

Plantas de cobertura e calagem na implantação do sistema plantio direto

Marcio Veronese⁽¹⁾, Eros Artur Bohac Francisco⁽²⁾, Leandro Zancanaro⁽²⁾ e Ciro Antonio Rosolem⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Departamento de Produção Vegetal, Caixa Postal 237, CEP 18603-970 Botucatu, SP. E-mail: marverone@ig.com.br, rosolem@fca.unesp.br ⁽²⁾Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso, Avenida Antonio Teixeira dos Santos, nº 1.559, Parque Universitário, CEP 78750-000 Rondonópolis, MT. E-mail: erosfrancisco@fundacaomt.com.br, leandrozancanaro@fundacaomt.com.br

Resumo—O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de plantas de cobertura e da calagem sobre a produtividade da soja e as características químicas do perfil do solo, após implantação do plantio direto. O experimento foi realizado em campo por dois anos, em Latossolo Vermelho-Amarelo. A área era explorada como pastagem há cinco anos. Avaliaram-se três sistemas de cultivo: soja/pousio/soja, soja/*Pennisetum glaucum*/soja e soja/*Urochloa ruziziensis*/soja, com aplicação de calcário à dosagem de 0, 0,5, 1,0 e 2,0 vezes a quantidade necessária para elevar a saturação de bases (V) a 50%, na camada de 0–20 cm. O calcário foi incorporado ao solo, a 20 cm de profundidade, previamente à implantação dos sistemas de cultivo. Aos 490 dias após a calagem, foram coletadas amostras de solo das profundidades de 0–10, 10–20, 20–40 e 40–60 cm. Avaliaram-se o estado nutricional das plantas, as alterações das características químicas do solo e a produtividade da soja. As plantas de cobertura associadas à calagem promovem melhorias nos parâmetros de acidez do solo – sobretudo quando a dose aplicada é igual ou mais elevada do que a recomendada para V 50% –, e aumentam o teor foliar de P e a produtividade da soja, independentemente da calagem. Quanto maior a dose de calcário, maior é o avanço da frente alcalina no solo e a produtividade de grãos.

Termos para indexação: *Pennisetum glaucum*, *Brachiaria ruziziensis*, acidez do solo, correção subsuperficial, sistema de produção.

Cover crops and liming in the implementation of no-tillage system

Abstract – The objective of this work was to evaluate the effect of cover crops and liming on soybean yield and on soil chemical characteristics of soil profile, after the implementation of no-tillage system. The experiment was carried out in the field, during two years, in a Typical hapludox. The area was explored as pasture for five years. Three cropping systems were evaluated: soybean/fallow/soybean, soybean/*Pennisetum glaucum*/soybean, and soybean/*Urochloa ruziziensis*/soybean, with lime application at doses 0, 0.5, 1.0 and 2.0 times the amount required to raise the saturation base (V) to 50% at the 0–20 cm layer. Lime was incorporated into the soil at 20-cm depth before crop system implementation. At 490 days after liming, soil samples were taken from the depths 0–10, 10–20, 20–40, and 40–60 cm. Plant nutritional status, changes in soil chemical characteristics, and soybean yield were evaluated. Cover crops associated with liming improve soil acidity parameters – mainly when the applied dose is equal to or higher than the one recommended for V 50% –, and increase P foliar contents and soybean yield, regardless of lime. The higher the limestone rate, the greater is the move of the alkaline front in soil and the greater is the grain yield.

Index terms: *Pennisetum glaucum*, *Brachiaria ruziziensis*, soil acidity, sub-superficial correction, cropping systems.

Introdução

Os solos tropicais apresentam elevada acidez e toxicidade por Al, além de baixos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺. Para a incorporação destes solos ao processo produtivo, é imprescindível a correção desses problemas por meio da calagem (Lopes et al., 1991). Poucas práticas agrícolas promovem retornos tão elevados no que diz

respeito ao aumento da produtividade das culturas quanto à calagem (Alcarde, 1992).

Contudo, em razão da baixa solubilidade e mobilidade do calcário no perfil do solo (Pavinato et al., 2009), a correção da acidez em subsuperfície é prejudicada quando a calagem é realizada em superfície (Costa & Rosolem, 2007). Além disso, para que haja crescimento radicular, há necessidade de Ca

no ambiente. Portanto, para que haja enraizamento abaixo de 20 cm há necessidade de incorporação profunda do calcário (Rosolem & Marcelo, 1998), o que pode minimizar riscos de redução da produtividade por períodos estiagem. No entanto a incorporação do calcário em profundidade tem sido limitada pelo custo energético e operacional elevado.

Recentemente, as plantas de cobertura têm recebido expressiva atenção de pesquisas, pois constituem alternativa para elevar a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Plantas como o milheto e as braquiárias têm destaque, pois é possível tê-las em sucessão a lavouras comerciais de milho ou soja, o que viabiliza o exploração de pastagens na entressafra de verão, em sistema de integração lavoura-pecuária, e ainda produz palhada para o plantio direto (Soratto et al., 2011).

