



## Eficiência do soro de leite em fornecer nitrogênio para o milho

**Deyvid Wilker de Paula<sup>(1)</sup>; Henrique Santos Augusto<sup>(1)</sup>; José Ricardo Mantovani<sup>(2)</sup>;  
Reinaldo Aguiar dos Reis<sup>(1)</sup>; John Lennon Alvarenga Moreira<sup>(1)</sup>; Jéssica da Silva  
Bernardes<sup>(3)</sup>**

<sup>(1)</sup> Discente; Faculdade de Agronomia, Universidade José do Rosário Vellano/Unifenas, Câmpus de Alfenas-MG, e-mail: deyvidwp@hotmail.com

<sup>(2)</sup> Professor; Faculdade de Agronomia, Universidade José do Rosário Vellano/Unifenas, Câmpus de Alfenas-MG.

<sup>(3)</sup> Aluna do Mestrado Profissional em Sistemas de Produção na Agropecuária, Universidade José do Rosário Vellano/Unifenas, Câmpus de Alfenas-MG.

**RESUMO:** Os objetivos do presente trabalho foram avaliar a capacidade do soro de leite em fornecer nitrogênio para o milho, comparado com uma fonte padrão ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ); e, verificar se o uso do soro de leite provoca alteração nos teores de  $\text{Na}^+$  do solo. O experimento foi realizado em vasos, em delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial  $2 \times 6$ , um tratamento testemunha e 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de 2 fontes de N (soro de leite e  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) e 6 doses de nitrogênio correspondentes a 50; 100; 150; 200; 250 e 300  $\text{mg dm}^{-3}$  de N. No tratamento testemunha, nenhuma fonte de N foi utilizada. Porções de 5  $\text{dm}^3$  de solo receberam calcário, adubo fosfatado, foram transferidas para vasos, umedecidas e incubadas por 30 dias. Após a incubação, o milho foi semeado, e em seguida as doses de soro de leite foram aplicadas na superfície do solo. Manteve-se 4 plantas por vaso, e as doses de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  foram parcelas em 3 vezes, no plantio e aos 10 e 25 dias após o raleio. O experimento foi colhido 51 dias após a semeadura. O crescimento e a produção de matéria seca de milho são maiores com o uso de soro de leite, como fonte de N, do que com o emprego de nitrato de amônio. O soro de leite apresenta alta eficiência em fornecer nitrogênio para o milho, comparado com a fonte padrão nitrato de amônio. A aplicação do soro de leite aumenta os teores de  $\text{Na}^+$  no solo.

**Termos de indexação:** adubação orgânica, resíduo orgânico, nutrientes.

### INTRODUÇÃO

O soro de leite é subproduto da fabricação de queijos. Como a produção de queijos no Brasil no ano de 2012 foi de aproximadamente 790.323 toneladas, estima-se que nesse ano foram obtidos 7,1 bilhões de litros de soro (Queiroz, 2013), quantidade que está além da capacidade de uso da própria indústria de alimentos.

O soro de leite pode ser utilizado na agricultura como fonte de nutrientes para as plantas (Mantovani et al., 2015). A partir da composição química desse resíduo orgânico, admite-se que ele é um bom fornecedor de N e K. O K tem liberação rápida para as plantas, conforme já avaliado por Gheri et al.

(20013) e por Mantovani et al. (2015). O N, por outro lado, está nas proteínas do soro e precisa passar por processo de degradação microbiana (mineralização) para se tornar disponível para as plantas.

O interesse na utilização de resíduos orgânicos na agricultura está, particularmente, no fornecimento de nitrogênio, nutriente de manejo difícil e de custo elevado.

Além do N, outro componente do soro que precisa ser monitorado é o  $\text{Na}^+$ , que está presente no soro devido a adição de sal no queijo. Esse elemento químico tem efeito dispersante nos agregados e prejudica atributos físicos do solo.

