



DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p324-329>

Soro ácido de leite como fonte de nutrientes para o milho

José R. Mantovani¹, Marciza Carrera², Paulo R. C. Landgraf³ & José M. Miranda⁴

Palavras-chave:

resíduo orgânico
adubação orgânica
adubação mineral
potássio
nitrogênio

RESUMO

Realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar o efeito do soro ácido de leite em atributos químicos do solo, na produção de matéria seca e no acúmulo de nutrientes na parte aérea de milho. O experimento foi conduzido em vasos, em casa de vegetação, entre fevereiro e maio de 2012, e o delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram na combinação de cinco doses de soro ácido de leite equivalentes a 0, 50, 100, 150 e 200 m³ ha⁻¹, na ausência e na presença de adubação mineral com NPK e micronutrientes. Porções de 6,4 dm³ de solo foram incubadas com calcário e 15 dias antes do término da incubação foram aplicadas as doses de soro. Nos tratamentos com adubação mineral parte dos nutrientes foi adicionada na incubação e o restante em cobertura. Após a incubação o milho foi semeado e o experimento foi conduzido por 47 dias. O fornecimento de soro ácido de leite ao solo incrementa os teores de P-disponível e K⁺, aumenta a produção de matéria seca das plantas de milho e as acumulações de N, P, K e Ca na parte aérea. O soro ácido de leite em doses de até 200 m³ ha⁻¹ deve ser utilizado de forma associada à adubação mineral no cultivo de milho.

Key words:

organic waste
organic manure
mineral fertilizer
potassium
nitrogen

Acid whey as a source of nutrients for maize

ABSTRACT

This study was conducted with the aim to evaluate the effect of acid whey on chemical attributes of soil, dry matter production and nutrient accumulation in the corn. The experiment was conducted in pots in the greenhouse, between February and May 2012, and the experimental design was in randomized blocks, and analysed in 5 x 2 factorial scheme with four replications. The treatments consisted of 5 doses of acid whey equivalent to 0, 50, 100, 150 and 200 m³ ha⁻¹, in the absence and presence of mineral fertilization with NPK and micronutrients. Portions of 6.4 dm³ of soil were incubated with lime, and the doses of acid whey were applied 15 days before the end of incubation. In the treatments with mineral fertilizer, part of nutrients were applied in the incubation and the rest in hand weeding. After incubation the corn seeding was done and the experiment was carried out during 47 days. The application of acid whey to the soil increases the concentrations of available P and K⁺, increases the dry matter yield of corn and N, P, K and Ca accumulation in the aerial parts. The acid whey in doses of up to 200 m³ ha⁻¹ must be used associated with mineral fertilization in maize cultivation.

INTRODUÇÃO

O soro é resultante da separação da caseína e da gordura do leite, no processo de produção de queijo. Este subproduto possui cerca de 55% dos nutrientes do leite e apresenta, em sua composição, aproximadamente 93 a 94% de água, 4,4 a 5,0% de lactose, 0,7 a 0,9% de proteínas solúveis e 0,6 a 1,0% de sais minerais (Kuhnen, 2010; Paula et al., 2011).

Quando as caseínas são coaguladas em meio ácido, na produção de queijo, o soro obtido é ácido e quando são coaguladas em meio enzimático ele recebe a denominação de soro doce (Ruiz, 2012). Nos laticínios são gerados, para cada quilograma de queijo produzido, 9 kg de soro (Gheri et al., 2003; Florêncio et al., 2013). Como a produção de queijos no Brasil no ano de 2012 foi de 790.323 toneladas estima-se que neste ano foram obtidos 7,1 bilhões de litros de soro (Queiroz, 2013). Devido ao seu valor nutricional, o soro de leite pode ser utilizado na produção de bebidas lácteas ou na alimentação animal (Siqueira et al., 2013). Entretanto e segundo esses autores, por ser um produto perecível, o que impossibilita seu armazenamento prolongado, a maior parte do soro de leite produzido no Brasil não é aproveitada sendo descartada como resíduo.

O soro de leite apresenta demanda bioquímica de oxigênio (DBO) elevada, cerca de 30.000 a 60.000 mg L⁻¹, valores mais de 10 vezes superiores aos do esgoto doméstico (Paula et al., 2011). Assim e caso ele seja descartado de forma equivocada diretamente em rios, córregos ou lagos, pode afetar a vida aquática e promover sérios impactos ambientais (Magalhães et al., 2011; Siqueira et al., 2013). Neste sentido, como a composição química do soro de leite permite seu uso como fertilizante (Kuhnen, 2010), uma alternativa de menor impacto para o meio ambiente seria utilizá-lo em áreas próximas das quais em que foram gerados, como fonte de nutrientes. Apesar disto, o uso agrícola do soro de leite como fertilizante deve ter um embasamento técnico com definição de doses adequadas para as culturas além de estudos sobre seus benefícios em atributos do solo e na produtividade das plantas.

