



Eficiência de fertilizantes Mineral e Organomineral na forma Fluida como fonte de Nitrogênio⁽¹⁾.

Caio Vilela Cruz⁽²⁾; Marco André Grohskopf⁽²⁾; Natália Rodrigues Ferreira; Tiara Moraes Guimarães⁽²⁾; Katiuça Sueko Tanaka⁽²⁾ e Dirceu Maximino Fernandes⁽³⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agronômicas (UNESP/FCA). ⁽²⁾ Estudante de Pós-Graduação em Agronomia (Agricultura); Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agronômicas (UNESP/FCA); Rua José Barbosa de Barros, nº 1780, CEP: 18160-307 - Botucatu, SP; bolsista CAPES; E-mail: marcogrohskopf@gmail.com.br, caiovilelac@hotmail.com, tiaraguimaraes@yahoo.com, sueko_tanaka@hotmail.com. ⁽³⁾ Professor da UNESP/FCA; departamento de Solos e Recursos Ambientais, bolsista em produtividade do CNPq; E-mail: dmfernandes@fca.unesp.br.

RESUMO: Os fertilizantes fluidos apresentam pouco uso no Brasil, porém podem apresentar eficiência agrônômica semelhante ou superior aos fertilizantes sólidos. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência agrônômica de fertilizantes fluidos mineral e organomineral a base de dejetos líquidos de suíno (DLS), como fonte de nitrogênio (N) em Neossolo Quartzarênico Órtico típico (NQ) e Latossolo Vermelho Distroférrico (LV). O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em o delineamento de blocos casualizados, com três cultivos sequenciais, sendo: dois de aveia preta (1º e 2º cultivo) e um de milho (3º cultivo). Os tratamentos foram: sem nitrogênio (Sem-N), mineral sólido (MS-N), mineral fluido (MF-N), organomineral fluido (OF-N) e testemunha como referência, caracterizado pela ausência de nutrientes no solo. A aplicação de fertilizantes fluidos na forma de organomineral (OF-N) a base de DLS permite maior acúmulo de N na parte aérea de plantas de aveia preta e milho. Já em LV a aplicação de fertilizantes fluidos MF-N e OF-N tiveram menor acúmulo de N na parte aérea das plantas nos três cultivos realizados em relação ao fertilizante mineral sólido (MS-N). Em relação a fonte mineral sólida como padrão, apenas o OF-N em NQ apresentou maior eficiência no aproveitamento de N pelas plantas apenas nos três cultivos realizados.

Termos de indexação: Eficiência Agrônômica, nutrição mineral, adubação líquida.

INTRODUÇÃO

Os fertilizantes fluidos minerais e organomineral, elaborado a partir de resíduos gerados na cadeia produtiva de suínos, podem constituir em uma alternativa promissora de reaproveitamento deste

resíduo, aumentando a sustentabilidade do sistema de produção agropecuário.

Fertilizantes na forma fluida mineral como fonte de N, podem ter desempenho agrônômico melhor ou semelhante as fontes sólidas, mas ainda apresenta uso pequeno no Brasil, mesmo tendo um grande potencial para o uso na agricultura.

O potencial fertilizante dos dejetos líquidos de suínos (DLS) é frequentemente atribuído à fração amoniacal presente em maiores proporções e as frações orgânicas de N (Giacomini et al., 2009). A utilização do DLS para fornecimento de N depende de altas doses para suprir o N em quantidade adequada, sendo necessário considerar fatores operacionais, econômicos e ambientais (Cerreia et al., 2005). A literatura brasileira apresenta conteúdo escasso a respeito da associação de fertilizantes minerais e orgânicos na forma fluida.

Essa associação melhora a concentração de um ou mais nutrientes no volume transportado, facilitando o transporte para o local de aplicação e a diminuição do volume final aplicado. No Brasil pouco se sabe sobre o uso destas fontes e seus efeitos no fornecimento de N as plantas.

O estado líquido a partir do qual se teve a ideia em formular fertilizantes fluidos na forma organomineral, possibilita a produção de fórmulas específicas, atendendo a necessidade nutricional de cada cultura, bem como conferindo maior aproveitamento dos nutrientes. A forma fluida apresenta vantagens em relação aos fertilizantes sólidos como: facilidade de aplicação e uniformidade na aplicação, minimização de perdas, menor consumo de mão de obra e melhoria no rendimento operacional.

Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência agrônômica de fertilizantes fluidos mineral e organomineral a base de dejetos líquidos de suíno, como fonte de nitrogênio em Neossolo Quartzarênico Órtico típico (NQ) e Latossolo Vermelho Distroférrico (LV).



MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, em Botucatu, no período de 31 de maio a 15 de dezembro de 2014. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho distroférico (LV) e um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (NQ). Os solos foram coletados na camada de 0 a 20 cm em áreas naturais com vegetação herbácea, sem uso agrícola e isenta da aplicação de fertilizantes e corretivos.

As características químicas e físicas do solo estão descritas na **tabela 1**, determinados conforme metodologias descritas por Raij et al. (2001).

Os solos foram peneirados em malha 4 mm, retirando-se raízes, palhas e torrões. A acidez foi corrigida com calcário dolomítico, visando elevar a saturação por bases à 70%, permanecendo em incubação durante vinte dias sob lona plástica e com umidade em torno de 80% da capacidade de campo de cada solo.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados no esquema fatorial 2x4+2, com quatro repetições. Os tratamentos foram: sem nitrogênio (Sem-N), mineral sólido (MS-N), mineral fluido (MF-N), organomineral fluido (OF-N). Teve-se o tratamento testemunha geral (Test. Geral) em como referência, caracterizado pela ausência de adubação.

Os fertilizantes foram aplicados na dose 80 mg kg⁻¹ de N (correspondente à 160 kg ha⁻¹) e os demais nutrientes foram aplicados em doses para fornecer alta disponibilidade no solo. Para o nível ótimo neste ensaio foram aplicadas as doses 160 mg kg⁻¹ de P nos solos, 140; 23; 1,3; 0,9; e, 1,1 mg kg⁻¹ de potássio, enxofre, cobre, zinco e boro, empregando-se KCl, CaSO₄, CuSO₄, ZnSO₄ e Bórax, respectivamente, aplicados em solução.

As fontes minerais de N utilizada na formulação dos fertilizantes fluidos foi o nitrato de amônio (NH₄NO₃), que foi dissolvido diretamente em água destilada para produção do fertilizante mineral fluido MF-N e dissolvidas diretamente no dejetos líquido de suíno (DLS) para a produção do fertilizante organomineral fluido OF-N. No tratamento com fertilizante mineral na forma sólida MS-N foi utilizado o nitrato de amônio (NH₄NO₃), aplicados na forma de grânulo.

No preparo do fertilizante organomineral fluido foi considerado o teor de nutrientes presentes no dejetos líquido de suínos (DLS), fazendo-se o balanceamento dos nutrientes para que apresente a mesma quantidade de nutrientes aplicados nos demais fertilizantes. O DLS foi recolhido em esterqueira de uma criação de suínos de ciclo completo, localizada em Botucatu, SP e apresentou valores de pH de 7,4 e teores totais de matéria

orgânica (MO), N, P e K iguais a 32, 4,8, 3,0 e 2,0 mg L⁻¹, respectivamente, determinados segundo metodologia de Raij et al. (2001).

As unidades experimentais (UE) foram vasos de polietileno de 12 litros contendo 10,0 kg de solo seco no Neossolo Quartzarênico (NQ) e no Latossolo Vermelho (LV), equilibrados de acordo com a densidade do solo de cada um (**tabela 1**). Os fertilizantes empregados na forma fluida e sólida foram incorporados em sulcos de 4 cm de profundidade no centro de cada vaso, simulando-se a aplicação localizada em linha e afastada em, aproximadamente 4 cm das sementes.

Foram realizadas dois cultivos de aveia preta (*Avena strigosa* L.), sendo um no período de outono-inverno (1º cultivo) e outro no inverno (2º cultivo) e, um cultivo de milho (*Penissetum glaucum* Leeke) no período de primavera-verão (3º cultivo). Os cultivos das plantas de aveia e milho foram realizados com 8 plantas por vaso, mantidos sob irrigação com água, visando manter a umidade do solo próximo à 70% da capacidade de campo de cada solo durante toda a condução do experimento.

Em cada cultivo, determinou-se a produção de biomassa seca da parte aérea das plantas em um período de crescimento de 55 dias após a semeadura para todos os cultivos, mediante corte realizado rente à superfície do solo. O material colhido foi seco em estufa com circulação forçada do ar, a 60°C por 72 horas ou até atingir peso constante, determinando-se a massa em balança digital com precisão de duas casas decimais. Posteriormente o material foi moído para determinação dos teores N conforme metodologia descritas por Malavolta et al. (1997).