Os objetivos do presente trabalho foram avaliar a capacidade do soro de leite em fornecer nitrogênio para o milho, comparado com uma fonte padrão ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ); e, verificar se o uso do soro de leite provoca alteração nos teores de  $\text{Na}^+$  do solo.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos, em casa de vegetação, na Faculdade de Agronomia da Unifenas, Campus de Alfenas-MG. Utilizou-se amostra da camada superficial (0 a 20 cm) de um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, com a seguinte caracterização inicial de rotina (Silva, 1999): pH em  $\text{CaCl}_2 = 4,9$ ; P-Mehlich = 5  $\text{mg dm}^{-3}$ ;  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , H+Al, CTC, respectivamente, iguais a 3,9; 18; 12; 1; 42; 76  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ; MO = 24  $\text{g dm}^{-3}$ ; V% = 45; m% = 3; P-rem = 14  $\text{g L}^{-1}$ .

Foi empregado delineamento experimental em blocos ao acaso, em esquema fatorial  $2 \times 6$ , um tratamento testemunha e 4 repetições, totalizando 52 unidades experimentais (vasos). Os tratamentos foram constituídos pela combinação de 2 fontes de N (soro de leite e  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  p.a.) e 6 doses de nitrogênio correspondentes a 50; 100; 150; 200; 250 e 300  $\text{mg dm}^{-3}$  de N. No tratamento testemunha, nenhuma fonte de N foi utilizada.

O soro de leite empregado no experimento tinha a seguinte composição química (Tedesco et al., 1995): pH = 5,9; C-orgânico = 23,94  $\text{g L}^{-1}$ ; N = 1,08  $\text{g L}^{-1}$ ; relação C/N = 22/1; P = 0,31  $\text{g L}^{-1}$ ; K = 1,35  $\text{g L}^{-1}$ . Em função do teor de N do soro de leite foram calculadas as quantidades de 230; 460; 690; 920; 1150; 1380  $\text{mL vaso}^{-1}$  do resíduo orgânico a serem



adicionadas para fornecer as doses de N estabelecidas nos tratamentos. Essas quantidades de soro de leite foram equivalentes com base no volume de solo empregado em cada vaso e no volume de solo de 1 ha na camada de 0 a 20 cm ( $2.000.000 \text{ dm}^3$ ) a 92; 184; 276; 368; 460;  $552 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

Porções de  $5 \text{ dm}^3$  de solo foram misturadas, a seco, com calcário dolomítico ( $\text{CaO} = 39\%$ ;  $\text{MgO} = 13\%$ ;  $\text{PRNT} = 91\%$ ) visando elevar a saturação por bases do solo ( $V\%$ ) a 70%, e com  $120 \text{ mg dm}^{-3}$  de P, na forma de superfosfato simples em pó ( $18\% \text{ P}_2\text{O}_5$ ). Após a mistura, as porções de solo foram transferidas para vasos com capacidade de  $5,5 \text{ dm}^3$ ; umedecidas com água destilada a cerca de 70% da capacidade de retenção, e submetidos à incubação por 30 dias, ajustando-se periodicamente a umidade do solo.

Após a incubação foi efetuada a semeadura do milho (híbrido P3646), em 06/08/2014, colocando-se 8 sementes por vaso, a cerca de 1 cm de profundidade. A seguir foram aplicadas as doses de soro de leite, na superfície dos vasos, utilizando-se proveta. Nos tratamentos com  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  foi adicionado  $15 \text{ mg dm}^{-3}$  de N, por meio de solução. Uma semana depois da emergência do milho, realizou-se raleio deixando-se 4 plantas por vaso.

Aos 10 e 25 dias após o raleio, nos tratamentos com  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  foram efetuadas adubações de cobertura, por meio de solução, para fornecer o restante das doses de N. Aos 12 e 20 dias após o raleio, foram efetuadas adubações com K, na forma de KCl p.a., por meio de solução, para que todos os tratamentos recebessem a mesma quantidade de K fornecida pela maior dose de soro de leite. Durante a condução do experimento com plantas manteve-se a umidade do solo a cerca de 70% da capacidade de retenção de água, por meio de pesagem diária dos vasos e reposição da água perdida.

Aos 51 dias após a semeadura, foi determinada a altura das plantas e o diâmetro do caule, próximo a superfície do solo. A seguir, a parte aérea do milho foi colhida, rente ao solo, sendo avaliados produção de matéria fresca e seca, e teor de N (Tedesco et al., 1995). O acúmulo de N na parte aérea do milho foi obtido a partir do produto entre o teor de N na parte aérea e a produção de matéria seca das plantas.