Nas avaliações do uso agrícola do soro de leite predominam efeitos benéficos nos solos e respostas positivas das culturas porém as doses empregadas são muito variáveis e não obedecem regras definidas (Gheri et al., 2003; Morrill et al., 2012; Queiroz, 2013). Neste contexto o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do soro ácido de leite em atributos químicos do solo, na produção de matéria seca e no acúmulo de nutrientes na parte aérea de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em vasos, em casa de vegetação, entre fevereiro e maio de 2012. Utilizou-se amostra da camada superficial (0 a 20 cm) de um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, coletado em uma área de

pastagem no município de Alfenas-MG cujas caracterizações química (Silva, 1999) e granulométrica (EMBRAPA, 2011) se encontram na Tabela 1.

O soro utilizado no experimento, derivado da fabricação do queijo petit suisse, foi fornecido pela Danone S/A unidade de Poços de Caldas-MG; sua composição química (Tedesco et al., 1995) se encontra na Tabela 2.

Empregou-se delineamento experimental em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais (vasos). Os tratamentos consistiram na combinação de cinco doses de soro ácido de leite 0; 169; 338; 507 e 676 mL vaso⁻¹ equivalentes, com base no volume de solo de 1 ha na profundidade de 0-20 cm (2.000.000 dm³), a 0; 50; 100; 150 e 200 m³ ha⁻¹, em duas condições, na presença (A₁) e na ausência (A₀) de adubação mineral. A adubação mineral correspondeu, em mg dm³, a 180 de N; 140 de P; 50 de K; 20 de S; 0,5 de B e 2 de Zn; as fontes empregadas foram o superfosfato triplo em pó e os sais p.a. NH₄NO₃, (NH₄)₂SO₄, KCl, K₂SO₄, H₃BO₃, ZnSO₄.7H₂O. Nos tratamentos A₁, o adubo fosfatado foi misturado ao solo de cada vaso e os demais fertilizantes foram aplicados, por meio de solução, na incubação (33% da dose de N; 60% da de K e 100% das doses de S, B e Zn) e em cobertura (67% da dose de N e 40% da dose de K).

Porções de 6,4 dm³ de solo, correspondentes a todo o volume empregado em cada vaso, receberam calcário dolomítico (CaO = 39%; MgO = 13%; PRNT = 91%); visando elevar a saturação por bases do solo a 70%, foram transferidas para vasos com capacidade para 7 L, umedecidas com água destilada a 70% da capacidade de retenção de água e permaneceram em incubação por 40 dias, ajustando-se periodicamente a umidade do solo. Aos 25 dias de incubação foram aplicadas, na superfície do solo dos vasos, as doses de soro utilizando-se proveta; a seguir, para que o solo de todos os tratamentos ficasse com a mesma umidade da recebida pela maior dose de soro, fez-se a aplicação de água destilada de modo que todos os vasos recebessem o mesmo volume de líquido (soro + água); aos 32 dias de incubação foi realizada adubação mineral nos tratamentos A₁; ao término da incubação o solo foi retirado dos vasos, secado ao ar e amostrado para caracterização química de rotina e de S-SO₄²⁻ (Silva, 1999). Após a amostragem porções de 5,9 dm³ de solo foram devolvidas para os vasos, reumedecidas a

Tabela 2. Composição química do soro ácido de leite empregado no experimento

Parâmetro	Valores
pH	4,1
Carbono (g L ⁻¹)	16,2
Nitrogênio (g L ⁻¹)	0,9
Relação C/N	18
Fósforo (g L ⁻¹)	0,7
Potássio (g L ⁻¹)	1,4
Cálcio (g L ⁻¹)	0,8
Magnésio (g L ⁻¹)	0,1
Enxofre (g L ⁻¹)	0,01

Tabela 1. Caracterização química e granulométrica do solo utilizado no experimento

P Mehlich mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH H ₂ O	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	CTC	SB	Al	t	V	m	Areia	Silte	Argila
			cmol _c dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³			%			g kg ⁻¹			
10	27	5,2	0,11	2,4	1,1	7,9	11,5	3,6	0,4	4,0	31	10	359	132	509

CTC – Capacidade de troca de cátions potencial; SB – Soma de bases; t – Capacidade de troca de cátions efetiva; V – Saturação por bases; m – Saturação por Al³⁺

70% da capacidade de retenção de água e só então realizada a semeadura do milho (híbrido: DKB 390), colocando-se oito sementes por vaso acerca de 2 cm de profundidade; uma semana depois da emergência das plantas foi realizado o raleio, deixando-se quatro plantas por vaso.