Para Rosolem et al. (2004), a liberação, pelos resíduos vegetais na superfície do solo, de compostos orgânicos hidrossolúveis de baixa massa molar (ácidos orgânicos), antes do início da decomposição, é um dos principais mecanismos responsáveis pela eficiência da correção da acidez do solo com a aplicação de calcário em superfície, no sistema plantio direto (PD). A matéria orgânica é a principal fonte de ácidos orgânicos, mas a lavagem direta dos resíduos vegetais e a produção de exsudados radiculares e microbianos também podem se constituir em fontes desses ácidos (Franchini et al., 2003).

Vários estudos têm mostrado efeitos benéficos de plantas de cobertura nas propriedades do solo e no rendimento das culturas, decorrentes da produção de fitomassa, acúmulo e posterior liberação de nutrientes pela decomposição da palhada (Calonego et al., 2005; Torres et al., 2005; Boer et al., 2007). Contudo, Machado & Assis (2010) não observaram efeito de oito espécies de cobertura do solo usadas na entressafra da soja, sobre a produtividade de grãos, apesar da elevada produção de palhada pelas espécies. A eficácia desse sistema está relacionada, entre outros fatores, à quantidade e à qualidade de resíduos produzidos por plantas de cobertura (Rosolem et al., 2005). A palha na superfície do solo é reserva de nutrientes, cuja disponibilização pode ser rápida e intensa (Rosolem et al., 2003a) ou lenta e gradual (Crusciol & Soratto, 2009), a depender das interações entre a espécie utilizada, manejo da fitomassa (época de semeadura e de corte), umidade (regime de chuvas), aeração, temperatura, atividade macro e microbiológica do solo, composição química

da palha e tempo de permanência dos resíduos sobre o solo (Oliveira et al., 1999; Alcântara et al., 2000; Calonego et al., 2005). Além disso, no PD, a manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo diminui as variações de temperatura e de umidade do solo, o que favorece a fauna responsável pela abertura de canais contínuos, pelos quais pode ocorrer movimentação física do calcário aplicado (Oliveira & Pavan, 1996).

Foi relatada, também, a possibilidade de íons de nitrato – gerados por elevação do pH nas camadas mais superficiais do solo – intensificarem a lixiviação de cátions no perfil do solo, na presença de palha em superfície (Rosolem et al., 2003b; Rosolem, 2011). É evidente, portanto, a importância de se ampliar os conhecimentos sobre as interações entre a aplicação de calcário e as espécies de coberturas, em PD, por serem consideráveis seus efeitos na química do solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de plantas de cobertura sobre a produtividade da soja e sobre as características químicas do perfil, após a implantação do plantio direto.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em dois anos agrícolas (2008/2009 e 2009/2010), na estação experimental da Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária do Estado do Mato Grosso, em Itiquira, MT (17°10'S, 54°42'W, à altitude de 520 m), em Latossolo Vermelho-Amarelo (Santos et al., 2006). Utilizou-se o delineamento experimental de blocos completos ao acaso, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Em parcelas de 200 m² (10x20 m), foram implantados os sistemas de cultivo: soja/pousio/soja (SPS), soja/milheto (*Pennisetum glaucum*)/soja (SMS) e soja/braquiária (*Urochloa ruziziensis* – Syn. *Brachiaria ruziziensis*)/soja (SBS). A calagem foi realizada em subparcelas de 50 m² (5x10 m), em doses correspondentes a 0, 0,5 1,0 e 2,0 vezes a quantidade necessária para elevar a saturação de bases a 50%, à profundidade de 20 cm.

A área experimental estava plantada com *Urochloa brizantha* (Syn. *Brachiaria brizantha*), sob pastejo, há mais de cinco anos. Antes da instalação do experimento, a área foi uniformizada até a profundidade de 40 cm, por meio de subsolagem (40 cm), gradagem com grade de 28", aivecagem (40 cm), nova gradagem com grade de 28" e gradagem niveladora com grade de 22". Após

o preparo, o solo apresentou as seguintes características químicas e físicas na camada superficial (0–20 cm): pH em CaCl_2 , 3,78; P disponível (extrator Mehlich 1), $1,8 \text{ mg dm}^{-3}$; K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis, 0,10, 1,18 e $0,69 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente; H+Al, Al^{3+} e CTC, 6,9, 0,70 e $10,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente; saturação por bases (V), 27%; saturação por Al (m), 24%; MO, 33 g kg^{-1} ; areia, silte e argila, 230, 135 e 635 g kg^{-1} , respectivamente.

A necessidade de calcário foi calculada pelo método de saturação por bases, conforme recomendação para a cultura da soja (Caju et al., 2008), tendo-se utilizado doses de 0,0, 2,0, 4,0 e $8,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ ao PRNT de 100%. A distribuição do material corretivo (28% de CaO , 18,5% de MgO , 96% de PN e 76,6% de PRNT) foi realizada manualmente, e a incorporação foi feita de forma mecanizada com grade niveladora 22", até a profundidade de 20 cm.