Após a colheita das plantas, amostra de solo de cada vaso foi coletada para determinação do teor de  $\text{Na}^+$  (Silva, 1999).

Os resultados foram submetidos à análises de variância, teste de comparação de médias (Tukey,  $p < 0,05$ ), e análises de regressão polinomial.

O índice de eficiência agrônômica (IEA) do soro de leite em fornecer N para o milho foi calculado de acordo com a equação apresentada em Raij (2011),  $\text{IEA} = [(Y_2 - Y_1)/(Y_3 - Y_1)] \times 100$ , em que:

$Y_1$  = N acumulado na parte aérea das plantas da parcela sem N (testemunha);

$Y_2$  = N acumulado na parte aérea das plantas do tratamento com soro de leite, na dose  $X_2$ , e,

$Y_3$  = N acumulado na parte das plantas com a mesma dose  $X_2$  de N, empregando o adubo padrão ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ).

O IEA baseou-se nas quantidades acumuladas de N na parte aérea das plantas não adubadas com N, das adubadas com o fertilizante testado (soro de leite) e com o fertilizante padrão ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura das plantas, o diâmetro do caule, e as produções de matéria fresca e de matéria seca da parte aérea do milho aumentaram com as doses de soro de leite, como fonte de N (Figuras 1A e 1B). Em relação à matéria seca, o aumento foi linear em função da aplicação do soro (Figura 1B), sendo que o acréscimo na produção foi de 2,2 vezes ao se comparar o tratamento testemunha com o que recebeu a maior dose do resíduo orgânico ( $1380 \text{ mL vaso}^{-1}$ ). Resultados semelhantes foram obtidos por Mantovani et al. (2015), que também constataram aumento acentuado na produção de matéria seca de milho, tanto com a aplicação exclusiva de soro de leite como associando doses desse resíduo orgânico com adubação mineral.

A altura de plantas, o diâmetro do caule, e a produção de matéria fresca e de matéria seca do milho foram significativamente maiores ( $p < 0,01$ ) nos tratamentos que receberam soro de leite do que naqueles onde foi aplicada a fonte padrão  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . A aplicação das menores quantidades de nitrogênio ( $100$  e  $150 \text{ mg dm}^{-3}$  de N) por meio do soro de leite, proporcionou, em média, produção de matéria seca 40% maior do que nos tratamentos que receberam a mesma quantidade de N como  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (Tabela 1). Nos tratamentos em que foram fornecidos as maiores quantidades de N ( $250$  e  $300 \text{ mg dm}^{-3}$ ), a vantagem do soro de leite em relação ao  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  foi ainda maior, com a produção de matéria seca sendo, em média, 85% maior com o uso do resíduo orgânico do que com o emprego do adubo mineral.

Essa diferença de crescimento e de produção das plantas em função da fonte empregada, não foi devido ao fato do soro de leite também fornecer K, pois foram efetuadas aplicações de KCl no experimento para que todos os vasos recebessem a mesma quantidade do nutriente. Contudo, como o KCl é um fertilizante com índice salino elevado, o emprego de quantidades elevadas desse fertilizante nos tratamentos com  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  pode ter prejudicado o crescimento das plantas. Outro fato, é que o soro de leite também fornece P (Mantovani et al., 2015), e com isso, a presença de maiores teores de P no solo dos tratamentos que receberam soro, principalmente nos que receberam as maiores



doses do resíduo, pode ter favorecido o maior crescimento das plantas.

Diversos autores avaliaram o potencial de fornecimento de nitrogênio por fontes orgânicas e compararam-nas com fontes nitrogenadas sintéticas. Iyyemperumal et al. (2008) não encontraram diferenças na produção de forrageiras utilizadas para silagem com a aplicação de quantidades similares de N na forma de efluentes de lagoa de suínos ou de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Taniguchi (2010) não constatou diferença na produção de matéria seca de milho com a aplicação de lodo biológico de indústria de gelatina ou de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

Durante a condução do experimento foram constatados sintomas visuais de deficiência de N, especialmente no tratamento testemunha e nos que receberam as menores doses de N, como soro de leite ou como  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

A capacidade de fornecimento de N pelo soro de leite para o milho pode ser verificada pela quantidade acumulada de N na parte aérea das plantas (Figura 2A). Houve aumento linear no acúmulo de N na parte aérea do milho com as doses de soro de leite, sendo que esse acréscimo foi de 2,2 vezes ao se comparar o tratamento testemunha com o que recebeu a maior dose de soro de leite.