Durante a condução do experimento com plantas manteve-se a umidade do solo acerca de 70% da capacidade de retenção de água, por meio de pesagem dos vasos e reposição da água perdida. Nos tratamentos A₁, a adubação de cobertura foi parcelada aos 8 e aos 23 dias após o raleio.

A colheita da parte aérea do milho foi realizada 40 dias após o raleio cortando-se as plantas rente à superfície do solo de cada vaso. A parte aérea das plantas foi lavada conforme recomendação de Tedesco et al. (1995), secada em estufa de circulação de ar forçada com temperatura em torno de 65 °C até peso constante, moída em moinho do tipo Willey e submetida a digestão nítrico-perclórica (Tedesco et al., 1995). Nos extratos foram determinados os teores de P por colorimetria, de K por fotometria de chama e de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica e de S por turbidimetria. Para a determinação do N total na parte aérea das plantas foram feitas digestão sulfúrica, destilação dos extratos em microdestilador Kjeldahl e subsequente titulação do destilado (Tedesco et al., 1995). Obtiveram-se as quantidades acumuladas de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea do milho a partir do produto entre os teores de nutrientes na parte aérea e a produção de matéria seca das plantas.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância seguida, nos casos em que o valor de F foi significativo, de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O soro ácido de leite afetou significativamente ($P < 0,01$) os teores de P disponível, extraídos por Mehlich, e os teores de K⁺ do solo. Entretanto, a aplicação deste resíduo não alterou a acidez ativa (pH em H₂O), a acidez potencial (H+Al) nem os teores de matéria orgânica, de Ca²⁺, de Mg²⁺ e de S-SO₄²⁻ do solo, cujos valores médios foram de 5,9; 4 cmol_c dm⁻³; 28 g dm⁻³; 5 cmol_c dm⁻³; 1,8 cmol_c dm⁻³ e 5 mg dm⁻³, respectivamente.

Mesmo sendo um resíduo ácido (pH = 4,1), a aplicação de soro de leite em doses de até 200 m³ ha⁻¹ não provocou acidificação do solo em função, possivelmente, do elevado poder tampão do solo empregado no experimento (CTC potencial = 11,5 cmol_c dm⁻³). Resultados semelhantes foram obtidos por Canellas et al. (2003) e por Barros et al. (2010) utilizando vinhaça, que também é um resíduo ácido. Canellas et al. (2003) não constataram alterações no pH das camadas de 0 a 20 cm nem de 20 a 40 cm de solo argiloso (380 g kg⁻¹ de argila) cultivado com cana-de-açúcar após aplicações anuais de 120 m³ ha⁻¹ de vinhaça durante 35 anos. Barros et al. (2010) não observaram variações no pH do solo de lavoura de cana-de-açúcar que recebeu aplicações anuais de 150 m³ ha⁻¹ vinhaça (pH 4,7) durante 10 anos.

Guimarães et al. (2012) constataram, empregando doses de até 500 m³ ha⁻¹ de resíduo alcalino (lodo biológico de indústria de gelatina, com pH de 8,4), em três solos com diferentes teores de argila e de CTC potencial, que os solos com menor poder tampão tiveram maior elevação no pH com a aplicação do resíduo orgânico.

Os teores de Mg²⁺ e de S-SO₄²⁻ do solo não sofreram alteração com a aplicação do soro ácido de leite devido à pequena concentração desses nutrientes no resíduo orgânico. Com as doses de soro de leite foram fornecidos, ao solo, 0,02 a 0,09 cmol_c dm⁻³ de Mg e 0,26 a 1,04 mg dm⁻³ de S, valores considerados baixos e que não foram detectados pela análise de solo, evidenciando que o soro de leite não é fonte de Mg nem de S para as plantas. Em relação ao Ca, a adição de soro de leite forneceu ao solo 0,11 a 0,44 cmol_c dm⁻³. Embora essas quantidades de Ca sejam consideráveis do ponto de vista da fertilidade do solo, elas não foram detectadas pela análise de solo provavelmente por representarem menos de 10% do teor de Ca trocável do solo do tratamento testemunha após a calagem.

