

CICLAGEM DO NITROGÊNIO PELA PARTE AÉREA DO MILHO SUBMETIDO A DOSES DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS

RECOVERY OF NITROGEN BY MAIZE SHOOTS SUBJECTED TO DOSES OF PIG SLURRY

Lucindo SOMAVILLA¹; Claudir José BASSO²; Cristiano FABBRIS¹; Clovis Orlando da ROS²; Vanderlei Rodrigues da SILVA²; Marlo Adriano Bison PINTO³; Thiarles BRUN³; Gustavo Henrique DEMARI¹.

1. Engenheiro Agrônomo, Mestrando no Programa de Pós Graduação em Agronomia agricultura e Ambiente (PPGAAA), Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Frederico Westphalen, RS, Brasil. lucindosomavilla@hotmail.com; 2. Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, Professor do Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais - UFSM, Frederico Westphalen, RS, Brasil; 3. Acadêmico em Agronomia – UFSM, Frederico Westphalen, RS, Brasil.

RESUMO: A aplicação de dejetos líquidos de suínos como alternativa de adubação é cada vez mais frequente na agricultura brasileira, entretanto a falta de sincronismo entre a disponibilidade e demanda de nutrientes pelas culturas geram acúmulos de elementos químicos no solo propensos a causar riscos ao ambiente. Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a recuperação aparente do nitrogênio pelas diferentes frações da parte aérea do milho cultivado com doses de dejetos líquidos de suínos, em solo submetido a diferentes manejos na implantação da cultura de inverno. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial sendo que os tratamentos constaram da interação de doses de dejetos (0, 20, 40 e 80 m³ ha⁻¹) mais um tratamento com adubação mineral seguindo as recomendações técnicas para a cultura, e ainda três manejos de solo (plantio direto, escarificado e cultivo mínimo) realizados na implantação da cultura da aveia branca, que antecedeu o milho. Os manejos de solo não afetaram o aproveitamento de nitrogênio aplicado via dejetos líquidos de suínos. A aplicação de dejetos líquidos de suínos promoveu incrementos lineares ao acúmulo de nitrogênio pela parte aérea do milho, no entanto, com o aumento das doses reduziu-se o aproveitamento do nitrogênio pela cultura, o que pode potencializar sua perda do sistema e contaminação ambiental. Aproximadamente 70% do nitrogênio do dejetos líquidos de suínos adicionado ao solo não são recuperados pela parte aérea da cultura do milho.

PALAVRAS-CHAVE: Acúmulo de nitrogênio. Nitrogênio amoniacal. Recuperação aparente.

INTRODUÇÃO

Diante da forte dependência brasileira quanto à importação de fertilizantes minerais, o que acarreta em aumento do custo de produção das culturas, a adubação orgânica pode ser uma boa alternativa para o setor agrícola brasileiro. No entanto, quando utiliza-se dejetos líquidos de suínos (DLS) como fonte de nutrientes, é preciso compatibilizar o seu necessário descarte com os interesses à nutrição de plantas e qualidade ambiental. Tendo em vista que os nutrientes apresentam-se sob diferentes formas quanto a sua disponibilidade (SCHERER et al., 1996; GATIBONI et al., 2007), o sincronismo entre a disponibilidade desses nutrientes e a demanda pelas plantas é um fator importante a ser considerado.

Na maioria das vezes, a fração amoniacal presente no DLS armazenado na forma líquida perfaz aproximadamente 50% do nitrogênio (N) total (BASSO et al., 2005; SCHERER et al., 2007; GIACOMINI et al., 2009). Em função deste elevado teor de N do DLS prontamente disponível e da elevada demanda deste nutriente pela cultura do

milho, repostas significativas à aplicação de DLS tem sido relatadas, tanto no acúmulo de N pela cultura, quanto na produção de fitomassa da parte aérea e na produtividade de grãos (CERETTA et al., 2005; BERENQUER et al., 2008; GIACOMINI; AITA, 2008; PANDOLFO; CERETTA, 2008). Contudo, resultados demonstram uma baixa recuperação pelas culturas do N aplicado ao solo via DLS (CERETTA et al., 2005; ZEBARTH et al., 2007), o que tem sido atribuído às perdas de N por lixiviação de nitrato (BASSO et al., 2005; VALLEJO et al., 2005), imobilização microbiana (DAUDÉN; QUÍLEZ, 2004), volatilização de amônia (PORT et al., 2003) e desnitrificação (MOOLEKI et al., 2002). Estas perdas além de reduzirem o potencial fertilizante do DLS, podem resultar em poluição das águas pelo nitrato e do ar pela amônia e óxido nitroso, cujo potencial poluidor é aproximadamente, 300 vezes superior ao do dióxido de carbono (GIACOMINI, 2005).

