

FONTES DE FÓSFORO PARA ADUBAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR FORRAGEIRA NO CERRADO¹

Gustavo Caione², Anderson Lange³, Cleiton Gredson Sabin Benett⁴, Francisco Maximino Fernandes²

ABSTRACT

PHOSPHORUS SOURCES FOR SUGARCANE FORAGE
CULTIVARS FERTILIZATION IN THE BRAZILIAN SAVANNAH

Due to the expansion of sugarcane in areas of *Cerrado* (Brazilian savannah), it is necessary to study the fertilization management, mainly for phosphorus (P), since it is the nutrient that most limits yield, in this ecosystem. The aim of this study was to compare the effect of phosphorus sources over two sugarcane cultivars. The study was carried out in Alta Floresta, Mato Grosso State, Brazil, in a Hapludox soil. The experimental design was randomized blocks, in a 4x2 factorial scheme, being evaluated the effect of P sources (bone flour, Arad phosphate, and triple superphosphate), at a 100 kg P₂O₅ ha⁻¹ dose, a control without nutrient application, and the IAC 86 2480 and SP 79 1011 cultivars, with four replications. Plant height, stem diameter, tiller number, yield (fresh and dry matter), P content efficiency on the plant, P extraction, and economic viability were evaluated for selecting source and °Brix. Phosphorus fertilization affected plant number and height, P concentration, and fresh and dry matter yield. Concerning the sources studied, similar results were found, but with higher efficiency for bone flour, which increased the P concentration and extraction, as well as economic viability. The IAC 86 2480 cultivar showed higher averages than the SP 79 1011, for all parameters evaluated.

KEY-WORDS: *Saccharum officinarum*; plant-cane; phosphate fertilization; bone flour.

INTRODUÇÃO

O uso de cana-de-açúcar pelos pecuaristas tem aumentado significativamente. As principais vantagens associadas ao uso da cultura como volumoso são a facilidade de implantação e manejo, por tratar-se de uma cultura semiperene que apresenta baixo custo de manutenção, possibilidade de autoarmazenamento ou conservação a campo e rendimentos de até 120 t ha⁻¹

RESUMO

Com a expansão da cana-de-açúcar em áreas de Cerrado, há necessidade de se estudar o manejo da adubação, principalmente do fósforo (P), pois é o nutriente que mais limita a produção, neste ecossistema. Objetivou-se, com este trabalho, comparar o efeito de fontes de fósforo (P), em duas variedades de cana-de-açúcar. O experimento foi realizado em Alta Floresta (MT), em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 4x2, sendo avaliados os fatores fontes de P (farinha de ossos, fosfato de Arad e superfosfato triplo), na dose de 100 kg de P₂O₅ ha⁻¹, acrescidas de uma testemunha sem aplicação do nutriente, e as variedades IAC 86 2480 e SP 79 1011, com quatro repetições. Foram avaliados a altura de plantas, diâmetro de colmos, número de perfilhos, produtividade (matéria fresca e seca), eficiência do teor de P na planta, extração de P e viabilidade econômica, na escolha da fonte e °Brix. A adubação fosfatada influenciou o número e altura de plantas, concentração de P na planta, produtividade de matéria fresca e seca. Quanto às fontes estudadas, houve semelhança nos resultados encontrados, mas com maior eficiência para a farinha de ossos, que promoveu maior acúmulo de P na planta e maior extração pela cultura, e apresentou maior viabilidade econômica. A variedade IAC 86 2480 apresentou médias superiores às da SP 79 1011, em todos os parâmetros avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum officinarum*; cana-planta; adubação fosfatada; farinha de ossos.

de matéria verde e 36 t ha⁻¹ de matéria seca, já aos 12-16 meses, coincidindo com o período seco (Faria et al. 1998, Magalhães et al. 2000, Fernandes et al. 2001, Landell et al. 2002, Barbosa & Silveira 2006, Matos 2008). Neste período, normalmente, a disponibilidade e a qualidade das pastagens cultivadas são limitantes ao elevado desempenho do animal, havendo a necessidade de suplementação alimentar do rebanho, para que haja ganho de peso.

1. Trabalho recebido em dez./2009 e aceito para publicação em jan./2011 (n° registro: PAT 8497/ DOI 10.5216/pat.v41i1.8497).

2. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de Ilha Solteira, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, SP, Brasil.

E-mails: agcaione@hotmail.com, maximino@agr.feis.unesp.br.

3. Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), Campus de Sinop, MT, Brasil. *E-mail:* paranalange@hotmail.com.

4. Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade de Aquidauana, Departamento de Agronomia, Aquidauana, MS, Brasil. *E-mail:* cbenett@hotmail.com.