Os teores de matéria orgânica do solo não sofreram alteração com a aplicação de soro ácido de leite em função da presença de grande proporção de carbono orgânico de fácil decomposição nesse resíduo líquido, que é aplicado ao solo in natura, ou seja, sem passar por um processo prévio de compostagem e que tem lactose como principal componente (Kuhnen, 2010). Guimarães et al. (2012) também não constataram alterações no teor de matéria orgânica do solo com a adição de até 500 m³ ha⁻¹ de resíduo orgânico (lodo biológico de indústria de gelatina).

O carbono orgânico existente nos resíduos adicionado ao solo pode ser liberado para a atmosfera na forma de CO₂ ou permanecer no solo, sendo convertido em húmus estável (Paula et al., 2013). Bernal et al. (1998) observaram, utilizando compostos de diferentes resíduos orgânicos em vários estádios de maturação, que materiais orgânicos mais estabilizados liberaram menor quantidade de C-CO₂ do que os mesmos materiais em estádios iniciais e intermediários de compostagem; desta forma, os autores concluíram que além da relação C/N a forma em que o C se encontra nos materiais orgânicos também interfere na velocidade de decomposição.

Kuhnen (2010) constatou que os valores da fração de mineralização do C-orgânico do soro ácido de leite foram elevados chegando a 67% na dose de 101 m³ ha⁻¹ de soro e a 59% na dose de 405 m³ ha⁻¹, em 168 dias de incubação com solo argiloso. O autor ainda observou que mais de 50% do C-orgânico adicionado ao solo com a aplicação de soro ácido de leite foram mineralizados, em 29 dias de incubação.

Os teores de P, extraídos por Mehlich e de K⁺ do solo, aumentaram linearmente com as doses de soro ácido de leite, tanto na ausência (A₀) quanto na presença (A₁) de adubação mineral (Figura 1). Na ausência de adubação mineral os teores de P do solo, estimados pela equação de regressão, passaram de 9 para 19 mg dm⁻³ e para o K⁺, os teores variaram de 0,12 a 0,48 cmol_c dm⁻³. Com isto nesta condição (A₀), os teores de P aumentaram 2,1 vezes e os de K quadruplicaram quando se comparou o tratamento testemunha com o que recebeu a maior dose de soro ácido de leite. Na presença de adubação mineral o comportamento foi semelhante visto que os teores de P aumentaram 1,5 vez, variando de 37 a 53 mg dm⁻³ e os de K⁺ tiveram acréscimo de 3,5 vezes passando de 0,15 para 0,52 cmol_c dm⁻³ com a aplicação de 200 m³ ha⁻¹ de soro. Resultados semelhantes foram obtidos por Queiroz (2013) que constatou, em experimento em condições de campo, aumento nos teores de P disponível e principalmente de K⁺ do solo com a aplicação

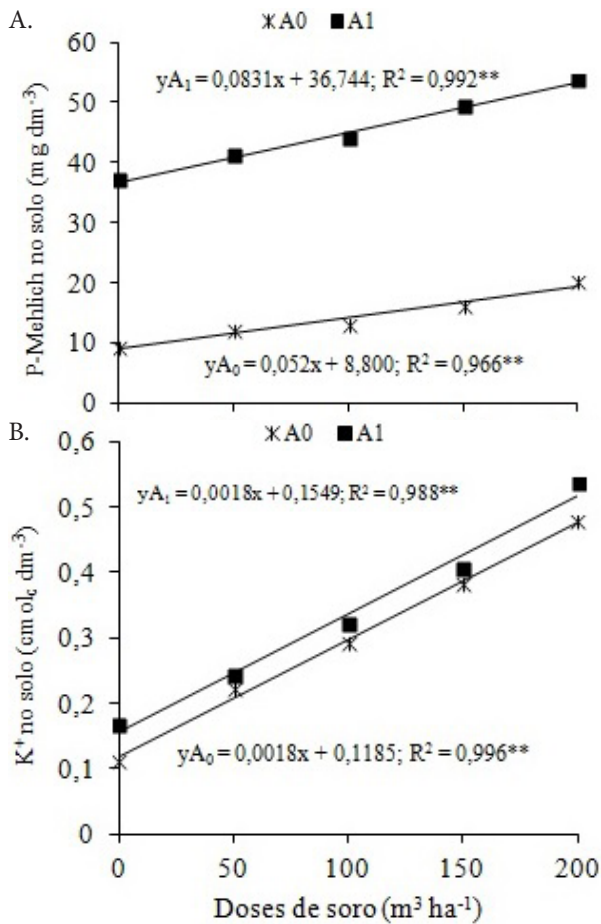


Figura 1. Efeito do soro ácido de leite nos teores de P (A) e de K (B) do solo, na ausência (A₀) e na presença (A₁) de adubação mineral

de 62,5 m³ ha⁻¹ de soro ácido de leite. Gheri et al. (2003) também obtiveram aumento nos teores de K do solo com a aplicação de soro ácido de leite.