Comparando as fontes utilizadas, constatou-se que as quantidades acumuladas de N na parte aérea do milho foram maiores ( $p < 0,01$ ) nos tratamentos que receberam  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , sendo que o acúmulo de N nas plantas com o emprego de soro de leite foi, em média, 66% daquele obtido com a aplicação de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

O índice de eficiência agrônômica do soro de leite em fornecer N para o milho foi de 25% nas duas menores doses de N, e de 64% nas duas maiores doses de N, comparado com a fonte padrão  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

O teor de  $\text{Na}^+$  no solo aumentou de forma linear com a aplicação do soro de leite, e no emprego da maior dose do resíduo orgânico o teor foi  $2,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , o que correspondeu a saturação de Na na CTC de 3,0%. Contudo, esse acréscimo acentuado no teor de  $\text{Na}^+$  do solo com o uso de soro de leite não prejudicou o milho. Resultados semelhantes foram obtidos por Queiroz (2013).

Comparado com outros cátions, o  $\text{Na}^+$  apresenta baixa afinidade com o complexo de troca do solo, e por isso, pode ser facilmente lixiviado. Com isso, em condições de campo, o acréscimo no teor de  $\text{Na}^+$  do solo em função do uso do soro de leite seria menor

ao obtido no presente experimento, onde as perdas por lixiviação não ocorreram.

## CONCLUSÕES

O crescimento e a produção de matéria seca de milho são maiores com o uso de soro de leite, como fonte de N, do que com o emprego de nitrato de amônio.

O soro de leite apresenta alta eficiência em fornecer nitrogênio para o milho, comparado com a fonte padrão nitrato de amônio.

A aplicação do soro de leite aumenta os teores de  $\text{Na}^+$  no solo.

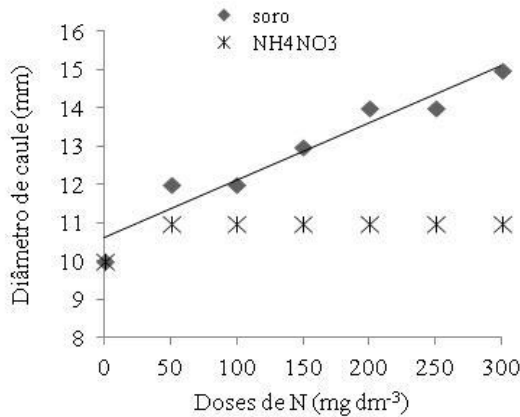
## AGRADECIMENTOS

A Fapemig pela bolsa de iniciação científica para o segundo autor.

## REFERÊNCIAS

- GHERI, E.O.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Resposta do capim-tanzânia à aplicação de soro ácido de leite. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 38:753-760, 2003.
- IYYEMPERUMAL, K.; GREEN, J.R.; ISRAEL, D.W.; RANELLS, N.N.; SHI, W. Soil chemical and microbiological properties in hay production systems: residual effects of contrasting N fertilization of swine lagoon effluent versus ammonium nitrate. Biology and Fertility Soils, 44: 425-434, 2008
- MANTOVANI, J.R.; CARRERA, M.; LANDGRAF, P.R.C.; MIRANDA, J.M. Soro ácido de leite como fonte de nutrientes para o milho. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 19:324-329, 2015.
- QUEIROZ, S.M. Soro ácido de leite associado a doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Jaboticabal: UNESP, 2013, 38p. Dissertação Mestrado.
- RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.
- SILVA, F.C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Solos/Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 270p.
- TANIGUCHI, C.A.K. Mineralização do lodo biológico de indústria de gelatina, atributos químicos de solo e uso fertilizante para produção de milho. Jaboticabal: UNESP, 2010, 97p. Tese Doutorado.
- 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.