O primeiro cultivo de soja, na safra 2008/2009, foi realizado em sistema convencional, de acordo com as recomendações regionais para época de semeadura, adubação e tratamentos fitossanitários (Caju et al., 2008). As sementes receberam inoculação com rizóbios, e a semeadura foi realizada em 3 de novembro, em espaçamento de 45 cm entre linhas. A adubação na linha de semeadura foi de 110 kg ha^{-1} de P_2O_5 e $82,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O da fórmula NPK 00-20-15, e 60 kg ha^{-1} de K_2O na forma de cloreto de potássio, em cobertura, aos 25 dias após a emergência. A cultivar de soja utilizada foi a TMG 115, transgênica, com ciclo de 127 dias.

Após a colheita da soja (safra 2008/2009), as culturas de cobertura do solo foram semeadas em espaçamento entre linhas de 45 cm. A quantidade de sementes foi calculada para $12,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de sementes de milho e $4,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de sementes de braquiária. Nos meses subsequentes, durante o desenvolvimento dessas culturas, a precipitação pluvial ficou abaixo da média histórica e, conseqüentemente, houve limitação da produção de massa de matéria seca por restrição hídrica. A dessecação ocorreu com 20 dias de antecedência à semeadura da soja na safra 2009/2010, tendo-se utilizado manejo químico com glifosato, de acordo com a recomendação indicada pelo fabricante.

O segundo cultivo de soja (safra 2009/2010) foi realizado em 27 de outubro em PD. O espaçamento, adubação e inoculação nas sementes foram os mesmos do cultivo de soja anterior. A cultivar utilizada foi a TMG-132, transgênica, ciclo de 124 dias.

Avaliaram-se produtividade de grãos, estado nutricional das plantas e alterações nas características químicas do solo. A amostragem de solo foi aos 490 dias após a aplicação do corretivo, às profundidades 0–10, 10–20, 20–40 e 40–60 cm; para isto, utilizou-se um trado tipo sonda e oito amostras simples para cada amostra composta. Foram determinados o pH em CaCl_2 , a acidez potencial e trocável, e Ca, Mg e K trocáveis, segundo metodologia descrita pela Embrapa (Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2010 e 2011, 2009), e foram calculados os valores de saturação por bases (V) e por Al^{3+} (m). A amostragem de folhas foi realizada no período de florescimento da soja – estádio R2 (Fehr et al., 1971) –, tendo-se determinado as concentrações de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Zn e Mn, conforme a metodologia de análise (Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2010 e 2011, 2009). A produtividade de grãos foi determinada por meio da colheita de plantas da área útil de cada subparcela, nas três linhas centrais, com 4 m de comprimento ($5,4 \text{ m}^2$); o teor de água dos grãos foi corrigido para 13% de umidade, e a produtividade obtida foi transformada para quilogramas por hectare.

A análise da variância dos dados seguiu o delineamento de blocos ao acaso em parcelas subdivididas. Mediante análises de regressão por polinômios ortogonais, ajustaram-se as equações aos dados de produtividade de grãos e concentração foliar de nutrientes, tendo-se escolhido as mais significativas de acordo com o maior coeficiente de determinação.

Resultados e Discussão

Houve interação entre sistema de cultivo e doses de calcário. A produtividade de grãos respondeu de forma quadrática às doses de calcário, aplicadas aos sistemas de cultivo avaliados (Figura 1). A resposta produtiva da soja à calagem foi muito mais intensa no sistema de cultivo sem plantas de cobertura, em relação aos sistemas de cultivo com sucessão de milho ou braquiária. No sistema de cultivo com pousio entre as safras, a maior produtividade foi estimada para a dose de $8,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ de calcário, mais que o dobro da dose que seria recomendada para elevar a saturação de bases a 50%. Entretanto, nos sistemas com plantas de cobertura, a mesma produtividade poderia ser alcançada com a dose de $6,3 \text{ Mg ha}^{-1}$. O efeito do calcário na

produtividade da soja era esperado, considerando-se a análise do solo sem correção.

O sistema de cultivo também interferiu na produtividade de grãos. A presença de braquiária ou milheto, em média, proporcionaram maiores produtividades – 2.530,8 e 2.454,0 kg ha⁻¹, respectivamente –, em comparação ao sistema com pousio, com 2.327,5 kg ha⁻¹. No entanto, a diferença somente foi significativa com o uso do sistema com braquiária. Foi possível constatar que os sistemas de cultivo com plantas de cobertura destacaram-se quando a dose de calcário aplicada foi igual ou abaixo da necessária para elevação de V a 50% (Figura 1). Para Franchini et al. (2001), as espécies de cobertura proporcionam aumentos da concentração de ácidos orgânicos na camada superficial do solo, que podem beneficiar a ação da calagem pela liberação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular, durante a decomposição dos resíduos vegetais. Esses compostos são capazes de complexar o Al tóxico e aumentar a mobilidade dos produtos originados da dissolução do calcário, no perfil do solo. Nos tratamentos que receberam a maior dose de calcário (8,0 Mg ha⁻¹), a diferença de produtividade entre os sistemas de cultivo foi menor.