Com o soro de leite e dependendo da dose empregada foram adicionados, ao solo, 18 a 74 mg dm⁻³ de P e, 0,09 a 0,38 cmol_c dm⁻³ de K, dos quais em média cerca de 20% para o P e 100% para o K foram detectados pela análise de solo sendo considerados disponíveis para as plantas, quinze dias após a aplicação do resíduo. Isto indica que o K do soro é rapidamente liberado para o solo uma vez que o nutriente não participa da estrutura de compostos orgânicos e está na forma iônica em tecidos vegetais e em adubos orgânicos (Chagas et al., 2007; Soratto et al., 2012).

Em relação ao P, a liberação do nutriente contido em materiais orgânicos ocorre, em geral, de forma relativamente lenta (Mantovani et al., 2004). Esses autores verificaram, em experimento em casa de vegetação empregando solo de textura média e doses de resíduo da indústria processadora de goiabas, que com a aplicação do equivalente a 80 t ha⁻¹ do resíduo foram adicionados 80 mg dm⁻³ de P, dos quais apenas cerca de 10% foram recuperados pela análise de solo, após 45 dias de incubação do resíduo com o solo. De acordo com Robbins et al. (1996) mais da metade do teor total de P no soro de leite está em forma mineral e de 21 a 42% estão em formas orgânicas. Parte do P orgânico do soro passa, ao ser aplicado ao solo, por mineralização e uma vez transformado é retido por meio de ligações covalentes, aos colóides da fase sólida

do solo, particularmente aos óxidos de Fe e Al originando as formas lábeis e não lábeis do nutriente no solo.

Observou-se aumento linear na produção de matéria seca da parte aérea de milho com a aplicação de soro ácido de leite, tanto na ausência quanto na presença de adubação mineral com NPK e micronutrientes (Figura 2). Na ausência de adubação mineral (A₀), a produção de matéria seca de milho variou de 8,13 g vaso⁻¹ no tratamento testemunha a 18,67 g vaso⁻¹ no tratamento que recebeu a maior dose de soro, ou seja, o aumento foi de 2,3 vezes. Na presença de adubação mineral (A₁), o acréscimo na produção de matéria seca das plantas foi de 1,4 vezes, com os valores variando de 16,59 a 22,87 g vaso⁻¹. Verificou-se, também, que a produção de matéria seca das plantas dos tratamentos que receberam soro + adubação mineral com NPK e micronutrientes foi, em média, 1,6 vezes maior que a dos tratamentos em que foi aplicado somente soro ácido de leite evidenciando que apenas o soro ácido de leite em doses de até 200 m³ ha⁻¹ não foi suficiente para atender à exigência nutricional inicial do milho e que ele deve ser utilizado de forma associada à adubação mineral.

Com o uso exclusivo de soro ácido de leite, além de limitações do crescimento das plantas, foram observados sintomas visuais de deficiência de P e, particularmente, de N, independentemente da dose aplicada. No caso do N os sintomas de deficiência nos tratamentos com soro de leite ocorreram apenas no início do desenvolvimento das plantas mas nesta fase foram mais evidentes do que no tratamento testemunha, o que evidencia possível imobilização do N no solo com a adição do resíduo orgânico. Para minimizar referido impasse, deve-se combinar o uso do soro de leite com a aplicação de adubo nitrogenado. Queiroz (2013) também constatou imobilização de N no solo e sintomas de deficiência de N em milho em tratamentos com soro ácido de leite e sem adubação nitrogenada. A imobilização de N no solo com a aplicação de soro ácido de leite não era prevista em função da baixa relação C/N do resíduo utilizado no experimento (16/1) porém, como a concentração de lactose no soro é alta, a oferta abundante de fonte de carbono de decomposição rápida deve ter favorecido aumento acentuado na atividade microbiana

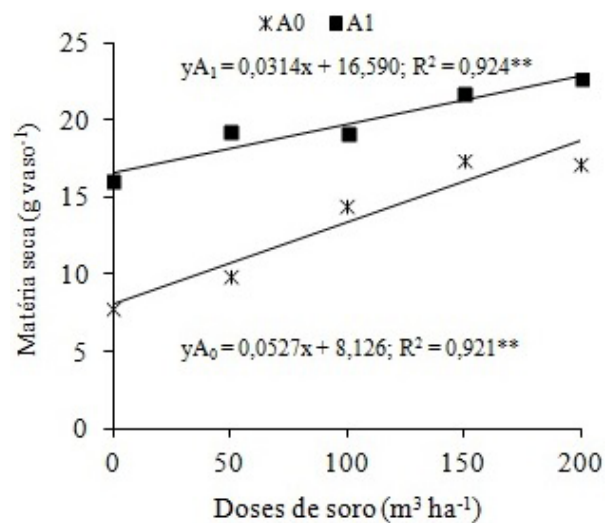


Figura 2. Efeito do soro ácido de leite na produção de matéria seca da parte aérea de milho, na ausência (A₀) e na presença (A₁) de adubação mineral

em intervalo de tempo curto e o uso do N-inorgânico do solo pelos microrganismos (Queiroz, 2013).