Os fosfatos de alta reatividade correspondem a mais de 90% do P_2O_5 utilizado na agricultura brasileira, apresentam alta eficiência agrônômica em curto prazo e elevado custo por unidade. Há forte competição entre o solo e a planta pelo P destes fosfatos (Novais et al. 2007). Tradicionalmente, tem-se recomendado a aplicação das fontes solúveis, de maneira localizada, no sulco de plantio (Prado et al. 2001). No caso dos fosfatos naturais, a dissolução depende da superfície de contato com o solo, sendo aumentada se o fertilizante for aplicado em área total e incorporado (Horowitz & Meurer 2004).

Fertilizantes fosfatados de baixa solubilidade em água e boa solubilidade em ácidos fracos, como o ácido cítrico e citrato neutro de amônio, liberam o P no solo mais lentamente, diminuindo a sua fixação no solo. Um dos mais tradicionais fertilizantes fosfatados insolúveis em água, porém solúvel em ácidos fracos, é a farinha de ossos, resultante do abate de animais e aproveitamento dos ossos, principalmente de bovinos (Cavallaro Júnior 2006). É considerada um adubo de primeira ordem, apresentando reação no solo poucos dias após sua aplicação, em climas quentes e temperado-quentes. Porém, em regiões frias e temperadas, sua reação torna-se um pouco lenta (Malavolta et al. 2002). O uso de fontes orgânicas de P tem papel fundamental para a vida de micro-organismos, aumentando a capacidade de troca catiônica (CTC) e a mobilidade de P no solo (Almeida 2002). Sendo assim, nos últimos anos, o uso de fontes alternativas de P tem adquirido grande importância, basicamente em decorrência do custo elevado de fertilizantes fosfatados solúveis e do aumento da oferta de fosfatos naturais e orgânicos de melhor eficiência agrônômica (Caramori 2000).

Em função dos baixos teores de P, nos solos da região norte do Estado do Mato Grosso, da disponibilidade de fontes de P alternativas e do elevado custo do fertilizante fosfatado, desenvolveu-se o presente trabalho, com o objetivo de avaliar o efeito da adubação fosfatada no sulco de plantio, em duas variedades de cana-planta forrageira, utilizando-se, como fontes de P, o superfosfato triplo, o fosfato de Arad e a farinha de ossos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na região de Alta Floresta, MT (9°59'03''S e 56°07'47''W), entre outubro de 2007 e julho de 2008. O delineamento

experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 4x2, sendo avaliados os fatores fontes de P (farinha de ossos, fosfato de Arad e superfosfato triplo), na dose de 100 kg de P_2O_5 ha⁻¹, acrescidas de uma testemunha sem aplicação do nutriente, e as variedades IAC 86 2480 e SP 79 101, com quatro repetições, totalizando 32 parcelas de seis linhas, com 5,0 m de comprimento, distanciadas 1,20 m entre si.

O solo no local do experimento foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (Embrapa 2006). Análises físicas e químicas do solo, realizadas antes da instalação do experimento, revelaram os seguintes resultados, na camada 0,0-0,2 m de profundidade: 393 g kg⁻¹ de argila; 69 g kg⁻¹ de silte; 538 g kg⁻¹ de areia; 14 g dm⁻³ de MO; CTC = 4,4 cmol_c dm⁻³; V% = 23,8; pH (CaCl₂) = 4,4; pH (H₂O) = 5,3; P = 0,2 mg dm⁻³; e K⁺, Ca⁺², Mg⁺² e H⁺ + Al⁺³ de 0,10 cmol_c dm⁻³, 0,63 cmol_c dm⁻³, 0,13 cmol_c dm⁻³ e 3,33 cmol_c dm⁻³, respectivamente. Na camada 0,2-0,4 cm de profundidade, os resultados foram: 8 g dm⁻³ de MO; CTC = 3,4 cmol_c dm⁻³; V% = 16; pH (CaCl₂) = 4,3; pH (H₂O) = 5,2; P = 0,2 mg dm⁻³; e K⁺, Ca⁺², Mg⁺² e H⁺ + Al⁺³ de 0,04 cmol_c dm⁻³, 0,31 cmol_c dm⁻³, 0,19 cmol_c dm⁻³ e 2,83 cmol_c dm⁻³, respectivamente.