Na ausência de plantas de cobertura do solo, os efeitos da dose de calcário foram observados apenas até a

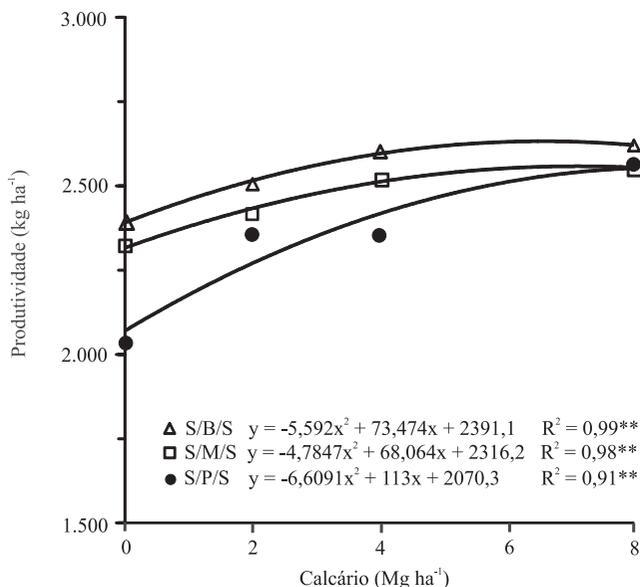


Figura 1. Produtividade de grãos de soja, em função de doses de calcário, nos diferentes sistemas de cultivo: SPS, soja/pousio/soja; SMS, soja/milheto/soja; e SBS, soja/braquiária/soja. ^{ns}Não significativo. ******Diferença significativa em relação a S/P/S, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

profundidade de 20 cm (Figura 2), onde o calcário foi incorporado, o que confirma sua baixa mobilidade no perfil. Resultados semelhantes foram observados por Franchini (2001), que constatou aumento do pH pela aplicação superficial de calcário apenas na camada 0–5 cm. Em camadas de solo mais profundas, observaram-se efeitos discretos, quando a dose aplicada foi maior do que a dose necessária para V = 50%. Essas doses, portanto, promoveram maior avanço da frente de neutralização (Figura 2). Costa & Rosolem (2007) observaram efeito semelhante, ao estudar a eficiência da calagem incorporada sobre atributos da acidez em profundidade.

Em tratamento sem a aplicação de calcário, não houve efeito do sistema de cultivo no pH do solo, em nenhuma das profundidades amostradas (Figura 2). No entanto, à medida que a dose aplicada foi igual ou maior do que a necessidade de calagem recomendada, os sistemas de cultivo com palha contribuíram, ainda que de forma estatisticamente não significativa, para elevar o pH até na camada de 40 cm no perfil. Franchini et al. (2001), ao estudar o efeito da calagem superficial associada a plantas de cobertura, observaram aumento do pH até a profundidade de 20 cm, quando a aplicação foi associada a extratos de plantas de aveia e nabo.

Os valores observados de saturação por bases no solo apresentaram o mesmo padrão de resposta que o pH (Figura 3), uma vez que estes atributos são altamente correlacionados.

Os efeitos da calagem na redução da saturação por Al³⁺ em profundidade no solo podem ser observados (Figura 4), especialmente após os 30 cm, mas apenas quando a dose da calagem é igual ou superior à necessária para V = 50%. O efeito do cultivo de cobertura do solo com braquiária ou milheto não foi significativa, para alterar a dinâmica da acidez do solo (Al³⁺) com a calagem.

A concentração foliar do P aumentou com o aumento da dose de calcário, independentemente do sistema de cultivo (Figura 5). Esse resultado pode ser decorrente da maior disponibilidade desse elemento no solo, em valores mais elevados de pH, ou do maior desenvolvimento radicular da soja com a correção da acidez. Caires et al. (2000) relacionaram, de forma significativa, o aumento do P extraído ao aumento do pH do solo, com os coeficientes de correlação 0,62, 0,63 e 0,68, respectivamente, para as profundidades de 0–5, 5–10 e 10–20 cm, e atribuíram este efeito à maior solubilização do P ligado a Fe e Al com a elevação do pH.