Aumentos na produção de gramíneas com o uso de soro ácido de leite também foram relatados por alguns autores. Gheri et al. (2003) constataram, em experimento em casa de vegetação empregando lisímetros, que a adição de até 500 m³ ha⁻¹ de soro ácido de leite, parcelada em 3 vezes, aumentou a produção de matéria seca de capim-tanzânia até a dose estimada de 390 m³ ha⁻¹. Morrill et al. (2012) observaram, em experimentos em vasos empregando doses de soro de leite de até 1.000 m³ ha⁻¹, em única aplicação, aumentos na produção de matéria seca de milho e de sorgo com adições de até 779 e 718 m³ ha⁻¹ de soro, respectivamente. Queiroz (2013) verificou, em experimento em condições de campo em solo de baixa fertilidade, que a aplicação de 62,5 m³ ha⁻¹ de soro ácido de leite aumentou a produtividade de grãos de milho em 938 kg ha⁻¹.

Verificou-se, na ausência de adubação mineral, aumento nas quantidades acumuladas de N, P, K e Ca na parte aérea de milho com a aplicação de soro ácido de leite (Figura 3). Nesta condição, os acréscimos obtidos foram de 2,4; 3,0; 4,5 e 1,6 vezes, respectivamente, para N, P, K e Ca, ao se comparar o tratamento testemunha com o que recebeu a maior dose de soro ácido de leite. Na presença de adubação mineral houve aumento linear nas quantidades acumuladas de N, K e Ca na parte aérea das plantas com as doses de soro ácido de leite, caso

em que os aumentos observados foram de 1,3; 2,7 e 1,6 vezes ao se comparar os tratamentos que receberam 0 e 200 m³ ha⁻¹ do resíduo orgânico. Gheri et al. (2003) também constataram aumento nas quantidades absorvidas de N, P, K e Ca pelo capim-tanzânia com a aplicação de soro ácido de leite.

Com as doses de soro de leite foram adicionados, ao solo, de 24 a 96 mg dm⁻³ de N, essencialmente na forma orgânica. Kuhnen (2010) verificou que a fração de mineralização do nitrogênio do soro de leite foi de 50%, ao final de 126 dias de incubação desse resíduo orgânico com o solo. Ainda segundo este autor, mais da metade do N mineralizado acumulado no período do experimento ocorreu nos primeiros 28 dias de incubação. Considerando esses valores constatou-se que foram disponibilizados para as plantas de 12 a 48 mg dm⁻³ de N-inorgânico, o equivalente a 24 a 96 kg ha⁻¹ de N, com a aplicação de 50 a 200 m³ ha⁻¹ de soro ácido de leite. Essas quantidades correspondem de 20 a 80% do N recomendado por Raij & Cantarella (1997) para a cultura do milho visando produtividade de 8 a 10 t ha⁻¹ de grãos, em solo com resposta média esperada ao N. Esses resultados indicam que o soro ácido de leite é importante fonte de N para as plantas.

As quantidades acumuladas de Mg e S na parte aérea do milho não foram alteradas pela aplicação de soro ácido de leite, tanto na ausência quanto na presença de adubação mineral; também não houve variação no acúmulo de P nas plantas com a adição de soro de leite na presença de adubação mineral.