A quantidade acumulada de N foi estimada pelo produto do seu teor na parte aérea (g kg⁻¹) pela massa seca produzida (g/vaso). A avaliação da eficiência agrônômica do fertilizante fluido mineral (MF-N) e organomineral (OF-N) foi feita pelo índice de eficiência agrônômica (IEA), estimado com base na proporção entre o incremento promovido pelo fertilizante em teste MF-N e OF-N na quantidade de N acumulado pelas plantas em relação ao incremento promovido pelo fertilizante mineral sólido padrão (MS-P), de acordo com a metodologia descrita por Goedert et al. (1986).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, considerando delineamento de blocos ao acaso no esquema fatorial, com avaliação do efeito dos tratamentos e comparação de médias pelo teste de Tukey (P<0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO



Os tratamentos com fertilizantes na forma mineral sólida (MS-N) e fluida (MF-N e OF-N) aumentaram o acúmulo de nitrogênio em comparação com a testemunha e o tratamento Sem-N (**Tabela 02**) para os dois solos.

O acúmulo de N na parte aérea do MS-N e OF-N apresentou valores superiores às demais fontes no primeiro cultivo da aveia para o NQ. No segundo e terceiro cultivos as fontes não apresentaram diferenças, inclusive para o tratamento sem N (**Tabela 2**).

No Latossolo Vermelho o primeiro cultivo, a fonte MS-N diferiu dos outros tratamentos, apresentando maior acúmulo. No segundo e terceiro cultivo as fontes não apresentaram diferença (**Tabela 2**).

O nitrato de amônio conta com um radical nítrico e outro amoniacal, o produto sofre menor perda por volatilização. Porém, quando essa fonte foi diluída em água ou em DLS o acúmulo pelos cultivos foi menor para o LV. Na forma fluida essa fonte é toda disponibilizada em uma única vez no solo, ficando as formas de NH_4^+ e NO_3^- originais do fertilizante mais expostas aos processos de perdas inerentes ao ciclo do N no solo.

Já, na forma sólida o fertilizante necessita da degradação físico-química do grânulo para que o N se torne disponível no solo. Disponibilizando desta forma, mais lentamente o NH_4^+ e NO_3^- do fertilizante sólido em relação às fontes fluidas, preservando o N por mais tempo no solo e deixando-o menos sujeito aos processos de perdas.

No segundo cultivo a fonte MS-N foi superior apenas para o LV diferindo apenas da testemunha (**Tabela 2**). No terceiro cultivo obteve-se uma redução no acúmulo para todas as fontes nos dois solos, o que já era esperado devido a retirada do nutriente pelos outros cultivos e perdas por volatilização, ficando muito próximo ao acumulado no tratamento sem-N e testemunha, tanto em LV quanto em NQ.

O índice de eficiência agronômica (IEA), para a condição do NQ, a fonte MF obteve menor eficiência em comparação a fonte padrão que é o nitrato de amônio sólido (MS-N) (**Tabela 03**). A fonte OF-N apresentou nos três cultivos um IEA maior que a fonte padrão, demonstrando o potencial que esta fonte tem como fertilizante nitrogenado, obtendo um IEA na somatória dos três cultivos 30% maior que a fonte padrão. Já, em LV as duas fontes fluidas (MF-N e OF-N) apresentaram menor eficiência em relação ao MS-N.

Pode-se observar que em NQ a eficiência do fertilizante fluido organomineral (OF-N) foi maior em comparação com o Latossolo (**Tabela 03**). Isso pode ser explicado devido ao baixo teor de MOS

neste solo e, principalmente, ao efeito do material orgânico presentes no DLS usado na preparação do fertilizante organomineral na proteção dos íons de NH_4^+ e NO_3^- do nitrato de amônio diluído neste fertilizante.

O DLS por ser um resíduo orgânico apresenta CTC. Essas cargas podem ter mantido o nitrato e o amônio retido e os disponibilizando mais lentamente, contribuindo para aumentar a eficiência de uso deste como fertilizante, e os deixando menos suscetíveis as reações de perdas.

CONCLUSÕES

A aplicação de fertilizantes fluidos na forma de organomineral a base de dejetos líquidos de suínos permite maior acúmulo de nitrogênio em plantas de aveia e milho e um maior IEA para um Neossolo Quatizarenico perante as fontes empregadas.

A aplicação de fertilizante sólido a base de nitrato de amônio para um Latossolo Vermelho possibilita maior acúmulo de nitrogênio na parte aérea de plantas de aveia e milho e apresenta maior IEA para as fontes empregadas.

Em NQ a aplicação de fertilizantes fluido organomineral a base de DLS são mais eficientes para o suprimento de N.