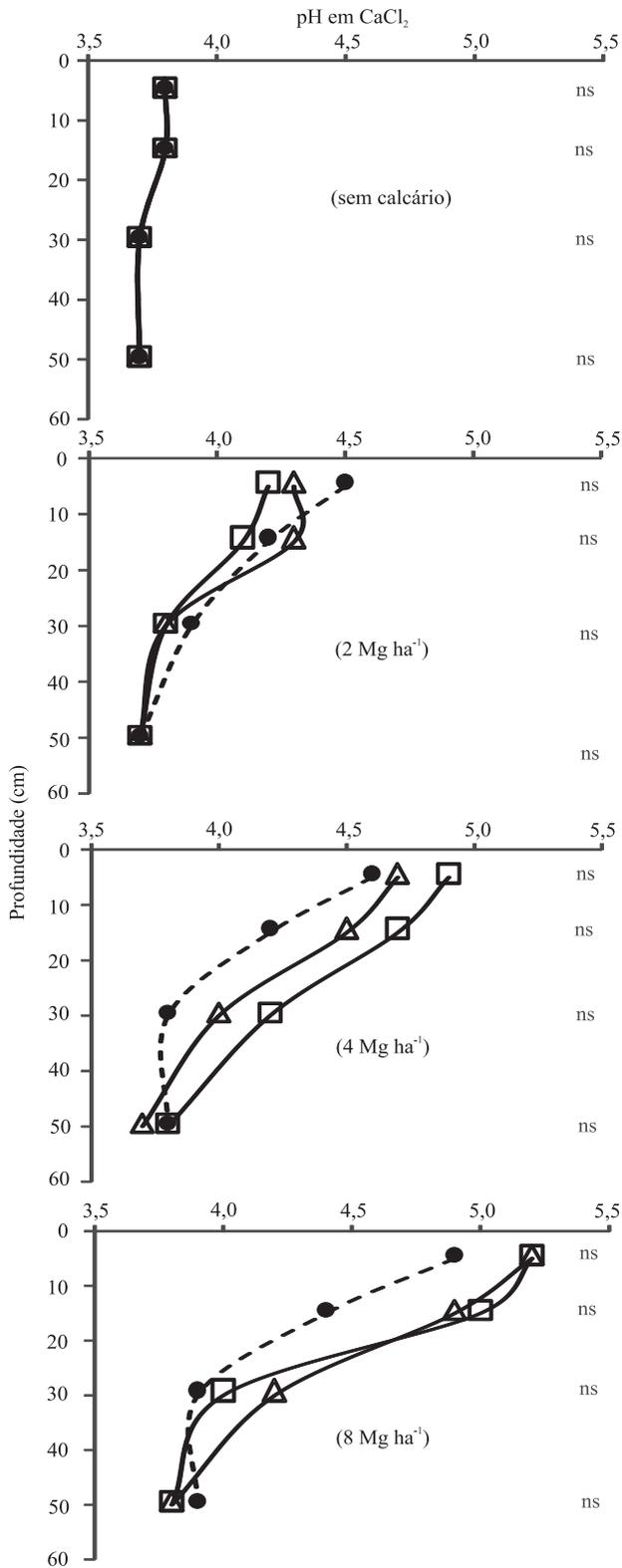


Figura 2. Valores de pH em CaCl₂ do solo sob efeito de doses de calcário e de sistemas de cultivo: ● soja/pousio/soja; △ soja/milheto/soja; □ soja/braquiária/soja. nsNão significativo pelo teste F.