Os valores da precipitação mensal acumulada durante a condução do experimento encontram-se destacados na Figura 1. A correção da acidez do solo foi realizada no início da estação chuvosa (outubro de 2007). A área experimental encontrava-se ocupada com *Brachiaria brizantha*, havendo, assim, a necessidade de dessecação, no início das chuvas (05/10/2007). Após a dessecação, efetuou-se

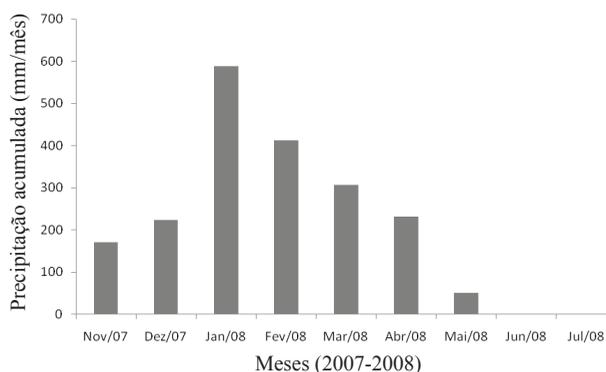


Figura 1. Precipitação acumulada durante os meses de condução do experimento (novembro de 2007 a julho de 2008) (Alta Floresta, MT, 2008).

a correção da acidez, incorporando-se 2,35 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 100%, CaO 30% e MgO 20%), nas duas camadas de solo avaliadas (Vitti & Mazza 2002), objetivando-se elevar a saturação por bases (V%) para 50%. Foi, também, incorporado fósforo ao solo, utilizando-se a metade da dose recomendada para fosfatagem corretiva (100 kg ha⁻¹ de P₂O₅), em todas as parcelas, como fosfato natural reativo de Arad.

Após a distribuição do calcário e fosfato sobre o solo, foram realizadas duas gradagens, com grade aradora, e, após 32 dias, uma gradagem, para nivelamento do terreno. O sistema de plantio adotado foi o de cana-de-ano, plantada no dia 14/11/2007. Foram testadas duas variedades de cana-de-açúcar: IAC 86 2480 e SP 79 1011. Os colmos foram distribuídos (2 colmos paralelos no sulco) no sentido “pé com ponta”, cortados a cada três gemas, com a finalidade de se quebrar a dormência apical.

Após a abertura mecanizada dos sulcos para plantio (0,2 m de profundidade), foram aplicados ao solo 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, utilizando-se as fontes farinha de ossos, fosfato natural reativo de Arad, superfosfato triplo e testemunha sem a aplicação de P no sulco de plantio, constituindo-se, desta maneira, os tratamentos (Tabela 1). O potássio foi aplicado na forma de cloreto (100 kg ha⁻¹ de K₂O), igualmente em todas as parcelas.

As avaliações foram realizadas no mês de julho de 2008, aos 240 dias após o plantio. Para isto, foram utilizadas duas linhas centrais de cada parcela, descartando-se 1,0 metro de bordadura, onde foram contados os números de perfilhos. Após a contagem, estes foram cortados, formando-se feixes de 20 perfilhos correspondentes a cada parcela, para efetuar as demais avaliações.

O diâmetro de colmos foi mensurado com o auxílio de um paquímetro, em seis perfilhos de cada feixe, sendo uma medição na base, uma na parte

mediana e outra no ponteiro de cada planta, obtendo-se o diâmetro médio. A altura média de plantas foi obtida em seis perfilhos, desde a base do colmo até a última região auricular visível (colarinho) na folha +1 (Santos 2006).

A produtividade de matéria fresca foi determinada pela pesagem dos feixes. Para determinação da massa de matéria seca, o material foi triturado e amostras de 500 g foram retiradas e secas em estufa, a 65°C, até peso constante.

Para a determinação do °Brix, utilizou-se um refratômetro portátil, modelo RT - 280, que fornece diretamente a percentagem de sólidos solúveis do caldo da cana-de-açúcar. Foram avaliados os colmos da parte mediana da planta, retirando-se uma amostra do caldo em cada planta, em número de seis, para cada feixe.

A concentração de P na planta (colmos + folhas) foi mensurada no material moído, o qual foi enviado ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira (Unesp), para a determinação, seguindo a metodologia descrita em Malavolta et al. (1997). Com base na concentração de P na planta e na produtividade de matéria seca por hectare, foi estimada a extração e consequente exportação de P.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e a comparação de médias ao teste Tukey, a 5%, utilizando-se o programa estatístico Sisvar (Ferreira 2003).

Para a análise de viabilidade econômica, levou-se em consideração a produtividade obtida com cada fonte de P e a quantidade de gado pesando 250 kg, que, teoricamente, seria possível alimentar durante um mês, assumindo-se o consumo animal de 6% do peso vivo (Landell et al. 2002), que resulta em consumo aproximado de 15 kg dia⁻¹ de matéria verde. O custo para a implantação do canavial e o custo do arrendamento do pasto foram obtidos de acordo com os preços da Região.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As fontes de fósforo testadas no sulco causaram efeito significativo e diferiram da testemunha, para todas as variáveis avaliadas, não havendo interação das fontes de P com as variedades (Tabelas 2 e 3). Ao serem comparadas as variedades, verificou-se que a IAC 86 2480 apresentou médias superiores à SP 79 1011, em, praticamente, todos os parâmetros avaliados.