Alguns fatores como a temperatura e a umidade do solo, afetam diretamente parte destes processos e estão entre os fatores abióticos que mais influenciam pelos sistemas de manejo do solo

(GIACOMINI et al., 2009). Com a substituição gradativa dos sistemas tradicionais, que envolvem grande mobilização do solo, por sistemas conservacionistas, como o plantio direto, os resíduos são mantidos quase integralmente sobre o solo, promovendo a proteção do mesmo contra a ação do sol e da chuva (OLIVEIRA et al., 2004; DUFRANC et al., 2004). Porém, preparos que envolvem pequena movimentação de solo como a escarificação ou o próprio cultivo mínimo, muitas vezes são utilizados para tentar melhorar possíveis camadas compactadas, assim, aumentar a taxa de infiltração de água e favorecer uma maior exploração do solo pelo sistema radicular das culturas (CARVALHO et al., 2004; CAMARA; KLEIN, 2005). Desta forma, possibilitam maior área explorada pelas raízes e uma maior recuperação dos nutrientes adicionados ao solo, principalmente o N, devido a sua elevada mobilidade.

Nesse sentido, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a recuperação aparente do N pelas diferentes frações da parte aérea do milho cultivado sob doses de dejetos líquidos de suínos, em solo submetido a diferentes manejos na implantação da cultura de inverno.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2009/10 no município de Taquaruçu do Sul, situado na região do Médio Alto Uruguai, RS. Cujas coordenadas geográficas são: latitude 27°28' (S), longitude 53°26' (O) e altitude média de 480 m. O

clima característico do local é o subtropical úmido, Cfa, conforme classificação de Köppen (MORENO, 1961). O solo é classificado como Latossolo Vermelho aluminoférrico típico (EMBRAPA, 2006).

As características químicas do solo na profundidade de 0 a 10 cm por ocasião da instalação do experimento eram as seguintes: pH em água(1:1) 5,7; índice SMP 6,2; argila 450 g kg⁻¹; matéria orgânica 24 g kg⁻¹; potássio 0,17 cmol_c dm⁻³; cálcio 10,1 cmol_c dm⁻³; magnésio 3,0 cmol_c dm⁻³; alumínio 0 cmol_c dm⁻³; fósforo (Mehlich) 2,2 mg dm⁻³; enxofre 12,0 mg dm⁻³; manganês 27,0 mg dm⁻³.

O delineamento experimental foi blocos ao acaso com quatro repetições no esquema fatorial, sendo as parcelas com dimensões de 5,0 x 4,3 m. Os tratamentos constaram da interação de quatro doses (zero, 20, 40 e 80 m³ ha⁻¹) de dejetos líquido de suínos (DLS) e de um tratamento testemunha com adubação mineral, seguindo a recomendação da CQFS-RS/SC (2004) e três diferentes manejos de solo: plantio direto, escarificado (profundidade 28 cm) e cultivo mínimo (escarificado + uma gradagem), realizado antes da implantação da cultura de cobertura do solo (aveia branca), sendo posteriormente, feita a semeadura do milho diretamente sobre a palhada da aveia. O DLS utilizado foi proveniente de uma propriedade com armazenagem em lagoa de estabilização, próxima ao local onde foi conduzido o trabalho. A composição química do DLS, assim como as quantidades de nutrientes adicionadas em cada dose aplicada, está apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do dejetos líquido de suínos e quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio aplicados nas diferentes doses utilizadas¹, Taquaruçu do Sul, RS, 2010.

Doses	Matéria seca	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	pH
		-----%-----			
m ³ ha ⁻¹	1,340	0,351	0,037	0,045	7,81
		-----kg ha ⁻¹ -----			
20	267,6	70,2	7,4	8,9	
40	535,3	140,4	14,8	17,8	
80	1070,5	280,8	29,6	35,6	

¹ Médias de duas aplicações realizadas.