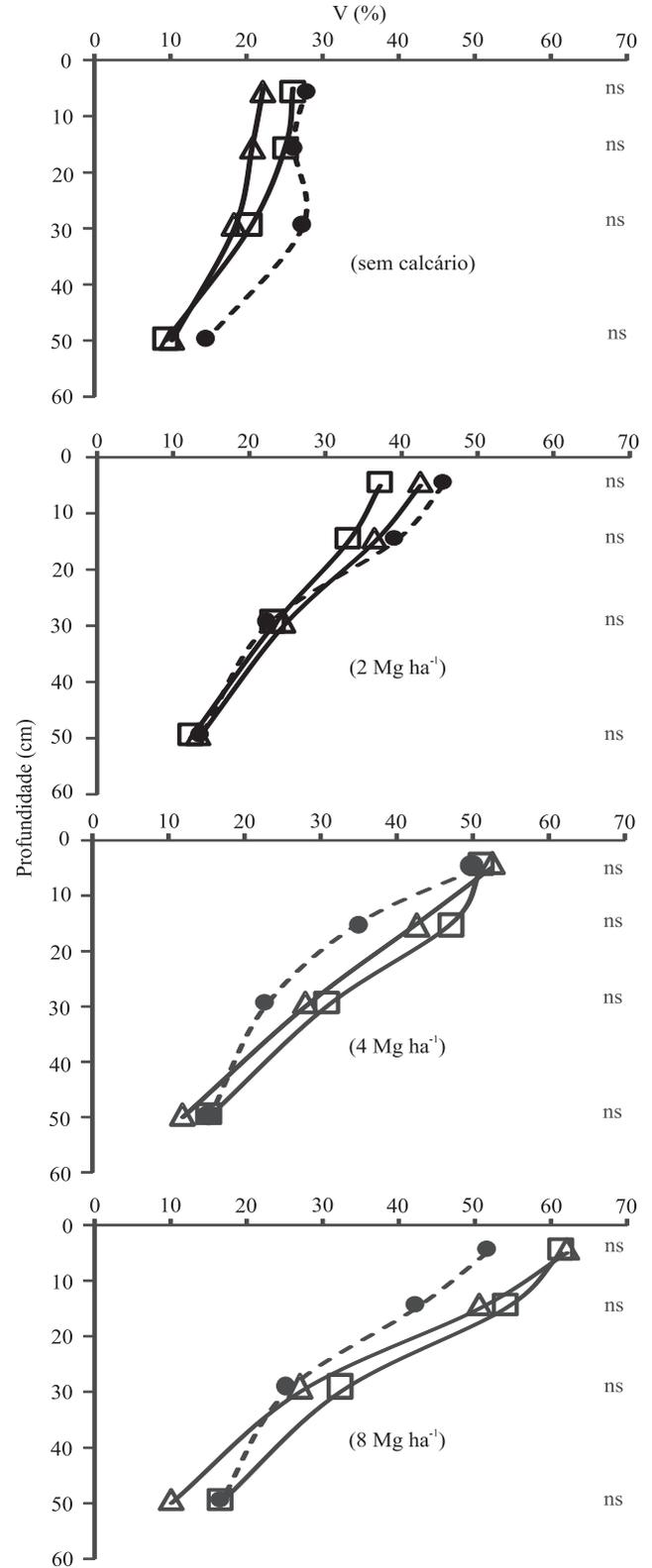


Figura 3. Saturação por bases, em solo, sob efeito de doses de calcário e de sistemas de cultivo: ● soja/pousio/soja; □ soja/milheto/soja; △soja/braquiária/soja. nsNão significativo pelo teste F.

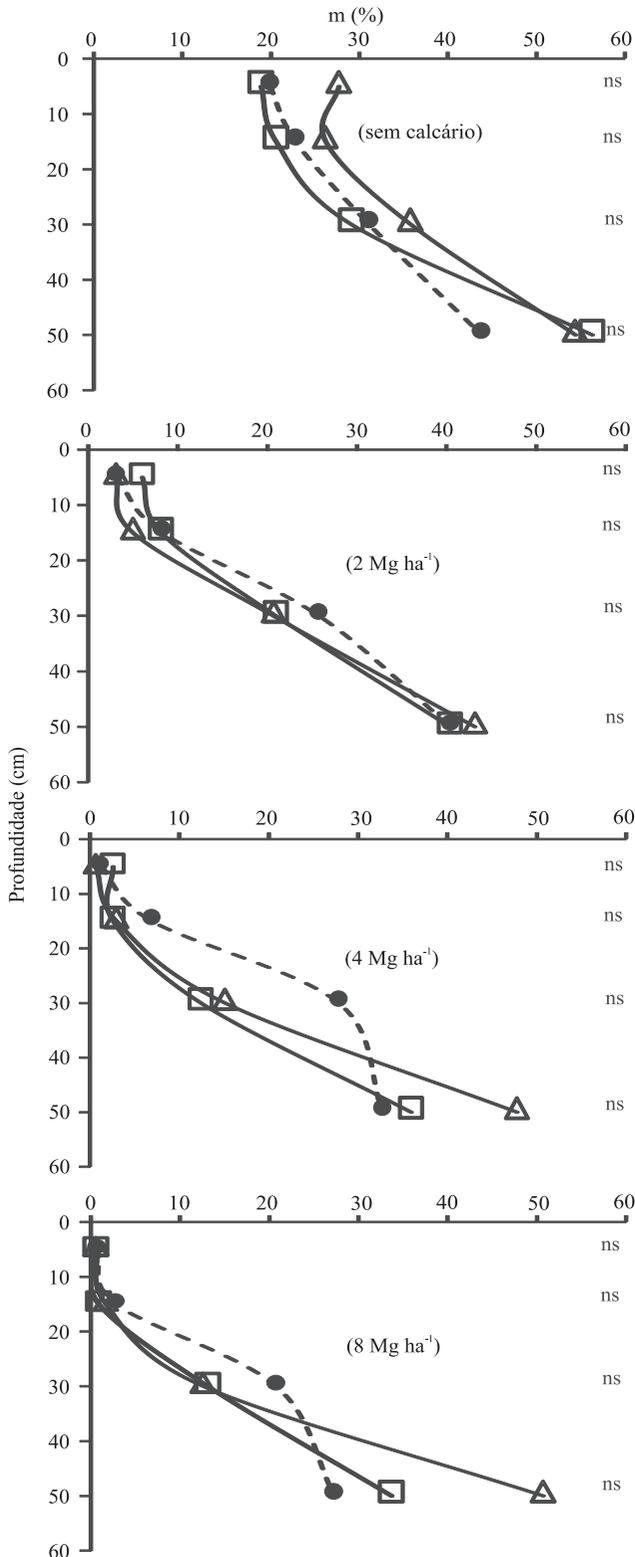


Figura 4. Saturação por alumínio (m), em solo sob efeito de doses de calcário e de sistemas de cultivo: ● soja/pousio/soja; △ soja/milheto/soja; □ soja/braquiária/soja. ^{ns}Não significativo pelo teste F.