Tabela 1. Teor de P₂O₅ total e solubilidade das fontes de fósforo utilizadas no experimento (Alta Floresta, MT, 2008).

| Fontes de P | P ₂ O ₅ total | Solúveis em ácido cítrico a 2% |
|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| | % | |
| Superfosfato triplo | 46 | 42,5 |
| Fosfato de Arad | 33 | 10,4 |
| Farinha de ossos | 12 | 9,6 |
| Testemunha ¹ | - | - |

¹ Considerando-se apenas o fósforo aplicado na fosfatagem corretiva e o fósforo disponível no solo.

Tabela 2. Altura de plantas (AP), número de perfilhos m⁻¹ (NP), diâmetro de colmos (DC) e Brix, em função da aplicação de fontes de fósforo (100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicadas no sulco de plantio, em duas variedades de cana forrageira (Alta Floresta, MT, 2008).

| Tratamentos | AP | NP | DC | Brix |
|---------------------|--------|-------------------------|--------|---------|
| | (m) | Unidade m ⁻¹ | (cm) | (%) |
| Testemunha | 1,92 b | 9,92 b | 2,19 a | 21,20 a |
| Farinha de ossos | 2,22 a | 13,45 a | 2,18 a | 21,59 a |
| Fosfato de Arad | 2,14 a | 12,26 a | 2,19 a | 21,81 a |
| Superfosfato Triplo | 2,18 a | 12,71 a | 2,20 a | 21,97 a |
| D.M.S. | 0,13 | 2,03 | 0,22 | 1,31 |
| CV(%) | 4,68 | 12,06 | 7,42 | 4,36 |
| Variedades | AP | NP | DC | Brix |
| | (m) | Unidade m ⁻¹ | (cm) | (%) |
| IAC 86 2480 | 2,15 a | 14,73 a | 2,17 a | 20,42 b |
| SP 79 1011 | 2,08 b | 9,44 b | 2,21 a | 22,86 a |
| D.M.S. | 0,06 | 1,07 | 0,11 | 0,69 |
| CV (%) | 4,68 | 12,06 | 7,42 | 4,36 |

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem, estatisticamente, entre si, a 5%, pelo teste Tukey.

Tabela 3. Produtividade de matéria fresca (MV), produtividade de matéria seca (MS), concentração de fósforo na parte aérea da planta (P) e extração de fósforo (EP), em função da aplicação de fontes de fósforo (100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) no sulco de plantio (Alta Floresta, MT, 2008).

| Tratamentos | MV | MS | P | EP |
|---------------------|--------------------|---------|--------------------|---------------------|
| | t ha ⁻¹ | | g kg ⁻¹ | kg ha ⁻¹ |
| Testemunha | 106,2 b | 26,9 b | 0,39 c | 10,5 c |
| Farinha de ossos | 149,1 a | 39,3 a | 0,91 a | 35,8 a |
| Fosfato de Arad | 134,4 a | 34,6 ab | 0,47 c | 16,2 c |
| Superfosfato Triplo | 142,4 a | 37,5 a | 0,70 b | 26,3 b |
| D.M.S. | 26,28 | 8,18 | 0,16 | 9,29 |
| CV (%) | 14,17 | 16,97 | 15,48 | 24,56 |
| Variedades | MV | MS | P | EP |
| | t ha ⁻¹ | | g kg ⁻¹ | kg ha ⁻¹ |
| IAC 86 2480 | 160,3a | 40,9a | 0,67 a | 27,42 a |
| SP 79 1011 | 105,7b | 28,2b | 0,57 b | 16,08 b |
| D.M.S. | 13,86 | 4,31 | 0,08 | 4,86 |
| CV (%) | 14,17 | 16,97 | 15,48 | 24,56 |

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem, estatisticamente, entre si, a 5%, pelo teste Tukey.

Observa-se que as médias de altura de plantas diferiram, significativamente, entre as fontes e a testemunha (Tabela 2), embora não tenham apresentado diferenças entre as fontes estudadas. Santos (2006), avaliando fontes de P, encontrou melhores valores (1,86 m) aos 240 dias após o plantio, utilizando superfosfato triplo. Para as variedades testadas, a IAC 86 2480 apresentou plantas mais altas (2,15 m), semelhantes ao encontrado por Leite (2007). Segundo Landell et al. (2002), o valor descrito para altura de plantas da variedade é de 2,22 m, valor semelhante ao encontrado no presente trabalho.