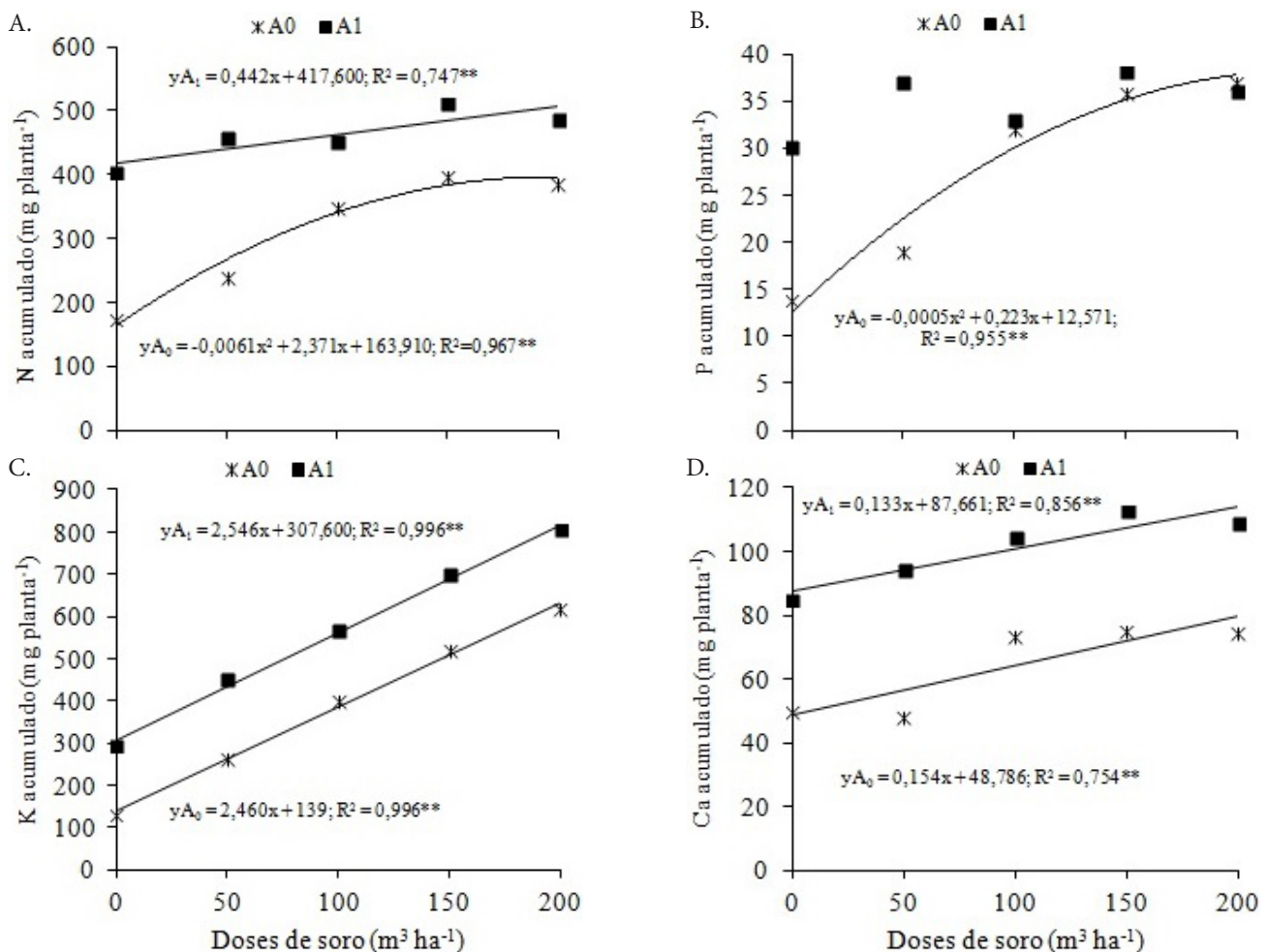


Figura 3. Efeito do soro ácido de leite nas quantidades acumuladas de N (A), P (B), K (C) e Ca (D) na parte aérea de milho, na ausência (A₀) e na presença (A₁) de adubação mineral

No presente experimento as quantidades de nutrientes absorvidas pelo milho, com exceção das de N e de P nos tratamentos que receberam exclusivamente soro ácido de leite, foram adequadas para o crescimento das plantas e como a maioria das variáveis avaliadas apresentou comportamento linear com a aplicação de soro ácido de leite, a diminuição de fertilizantes minerais no milho com o uso deste resíduo orgânico somente seria possível com o emprego de doses maiores que 200 m³ ha⁻¹.

CONCLUSÕES

1. O fornecimento de soro ácido de leite ao solo incrementa os teores de P-disponível e K⁺, aumenta a produção de matéria seca das plantas de milho e as acumulações de N, P, K e Ca na parte aérea.

2. O soro ácido de leite em doses de até 200 m³ ha⁻¹ deve ser utilizado de forma associada à adubação mineral no cultivo de milho.