O sistema de cultivo com a presença de milho ou braquiária contribuiu de forma clara para a maior concentração foliar de P na soja, para todas as doses de calcário aplicadas (Figura 5). Apesar de as tabelas de interpretação propostas para a região dos Cerrados (Caju et al., 2008) indicarem que os valores de concentração foliar de P observados estão dentro da faixa considerada como suficiente, foi possível constatar efeito significativo do aumento nos teores foliares desse nutriente sobre a produtividade da soja (Figura 6). Portanto, pode-se inferir que a tendência de aumento da produtividade da soja pelos sistemas com cultivos de cobertura (Figura 1) – estatisticamente significativo para braquiária na ausência de calcário – tenha sido consequência da maior disponibilidade de P.

De acordo com Santos (2000), a semeadura direta altera muito a dinâmica do P no solo, pois este nutriente acumula-se nas camadas superficiais e pode aumentar a fração de P orgânico, seja pela ausência de mobilização, seja pela produção de ácidos orgânicos que competem pelos sítios de retenção. Foloni et al. (2008) estudaram a absorção de P por plantas de braquiária e milho, e relataram a alta capacidade dessas plantas em reciclar o P. Esses autores concluíram que a braquiária, apesar da menor produção de matéria seca em comparação ao

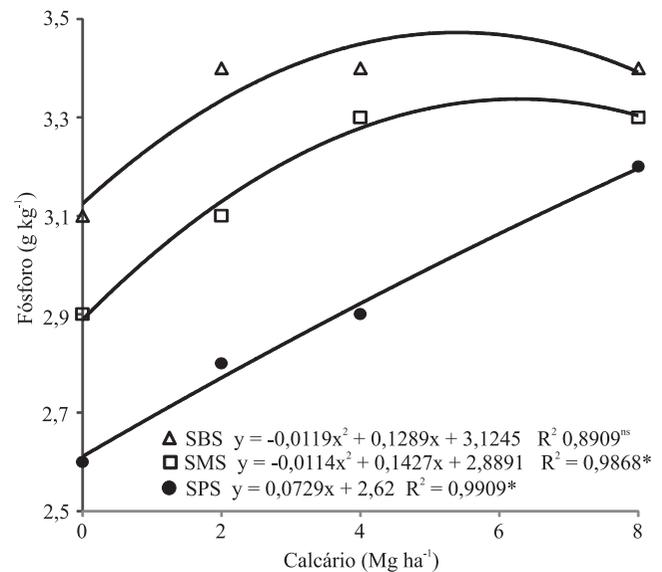


Figura 5. Concentração de fósforo em folhas de soja, em função da calagem nos diferentes sistemas de cultivo: SPS, soja/pousio/soja; SMS, soja/milheto/soja; e SBS, soja/braquiária/soja. ^{ns}Não significativo. * e ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade.

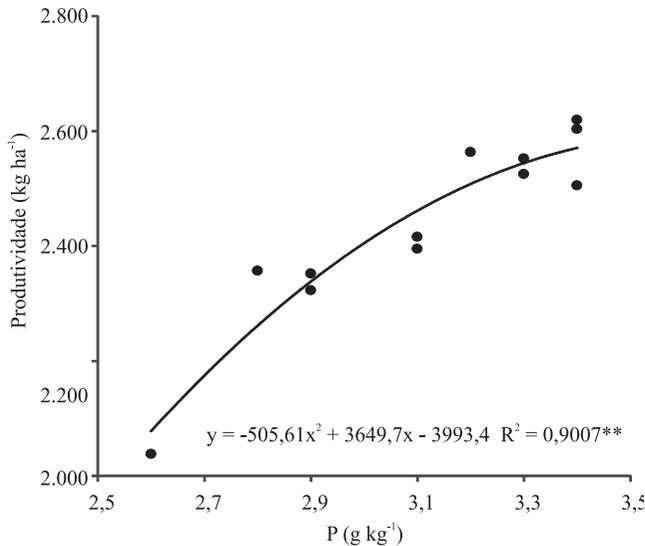


Figura 6. Correlação da produtividade de grãos, em função da concentração de fósforo em folhas de soja, sob efeito do sistema de cultivo e da dose de calcário. **Significativo a 1% de probabilidade.

milheto, é altamente eficiente na absorção de P, mesmo com o fornecimento deste nutriente em fontes pouco solúveis. Pavinato & Rosolem (2008) mostraram a possibilidade de ocorrer solubilização de P do solo, de formas menos lábeis, na presença de resíduos de plantas, o que pode ter ocorrido no presente caso. Contudo, Machado & Assis (2010) não observaram efeito significativo de cultivos de cobertura do solo sobre a produtividade da soja. No entanto, a disponibilidade inicial de fósforo no solo no experimento desses autores era expressivamente maior do que a deste estudo. Assim, a introdução de braquiária e milheto em rotação com a soja, no presente trabalho, contribuiu para melhorar a disponibilidade de P e, possivelmente, intensificou sua ciclagem no sistema de produção.

Conclusões

1. As plantas de cobertura braquiária e milheto, associadas à calagem a 20 cm de profundidade, promovem melhorias dos parâmetros de acidez do solo, sobretudo quando a dose aplicada é igual ou mais elevada que a recomendada para saturação por bases de 50%.