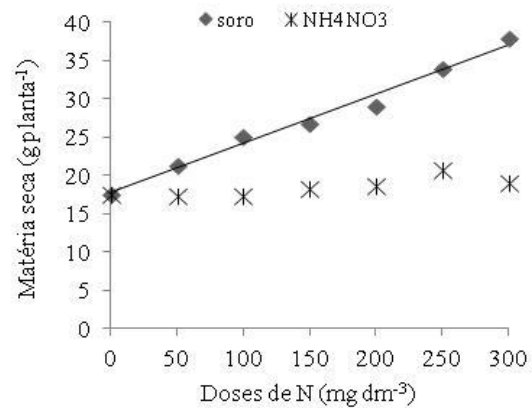
A.



$$y_{\text{soro}} = 0,014x + 10,696; R^2 = 0,956^{**}$$

$$y_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 11$$

B.



$$y_{\text{soro}} = 0,064x + 17,755; R^2 = 0,986^{**}$$

$$y_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 18,1$$

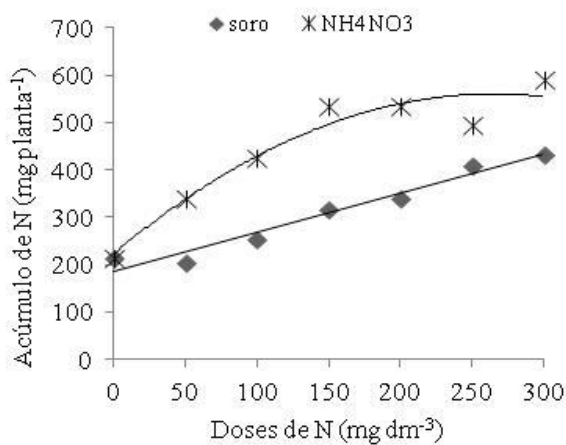
**Figura 1.** Efeito de fontes de N (soro de leite e nitrato de amônio) no diâmetro do caule de milho, e na produção de matéria seca da parte das plantas

**Tabela 1.** Efeito do soro de leite comparado com a fonte padrão de N (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) na produção de matéria seca da parte aérea do milho

Fontes de N	Doses de N (mg dm <sup>-3</sup> )						Média
	50	100	150	200	250	300	
Soro de leite	21,42A	25,08A	26,90A	29,16A	33,91A	37,90A	29,06A
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	17,31A	17,46B	19,64B	18,65B	20,87B	17,92B	18,64B

(<sup>1</sup>) Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram significativamente pelo teste de tukey (p < 0,05)

A.

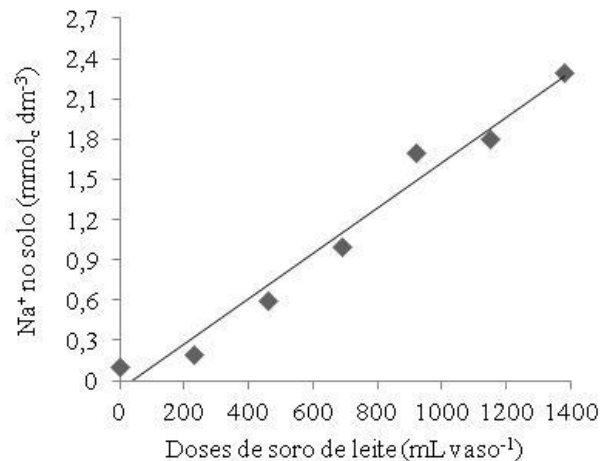


$$y_{\text{soro}} = 0,784x + 195,161; R^2 = 0,931^{**}$$

$$y_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = -0,0044x^2 + 2,308x + 236,607$$

$$R^2 = 0,930^{**}$$

B.



$$y = 0,0017x - 0,0679; R^2 = 0,973^{**}$$

**Figura 2.** Efeito do soro de leite nas quantidades acumuladas de N na parte aérea do milho, comparado com a fonte padrão nitrato de amônio (A), e no teor de Na<sup>+</sup> do solo (B).