LITERATURA CITADA

- Barros, R. P.; Viégas, P. R. A.; Silva, T. L.; Souza, R. M.; Barbosa, L.; Viégas, R. A.; Barretto, M. C. V.; Melo, A. S. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.40, p.341-346, 2010. <http://dx.doi.org/10.5216/pat.v40i3.6422>
- Bernal, M. P.; Navarro, A. F.; Sánchez-Monedero, M. A.; Roig, A.; Cegarra, J. Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, v.30, p.305-313, 1998. [http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717\(97\)00129-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717(97)00129-6)
- Canellas, L. P.; Velloso, A. C. X.; Marciano, C. R.; Ramalho, J. F. G. P.; Rumjanek, V. M.; Resende, C. E.; Santos, G. A. Propriedades químicas de um cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhicho e adição de vinhaça por longo tempo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.935-944, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000500018>
- Chagas, E.; Araújo, A. P.; Teixeira, M. G.; Guerra, J. G. M. Decomposição e liberação de nitrogênio, fósforo e potássio de resíduos da cultura do feijoeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.723-729, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000400013>
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise do solo. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 2011. 230p. Documentos, 132
- Florêncio, I. M.; Florentino, E. R.; Silva, F. L. H. da; Martins, R. S.; Cavalcanti, M. T.; Gomes, J. P. Produção de etanol a partir de lactosoro industrial. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, p.1088-1092, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013001000010>
- Gheri, E. O.; Ferreira, M. E.; Cruz, M. C. P. Resposta do capim-tanzânia à aplicação de soro ácido de leite. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, p.753-760, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2003000600012>
- Guimarães, R. C. M.; Cruz, M. C. P.; Ferreira, M. E.; Taniguchi, C. A. K. Chemical properties of soil treated with biological sludge from gelatin industry. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, p.653-660, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000200034>
- Kuhnen, F. Mineralização do nitrogênio do soro ácido de leite. Jaboticabal: UNESP, 2010. 45p. Dissertação Mestrado
- Magalhães, K. T.; Dragone, G.; Pereira, G. V. M.; Oliveira, J. M.; Domingues, L.; Teixeira, J. A.; Silva, J. B. A.; Schwan, R. F. Comparative study of the biochemical changes and volatile compound formations during the production of novel whey-based kefir beverages and traditional milk kefir. *Food Chemistry*, v.126, p.249-253, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.012>
- Mantovani, J. R.; Corrêa, M. C. M.; Cruz, M. C. P.; Ferreira, M. E.; Natale, W. Uso fertilizante de resíduo da indústria processadora de goiabas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.26, p.339-342, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452004000200037>
- Morrill, W. B. B.; Rolim, M. M.; Bezerra Neto, E.; Pedrosa, E. M. R.; Oliveira, V. S.; Almeida, G. L. P. Produção e nutrientes minerais de milho forrageiro e sorgo sudão adubado com soro de leite. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.182-188, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000200008>
- Paula, J. R. de; Matos, A. T. de; Matos, M. P. de; Pereira, M. S.; Andrade, C. A. de. Mineralização do carbono e nitrogênio de resíduos aplicados ao solo em campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.37, p.1729-1741, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000600029>
- Paula, L. de; Rolim, M. M.; Bezerra Neto, E.; Soares, T. M.; Pedrosa, E. M. R.; Silva, E. F. F. Crescimento e nutrição mineral de milho forrageiro em cultivo hidropônico com soro de leite bovino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.931-939, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000900009>
- Queiroz, S. M. Soro ácido de leite associado a doses de nitrogênio em cobertura na cultura de milho. Jaboticabal: UNESP, 2013. 38p. Dissertação Mestrado
- Raij, B. van; Cantarella, H. Milho para grãos e silagem. In: Raij, B. van; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. rev.atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997, p.56-59. Boletim Técnico, 100
- Robbins, C. W.; Hansen, C. L.; Roginske, M. F.; Sorensen, D. L. Extractable phosphorus and soluble calcium, magnesium and potassium in two whey-treated calcareous soils. *Journal of Environmental Quality*, v.25, p.791-795, 1996. <http://dx.doi.org/10.2134/jeq1996.00472425002500040020x>
- Ruiz, J. G. C. L. Mineralização do soro ácido de leite em função do pH do solo. Jaboticabal: UNESP, 2012. 44p. Dissertação Mestrado
- Silva, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Solos/Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.
- Siqueira, A. M. O.; Machado, E. C. L.; Stamford, T. L. M. Bebidas lácteas com soro de queijo e frutas. *Ciência Rural*, v.43, p.1693-1700, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013000900025>
- Soratto, R. P.; Crusciol, C. A. C.; Costa, C. H. M. de; Ferrari Neto, J.; Castro, G. S. A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalaria e milho, cultivados solteiros e consorciados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, p.1462-1470, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012001000008>
- Tedesco, M. J.; Gianello, C.; Bissani, C. A.; Bohnen, H.; Volkweiss, S. J. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p. Boletim Técnico, 5