2. Quanto maior a dose de calcário, maior é o avanço da frente alcalina no solo e maior a produtividade da soja.

3. A introdução de braquiária ou milheto no sistema de produção leva à maior concentração foliar de

fósforo e aumenta a produtividade de grãos de soja, independentemente da calagem.

Agradecimentos

À Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso, pelo apoio institucional, financeiro e de infraestrutura; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, por concessão de bolsa.

Referências

- ALCÂNTARA, F.A. de; FURTINI NETO, A.E.; DE PAULA, M.B.; MESQUITA, H.A. de; MUNIZ, J.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, p.277-288, 2000.
- ALCARDE, J.C. *Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas*. 2.ed. São Paulo: ANDA, 1992. 26p.
- BOER, C.A.; ASSIS, R.L. de; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L. de L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.1269-1276, 2007.
- CAIRES, E.F.; BANZATO, D.A.; FONSECA, A.F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, p.161-169, 2000.
- CAJU, J.; YUYAMA, M.M.; SUZUKI, S.; CAMACHO, S.A. (Ed.). *Boletim de pesquisa de soja 2008*. Rondonópolis: Fundação MT, 2008. 254p. (Fundação MT. Boletim de pesquisa de soja, 12).
- CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S.; ROSOLEM, C.A. Lixiviação de potássio da palha de plantas de cobertura em diferentes estádios de senescência após a dessecação química. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.99-108, 2005.
- COSTA, A.; ROSOLEM, C.A. Liming in the transition to no-till under a wheat-soybean rotation. *Soil and Tillage Research*, v.97, p.207-217, 2007.
- CRUSCIOL, C.A.; SORATTO, R.P. Nitrogen supply for cover crops and effects on peanut grown in succession under a no-till system. *Agronomy Journal*, v.101, p.41-46, 2009.
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E.; BURMOOD, D.T.; PENNINGTON, J.S. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Science*, v.11, p.929-931, 1971.
- FOLONI, J.S.S.; TIRITAN, C.S.; CALONEGO, J.C.; ALVES JUNIOR, J. Aplicação de fosfato natural e ciclagem de fósforo por milheto, braquiária, milho e soja. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, v.32, p.1147-1155, 2008.
- FRANCHINI, J.C.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; TORRES, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, A. Organic composition of green manure during growth and its effect on cation mobilization in an acid Oxisol. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.34, p.2045-2058, 2003.

- FRANCHINI, J.C.; MEDA, A.R.; CASSIOLATO, M.E.; MYIAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Potencial de extratos de resíduos vegetais na mobilização de calcário no solo por método biológico. **Scientia Agricola**, v.58, p.357-360, 2001.
- LOPES, A.S.; SILVA, M. de C.; GUILHERME, L.R.G. **Acidez do solo e calagem**. 3.ed. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1991. 15p. (ANDA. Boletim técnico, 1).
- MACHADO, L.A.Z.; ASSIS P.G.G. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.4, p.415-422, 2010.
- OLIVEIRA, E.L. de; PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research**, v.38, p.47-57, 1996.
- OLIVEIRA, M.W. de; TRIVELIN, P.C.O.; PENATTI, C.P.; PICCOLO, M. de C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.2359-2362, 1999.
- PAVINATO, P.S.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de cátions no solo alterada pelo sistema de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1031-1040, 2009.
- PAVINATO, P.S.; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.911-920, 2008.
- ROSOLEM, C.A. Exchangeable basic cations and nitrogen distribution in soil as affected by crop residues and nitrogen. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.54, p.441-450, 2011.
- ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.355-362, 2003a.
- ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Potassium leaching from millet straw as affected by rainfall and potassium rates. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.36, p.1063-1074, 2005.
- ROSOLEM, C.A.; FOLONI, J.S.S.; OLIVEIRA, R.H. de. Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.301-309, 2003b.
- ROSOLEM, C.A.; MARCELLO, C.S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. **Scientia Agricola**, v.55, p.448-455, 1998.
- ROSOLEM, C.A.; MIYAZAWA, M.; FRANCHINI, J.C.; PAVAN, M.A.; COSTA, A. Soil acidity, pH and aluminum management in tropical soils: the Brazilian experience. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7.; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 4.; CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 3., 2004, Foz do Iguaçu. **Proceedings**. Londrina: Embrapa Soybean, 2004. p.310-318.
- SANTOS, D.R. dos. **Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos**. 2000. 210p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; OLIVEIRA, J.B. de; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- SORATTO, R.P.; ROSOLEM, C.A.; CRUSCIOL, C.A.C. **Integração lavoura-pecuária-floresta: alguns exemplos no Brasil Central**. Botucatu: FEPAP, 2011. 110p.
- TECNOLOGIAS de produção de soja - região central do Brasil 2010 e 2011. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 261p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 15).
- TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J.C.; FABIAN, A.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.609-618, 2005.

Recebido em 31 de outubro de 2011 e aprovado em 30 de julho de 2012