O número de perfilhos na cana foi influenciado, significativamente, pelo uso das fontes de P, em relação à testemunha (Tabela 2). Entre as fontes, os resultados obtidos não apresentaram diferenças significativas, observando-se maior número de perfilhos quando se utilizou a farinha de ossos, com 13,45 perfilhos por m, seguida do superfosfato triplo, fosfato de Arad e testemunha, respectivamente. Os resultados foram similares aos encontrados por Muraro (2007), que obteve 13,7 perfilhos por m, com a variedade RB 72 454. Segundo Moura et al. (2005), o número de

perfilhos é afetado pela adubação e disponibilidade de água. Estes autores obtiveram aumento no número de perfilhos de 7,8 para 8,6, na variedade SP 79 1011, em cana sob irrigação.

O P desempenha papel importante no crescimento do sistema radicular, bem como no perfilhamento das gramíneas, que são fundamentais à maior produtividade das forrageiras (Santos et al. 2002). A variedade IAC 86 2480 demonstrou maior perfilhamento, com 14,7 perfilhos por m, valor semelhante ao encontrado por Leite (2007), superando a capacidade média de perfilhamento descrita por Landell et al. (2002), que é de 12-13 perfilhos por m.

As médias de diâmetro de colmos não diferiram entre as fontes de P e as variedades estudadas (Tabela 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Santos (2006) e os valores de diâmetro foram inferiores aos citados por Landell et al. (2002), que observaram variação de 2,3-2,8 cm, provavelmente devido ao menor espaçamento utilizado e ao maior número de plantas por m², no presente estudo.

As médias de °Brix diferiram, significativamente, entre as variedades (Tabela 2), sendo que a variedade SP 79 1011 apresentou média de 22,86 °Brix, a qual foi superior à da IAC 86 2480, com média de 20,42 °Brix. Abreu et al. (2007) encontraram valor médio de 9,19 °Brix, para a variedade IAC 86 2480. Com relação às fontes, observou-se que não há relação entre fontes de P e °Brix. Este parâmetro não foi afetado pela adição de P à linha de plantio, visto que não houve diferença entre os resultados das fontes e da testemunha. Cruz et al. (2009) verificaram que o teor de °Brix não foi influenciado, significativamente, pelo aumento da dose de P, na forma de superfosfato triplo.

Houve aumento de produtividade de massa verde, ao aplicar-se fósforo no sulco, em relação à ausência de sua aplicação (Tabela 3), com ganho de até 40% na produtividade. Porém, comparando-se os tratamentos que receberam P no sulco de plantio com diferentes fontes, não foi verificada diferença significativa para as mesmas. Em relação à produtividade da testemunha (106,2 t ha⁻¹), a farinha de ossos, o superfosfato triplo e o fosfato de Arad resultaram em aumentos de 40%, 34% e 27%, respectivamente. Apesar da igualdade estatística, é importante salientar que o fósforo orgânico presente na farinha de ossos apresentou liberação mais rápida, fornecendo quantidade suficiente do nutriente para atender à demanda da cultura, durante seu ciclo. Malavolta et al. (1955)

verificaram maior eficiência da farinha de ossos no fornecimento de P para o milho e o arroz, cultivados em vasos, ao compará-la com fosfatos naturais de baixa solubilidade em ácidos fracos. Segundo Malavolta et al. (2002), em ensaios realizados no litoral da Paraíba, em culturas de batata-doce, a reação da farinha de ossos já foi observada aos 15 dias após aplicação no solo.

A produtividade obtida com a farinha de ossos, no presente trabalho, foi semelhante à encontrada por Korndörfer & Melo (2009), trabalhando com diferentes fontes de P, fluida ou sólida (superfosfato triplo, superfosfato simples, ácido fosfórico e a mistura de ácido fosfórico + fosfato natural), na dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com a variedade SP 71 1406. Estes autores obtiveram maiores produtividades de colmos com a utilização do superfosfato simples (146,1 t ha⁻¹), não diferindo, estatisticamente, das demais fontes. Korndörfer et al. (1989), estudando a eficiência de fontes de P na produtividade da cana, verificaram a importância dos fertilizantes na seguinte ordem: superfosfato simples > superfosfato triplo > ácido fosfórico > ácido + rocha fosfatada.

Com relação às variedades estudadas, o genótipo IAC 86 2480 apresentou produtividade média de 160 t ha⁻¹, sendo 34% superior ao SP 79 1011. O valor observado para a variedade foi 23% superior ao seu potencial produtivo, conforme descrito por Landell et al. (2002), que é de 129,9 t ha⁻¹, no primeiro corte.