REFERÊNCIAS

CERETTA, C.A.; BASSO, C. J.; PAVINATO, P. S.; TRENTIN, E. E. & GIROTTO, E. Produtividade de grãos de milho, produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro com aplicação de dejetos líquidos de suínos. Ci. Rural, 35(6):1287-1295, 2005.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C. ; JANTALIA, C.P. ; URQUIAGA, S. Aproveitamento pelo milho do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em plantio direto e preparo reduzido do solo. Pesq. Agropec. Brasileira, 44:761-768, 2009.

GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. & REIN, T. Princípios metodológicos para avaliação agronômica de fontes de fósforo. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1986. 23 p. (Documentos, 22).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

RAIJ, B. Van. et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. 285p.



Tabela 1. Atributos iniciais da camada de 0 a 20 cm do Latossolo Vermelho Distroférico (LV) e Neossolo Quartzarênico (RQ) utilizados no experimento. Botucatu, SP, 2014.

| Solo | pH | V | Al | H+Al | Ca | Mg | K | CTC | P _{resina} ⁽¹⁾ | Argila | Areia | Silte | MOS. | DS. |
|------|-------------------|----|----|------|------------------------------------|-----|-----|-----|------------------------------------|--------------------|-------|-------|--------------------|--------------------|
| | CaCl ₂ | % | | | mmol _c dm ⁻³ | | | | mg dm ⁻³ | g kg ⁻¹ | | | g dm ⁻³ | g cm ⁻³ |
| LV | 3,8 | 13 | 17 | 89 | 9,0 | 3,0 | 0,7 | 102 | 3,0 | 474 | 397 | 129 | 21,0 | 1,2 |
| RQ | 4,1 | 19 | 15 | 56 | 9,0 | 2,0 | 1,4 | 68 | 6,0 | 90 | 884 | 26 | 12,0 | 1,4 |

Legenda - MOS = Matéria Orgânica do Solo; DS= Densidade do Solo; V: Saturação por Bases; Al: alumínio trocável; Ca: cálcio trocável; Mg: magnésio trocável; P: fósforo extraível método da resina; K: potássio extraível.

Tabela 2. Acúmulo de N em parte aérea de plantas de aveia preta no 1º e 2º cultivo, e milho no 3º cultivo, em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho (LV) em resposta a aplicação de diferentes tipos de fertilizantes fluidos na forma fluida e sólida como fonte de N.

| Solo | Testemunha Geral | Tratamento | | | |
|-----------------------------|------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | | Sem-N | MS-N | MF-N | OF-N |
| 1º cultivo (mg/vaso) | | | | | |
| NQ | 108,2 Ad | 493,7 Bc | 733,1 Bab | 653,1 Bb | 791,0 Ba |
| LV | 49,6 Bd | 752,3 Ac | 1268,1 Aa | 1045,9 Ab | 1021,3 Ab |
| Média | 78,9 d | 623,0 c | 1000,6 a | 849,5 b | 906,2 b |
| 2º cultivo (mg/vaso) | | | | | |
| NQ | 54,9 B | 103,6 | 107,6 B | 104,8 | 111,1 |
| LV | 103,0 B | 124,0 | 214,4 A | 160,9 | 188,8 |
| Média | 79,0 | 113,8 | 161,0 | 132,4 | 165,8 |
| 3º cultivo (mg/vaso) | | | | | |
| NQ | 86,6 | 106,2 | 108,2 | 107,8 | 109,8 |
| LV | 136,3 | 140,1 | 163,3 | 146,8 | 144,0 |
| Média | 111,4 | 123,2 | 135,8 | 125,9 | 132,7 |

Médias ligadas por letras distintas (minúsculas nas horizontais e maiúsculas na vertical) diferem pelo teste Tukey (p≤0,05).

Tabela 3. Índice de eficiência agrônômica (IEA) de fertilizante fluido mineral e organomineral a base de dejetos suíno, como fonte de N, estimado para cada cultivo, em relação ao fertilizante mineral sólido de NH₄NO₃.

| Fertilizante | Cultivo | | | IEA total* |
|-------------------------------|---------|-----|-----|------------|
| | 1º | 2º | 3º | |
| ----- % ----- | | | | |
| Neossolo Quartzarênico | | | | |
| MF - para N | 67 | 30 | 82 | 65 |
| OF - para N | 124 | 190 | 172 | 130 |
| Latossolo Vermelho | | | | |
| MF - para N | 57 | 43 | 30 | 55 |
| OF - para N | 52 | 73 | 16 | 53 |
| Média dos dois solos | | | | |
| MF - para N | 62 | 36 | 56 | 60 |
| OF - para N | 88 | 132 | 94 | 92 |

*Calculado com base na soma do acúmulo dos 3 cultivos.