentes os incrementos com a aplicação de doses maiores de calcário.

Referências

- ANDRADE, C. A. B. *et al.* Fertilidade de solos de Várzea do Sul de Minas Gerais para o cultivo do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 11, p. 2287-2294, 2000.
- BERTOLDO, J. G. *et al.* Correlação entre caracteres de produção e tempo de cocção em feijão em dois ambientes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 01, p. 135-140, 2009.
- BLOMBÄCK, K. *et al.* Simulations of soil carbon and nitrogen dynamics during seven years in a catch crop experiment. **Agricultural Systems**, v. 76, n. 01, p. 95-114, 2003.
- CARDOZO, S. V. *et al.* Caracterização de propriedades edáficas em áreas sob manejo orgânico e natural na região serrana do Estado do Rio de Janeiro. **Semina. Ciências Agrárias**, v. 29, n. 03, p. 517-530, 2008.
- D'AMORE, D. V.; LYNN, W. C. Classification of Forested Histosols in Southeast Alaska. **Soil Science Society American Journal**, v. 66, n. 02, p. 554-562, 2002.
- EBELING, A. G. *et al.* Relação entre acidez e outros atributos químicos em solos Com teores elevados de matéria orgânica. **Bragantia**, v. 67, n. 02, p. 429-439, 2008.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) - Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Manual**

- de métodos de análises de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 1997. 212 p.
- FAGEIRA, N. K.; OLIVEIRA, I. P.; DUTRA, L. G. Limitações químicas dos solos de cerrado e de várzeas. *In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (Goiânia, GO). Deficiências nutricionais na cultura do feijoeiro e suas correções.* Goiânia: EMBRAPA, 1996. p. 8-11.
- FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P. Influence of pH on growth and nutrient uptake by crop species in an Oxisol. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 29, n. 17, p. 2675-2682, 1998.
- FAQUIN, V. *et al.* Resposta do feijoeiro à aplicação de calcário em solos de várzea do sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 22, n. 04, p. 651-660, 1998.
- KELLER, J. K. *et al.* Climate change effects on carbon and nitrogen mineralization in peatlands through changes in soil quality. *Global Change Biology*, v. 10, n. 07, p. 1053-1064, 2004.
- MATTIELLO, E. M.; PEREIRA, M. G.; ZONTA, E. Efeito da calagem nas propriedades químicas de um Organossolo e no conteúdo de nutrientes da Fitomassa do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. Cv. carioca). *Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida*, v. 26, n. 01, p. 51-56, 2006.
- PAULA, B. M.; NOGUEIRA, F. D.; SANTOS, H. P. A calagem na produção de matéria seca e composição mineral do sorgo em solo Gley Pouco Húmido. *In: ALMEIDA, D. L. et al. Manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro.* Itaguaí: Universidade Rural, 1988. 179 p.
- PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; VALLADARES, G. Organossolos: ocorrência, gênese, classificação, alterações pelo uso agrícola e manejo. *In: VIDAL, torrado P. et al. Tópicos em ciência do solo.* Viçosa: FGV, 2005. p. 233-276.
- PEREIRA, M. G. *et al.* Estimativa da acidez potencial pelo método do pH SMP em solos com evado teor de matéria orgânica. *Bragantia*, v. 65, n. 03, p. 487-493, 2006.
- PEREZ, D. V. *et al.* Comparison of H/Al stoichiometry of mineral and organic soils in Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 04, p. 1071-1076, 2009.
- QUAGGIO, J. A. *et al.* Calagem para a rotação feijão-milho verde em solo orgânico do vale do rio Ribeira de Iguape (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 09, n. 03, p. 255-261, 1985.
- RAIJ, B. VAN.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 255 p. (Boletim Técnico, 100).
- RANGEL, A. F.; RAO, I. M.; HORST, W. J. Intracellular distribution and binding state of aluminum in root apices of two common bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes in relation to Al toxicity. *Physiologia Plantarum*, v. 135, n. 02, p. 162-173, 2009.
- RANGEL, A. F. *et al.* Aluminum resistance in common bean (*Phaseolus vulgaris*) involves induction and maintenance of citrate exudation from root apices. *Physiologia Plantarum*, v. 138, n. 02, p. 176-190, 2010.
- ROSSIELO, R. O. P.; NETTO, J. J. Toxicidade de Alumínio em Plantas. *In: FERNANDES, M. S. Nutrição Mineral de Plantas.* Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. cap. 04, p. 387-390.
- SCOTT, M. J. *et al.* The molecular properties of humic substances isolated from a UK upland peat system. A temporal investigation. *Environment International*, v. 27, n. 06, p. 449-462, 2001.
- SOUZA JÚNIOR, V. S.; RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L. B. Propriedades químicas e manejo de solos tiomórficos da várzea do Rio Coruripe, Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, n. 04, p. 811-822, 2001.
- TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 188 p.
- VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. *Bragantia*, v. 62, n. 01, p. 111-118, 2003.
- VALLADARES, G. S. *et al.* Caracterização de solos brasileiros com elevados teores de material orgânico. *Magistra*, v. 20, n. 01, p. 95-104, 2008.
- VALLADARES, G. S. *et al.* Humic substance fractions and attributes of histosols and related high-organic-matter soils from Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 38, n. 05/06, p. 763-777, 2007.