A produtividade de matéria seca também foi influenciada pelas fontes de P testadas no sulco (Tabela 3). A farinha de ossos resultou em 39,3 t ha⁻¹, superando, em 46%, a testemunha, que produziu 26,9 t ha⁻¹. O superfosfato triplo resultou em ganho percentual de 39% e o fosfato de Arad em 28%, ambos em relação à testemunha. Com relação ao fosfato de Arad, observou-se que este proporcionou menor acúmulo de massa seca, não diferindo, estatisticamente, da testemunha, devido à disponibilização de P, de forma gradual, à cultura, sendo, desta forma, uma fonte que obterá melhores resultados, nos próximos ciclos. De acordo com Korndörfer & Melo (2009), não houve diferença significativa para massa seca da parte aérea, avaliando-se diferentes fontes de P, na dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, atingindo valores médios de 40 t ha⁻¹, quando se aplicou superfosfato triplo. Lima et al. (2007), avaliando a eficiência de fontes e doses de P, no estabelecimento do capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, observaram maior acúmulo de matéria seca, com a utilização do superfosfato

triplo, em todas as doses utilizadas, em comparação com as fontes menos solúveis (hiperfosfato natural de Gafsa e fosfato natural reativo). Porém, os autores ressaltam que, com o decorrer do tempo, as fontes menos solúveis tendem a contribuir para o aumento da produção, por apresentarem maior efeito residual.

A variedade IAC 86 2480 produziu $40,9 \text{ t ha}^{-1}$, sendo superior, em 31%, à SP 79 1011, que produziu $28,2 \text{ t ha}^{-1}$. Leite (2007) observou produtividade de $61,5 \text{ t ha}^{-1}$, com a variedade IAC 86 2480, superior à encontrada por Freitas et al. (2006), que foi de $20,1 \text{ t ha}^{-1}$ de massa seca. De acordo com os diversos trabalhos apresentados, a produtividade de matéria seca está relacionada a fatores como variedades testadas, época de colheita e manejo adotado, dentre outros, conforme se verifica, também, no trabalho de Andrade et al. (2003).

As médias referentes à concentração de fósforo na planta diferiram, significativamente, entre as fontes de P testadas (Tabela 3). Valores superiores ($p < 0,05$) foram verificados para farinha de ossos, seguida pelo superfosfato triplo. O fosfato de Arad não diferiu da testemunha. É importante ressaltar que o percentual de disponibilização dependerá de vários fatores inerentes ao solo, clima e práticas culturais, como o revolvimento mínimo do solo, na proximidade da linha de plantio, que tem como principal objetivo controlar plantas indesejáveis e incorporar nutrientes aplicados em cobertura, melhorando-se, assim, o efeito do fosfato. Santos & Kliemann (2005, 2006), avaliando a eficiência de fontes e doses de P, com a utilização do superfosfato triplo, observaram que houve maior concentração de P na parte aérea do milheto, quando comparado às fontes alternativas. Com relação às fontes alternativas, os autores observaram a seguinte ordem decrescente de eficiência agrônômica: fosfato de Arad > fosfato de Al e Ca > fosfato de Araxá.

Em relação às variedades, a maior média foi verificada na variedade IAC 86 2480, com $0,67 \text{ g kg}^{-1}$, sendo 15% superior à SP 79 1011, que obteve $0,57 \text{ g kg}^{-1}$, evidenciando, também, que, entre as variedades, a IAC apresenta maior eficiência na absorção de P. Korndörfer & Alcarde (1992), estudando o acúmulo e teor de P em cana-de-açúcar, verificaram que não houve diferença entre as fontes superfosfato triplo, superfosfato simples, ácido fosfórico e a mistura ácido fosfórico e fosfato natural, encontrando valores entre $2,8 \text{ g kg}^{-1}$ e $3,0 \text{ g kg}^{-1}$, considerando-se apenas a nervura central. No presente estudo, os

maiores valores foram observados utilizando-se a farinha de ossos ($0,91 \text{ g kg}^{-1}$), valendo ressaltar que a amostra para a análise foi obtida da planta toda (colmos + folhas). Santos (2006) verificou maior concentração do nutriente na folha, utilizando o superfosfato triplo ($3,0 \text{ g kg}^{-1}$), em relação ao superfosfato simples, Fosmag, Foscana, MAP, formulado, composto e superfosfato simples parcelado.

Por promover um bom desenvolvimento do sistema radicular, o P permite aumentar a eficiência das plantas no uso de água, promovendo menor perda, maior absorção e utilização de outros nutrientes, além de servir como mecanismo de defesa da planta aos estresses provocados por doenças e fatores climáticos (Lopes 1989).

A extração e conseqüente exportação de P foi influenciada pelas fontes aplicadas ao sulco (Tabela 3), sendo a farinha de ossos a fonte que proporcionou maior extração de P, com $35,8 \text{ kg ha}^{-1}$, para a produtividade de $39,3 \text{ t ha}^{-1}$ de massa seca. Utilizando-se o superfosfato triplo, foram extraídos $26,3 \text{ kg ha}^{-1}$, e, com fosfato de Arad, $16,2 \text{ kg ha}^{-1}$. Lopes (1989) descreve que a remoção de P, pela cana-de-açúcar, é de $15,91 \text{ kg ha}^{-1}$, para a produção de 134 toneladas de matéria verde. Korndörfer & Melo (2009) verificaram extração de $14,0 \text{ kg}$ de P para produzir $40,0 \text{ t ha}^{-1}$ de matéria seca de cana, com a utilização do superfosfato simples. Com relação às variedades, a IAC 86 2480 apresentou a maior eficiência de absorção do elemento, extraindo $27,4 \text{ kg}$ de P, em relação à SP 79 1011, que extraiu $16,1 \text{ kg}$.

Para análise de viabilidade econômica, considera-se que, para a adubação de plantio, foram necessários 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 e, partindo-se do exemplo de que o consumo diário por animal pesando 250 kg seja de 15 kg de massa verde, 6% do peso vivo (Landell et al. 2002). Utilizando-se como fonte de P a farinha de ossos, necessita-se de $555,5 \text{ kg ha}^{-1}$. Sabendo-se que seu custo atual é de R\$ 0,80 por kg, o custo para implantação de 1 hectare é de R\$ 444,40. Com a produtividade obtida ($149,06 \text{ t ha}^{-1}$), é possível alimentar 331 animais, durante um mês.

O superfosfato triplo necessita de 244 kg ha^{-1} e, com o preço de R\$ 2,40 por kg, seu custo é de R\$ 585,00 por hectare. Com produtividade média de $142,36 \text{ t ha}^{-1}$, é possível alimentar 316 animais, por um mês.

Para a utilização do fosfato de Arad, necessita-se de 303 kg ha^{-1} e, sendo seu custo de R\$ 1,05 por

kg, tem-se custo de R\$ 318,15 por hectare. Com produtividade de 134,45 t ha⁻¹, é possível alimentar 298 animais, durante um mês.

Para a testemunha (0 kg ha⁻¹ P₂O₅ no plantio), a produtividade foi de 106,17 t ha⁻¹, capaz de alimentar 235 animais, por um mês.

Comparando-se 1 hectare de cana sem adubação fosfatada de plantio (testemunha), capaz de alimentar 235 animais, durante um mês, com 1 hectare de cana, utilizando-se a farinha de ossos, fonte de P que obteve maior produtividade, capaz de alimentar 331 animais, durante um mês, a diferença é de 96 animais.

Tendo-se um custo de R\$ 444,40, para a implantação de 1 hectare de cana, utilizando-se a farinha de ossos e tendo como base o custo de aluguel de R\$ 8,00 por cabeça, tem-se um ganho econômico de R\$ 323,60 ha⁻¹.

Comparando-se o superfosfato triplo com a testemunha, a diferença é de 81 animais. Sabendo-se que o custo de implantação é de R\$ 585,00, o ganho econômico é de R\$ 63,00 ha⁻¹. Para o fosfato de Arad, a diferença é de 63 animais. Tendo custo inicial de R\$ 318,15, o ganho econômico é de R\$ 185,85 ha⁻¹.

CONCLUSÕES

1. As fontes estudadas apresentam produtividades semelhantes, entretanto, o uso da farinha de ossos foi a fonte mais viável, economicamente.
2. A absorção e exportação de fósforo pela cultura foram maiores com o uso da farinha de ossos
3. A variedade IAC 86 2480 apresentou resultados superiores, em relação à SP 79 1011, sendo a mais recomendada para a Região.

REFERÊNCIAS

ABREU, J. B. R. et al. Produção, características morfológicas de maturação de cultivares de cana-de-açúcar com diferentes ciclos de amadurecimento para uso na alimentação animal na região de Barbacena/MG, Brasil. *Boletim de Indústria Animal*, Nova Odessa, v. 64, n. 2, p. 115-121, abr./jun. 2007.

ALMEIDA, R. S. *Identificação e caracterização de genes de transportadores de fosfato em cana-de-açúcar (Saccharum spp.)*. 2002. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ANDRADE, J. B. et al. Seleção de 39 variedades de cana-de-açúcar para alimentação animal. *Brazilian Journal of Veterinary Research Animal Science*, Nova Odessa, v. 40, n. 4, p. 287-296, 2003.

BARBOSA, M. H. P.; SILVEIRA, L. C. I. Cana-de-açúcar: variedades, estabelecimento e manejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DE PASTAGEM, 3., 2006, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFV, 2006. p. 245-276.

CARAMORI, T. B. A. *Acúmulo de fósforo e crescimento de Tanzânia-1 em função de níveis de fósforo e calagem, em dois latossolos de Dourados-MS*. 2000. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Dourados, 2000.

CAVALLARO JÚNIOR, M. L. *Fertilizantes orgânicos e minerais como fontes de N e de P para produção de rúcula e tomate*. 2006. 39 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola)–Instituto Agrônomo, Campinas, 2006.

CRUZ, S. J. S. et al. Efeito da adubação fosfatada sobre o acúmulo de biomassa e teor de Brix de duas variedades de cana-de-açúcar. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 22, n. 2, p. 110-116, abr./jun. 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília, DF: Embrapa-CNPQ, 2006.

FARIA, A. E. L. et al. Avaliação da cana-de-açúcar sob diferentes tratamentos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. *Anais...* Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia/Gnosis, [1998]. 1 CD-ROM.

FERNANDES, A. M. et al. Estimativas da produção de leite por vacas holandesas mestiças, segundo o sistema CNCPS, em dietas contendo cana-de-açúcar com diferentes valores nutritivos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 1350-1357, 2001.

FERREIRA, D. F. *Sisvar: sistema de análise de variância*. Versão 4.6. Lavras: UFLA/DEX, 2003.

FREITAS, A. W. P. et al. Avaliação da divergência nutricional de genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 229-236, 2006.

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Eds.). *Fósforo na agricultura brasileira*. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 665-682.

- KORNDÖRFER, G. H.; MELO, S. P. Fontes de fósforo (fluida ou sólida) na produtividade agrícola e industrial da cana-de-açúcar. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 33, n. 1, p. 92-97, 2009.
- KORNDÖRFER, G. H.; ALCARDE, J. C. Acúmulo e teor de fósforo em folhas de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 16, n. 2, p. 217-222, 1992.
- KORNDÖRFER, G. H. et al. Resposta da cana-planta a diferentes fontes de fósforo. *Boletim Técnico Copersucar*, São Paulo, n. 45, p. 31-37, 1989.
- LANDELL, M. G. A. et al. *A variedade IAC 86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção de uso na alimentação animal*. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. (Boletim técnico, 193).
- LEITE, R. L. L. *Cultivares de cana-de-açúcar em solos da região norte do Estado do Tocantins*. 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal Tropical)—Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2007.
- LIMA, S. O.; FIDELIS, R. R.; COSTA, S. J. Avaliação de fontes e doses de fósforo no estabelecimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no sul do Tocantins. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 100-105, abr./jun. 2007.
- LOPES, A. S. *Manual de fertilidade do solo*. São Paulo: ANDA/Potafos, 1989.
- MAGALHÃES, A. L. R. et al. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas completas para vacas em lactação. I. Produção e composição de leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. *Anais...* Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia/Gnosis, [2000]. 1 CD-ROM.
- MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P.; ALCARDE, J. C. *Adubos e adubações*. São Paulo: Nobel, 2002.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997.
- MALAVOLTA, E. et al. Aproveitamento de alguns adubos fosfatados pelo milho (*Zea mays*) e pelo arroz (*Oriza sativa*) em terra roxa misturada. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v. 30, n. 1, p. 185-197, 1955.
- MATOS, B. C. Aditivos químicos e microbianos em silagens de cana-de-açúcar: ação sobre o padrão fermentativo e degradabilidade ruminal da massa ensilada e possíveis incrementos no desempenho animal. *PUBVET*, Londrina, v. 2, n. 11, 2008. Disponível em: <http://www.pubvet.com.br/artigos_det.asp?artigo=321>. Acesso em: 22 nov. 2009.
- MOURA, M. V. P. S. et al. Doses de adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura da cana-de-açúcar, primeira soca, com e sem irrigação. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 4, p. 753-760, 2005.
- MURARO, G. B. *Impacto do espaçamento, números de cortes e da idade de corte na produção e composição bromatológica de cana-de-açúcar para silagem*. 2007. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias)—Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- NOVAIS, R. F. et al. *Fertilidade do solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.
- PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; ROQUE, C. G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 83-90, 2001.
- SANTOS, E. A.; KLIEMANN, H. J. Disponibilidade de fósforo de fosfatos naturais em solos de Cerrado e sua avaliação por extratores químicos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 35, n. 3, p. 139-146, 2005.
- SANTOS, E. A.; KLIEMANN, H. J. Eficiência de fosfatos naturais relacionada à produtividade de milheto em solos de Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 36, n. 2, p. 75-81, 2006.
- SANTOS, H. Q. et al. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 173-182, 2002.
- SANTOS, V. R. *Crescimento e produção de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo*. 2006. 88 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)—Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2006.
- VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. *Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura da cana-de-açúcar*. Piracicaba: Potafos, 2002. (Informações agrônomicas, 97).