A aplicação do DLS foi manual, realizada duas vezes no ano agrícola, sendo uma antes da implantação da aveia branca (outono) e a outra antes da semeadura do milho (primavera). A adubação mineral foi realizada apenas na cultura do milho seguindo a recomendação da CQFS-RS/SC (2004).

A semeadura do milho foi realizada no dia 05 de outubro de 2009 com o híbrido Pioneer

30B39Y[®], posicionado como duplo propósito (produção de silagem ou grãos), sendo a semeadura mecânica, realizada com espaçamento de 0,45 m entre linhas e densidade para obtenção de um estande final com 70.000 plantas ha⁻¹. Para o tratamento com adubação mineral, foi aplicado 363 kg ha⁻¹ da formulação 09-33-12 no momento da semeadura, o que corresponde a 33 kg ha⁻¹ de N, e

175 kg ha⁻¹ de N (fonte uréia) em cobertura quando as plantas se encontravam no estágio V5. Não foi realizada irrigação da cultura e todos os tratamentos culturais, como controle de invasoras, pragas e doenças, adotou-se as indicações técnicas para a cultura no estado (REUNIÃO..., 2009).

Quando as plantas de milho estavam no estágio de maturação fisiológica, foram coletadas cinco plantas por parcela para a determinação do acúmulo do nutriente N, P e K na matéria seca de folha + colmo, grãos, palha da espiga e sabugo. Para tanto as amostras foram secas em estufa a 65° C, até atingirem peso constante. Após a pesagem para

determinação da produção de matéria seca, grãos, palha da espiga e sabugo ha⁻¹, as amostras foram moídas inicialmente em um triturador de forragens, feita uma subamostragem e nova moagem em moinho Willey (peneira com malha de 0,33 mm), para posterior determinação laboratorial dos teores de N, P e K seguindo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

A precipitação pluviométrica durante o desenvolvimento do milho está demonstrada na Figura 1. Os dados foram obtidos na Estação Meteorológica do INMET localizada em Frederico Westphalen – RS, cerca de 5 km do experimento.



Figura 1. Precipitação pluviométrica diária ocorrida durante o desenvolvimento do milho, no ano agrícola 2009/10.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F ($p < 0,05$). Quando as diferenças foram significativas procedeu-se a comparação de médias entre manejos do solo por teste de Tukey ($p < 0,05$), entre doses de DLS com a adubação mineral por teste de Dunnett ($p < 0,05$) e o ajuste do modelo matemático para as doses de DLS foi realizada pela análise de regressão polinomial. Para todas as análises utilizou-se o programa

computacional *Statistical Analysis Systems*- SAS (SAS INSTITUTE, 1999).

A partir do teor de nitrogênio tecidual, este multiplicado pela sua massa seca, obteve-se a quantidade de nitrogênio absorvido pela planta nas respectivas partes aéreas. Com o somatório do nitrogênio absorvido pelas diferentes partes da planta calculou-se a recuperação aparente (Ra) de nitrogênio por cada tratamento, dada por:

$$\text{Ra (\%)} = \frac{(\text{N absorvido nos tratamentos} - \text{N absorvido no tratamento dose zero})}{\text{total adicionado}} \times 100$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância (Tabela 2), observa-se que não houve interação entre os dois fatores de estudo e nem diferença entre os níveis do fator manejo de solo. No entanto, o fator dose de DLS proporcionou diferenças significativas entre seus níveis de estudo para as

variáveis analisadas. A falta de efeito dos manejos de solo pode estar relacionada ao tempo de realização do manejo, que foi apenas no cultivo de inverno. Além disso, observa-se que o solo apresentava fertilidade química inicial razoável, e apesar de não ter sido determinado parâmetros físicos de sua estrutura, a ótima precipitação pluviométrica (Figura 1) durante o desenvolvimento da cultura pode ter aliviado possíveis problemas de compactação do mesmo.

Tabela 2. Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (C.V.) do acúmulo de nitrogênio na matéria seca de folha + colmo (N F+C), nos grãos (N Gr), na palha da espiga (N PE), e no sabugo (N Sa) do milho submetido a doses de dejetos líquidos de suínos em diferentes manejos de solo, Taquaruçú do Sul – RS, 2010.

F.V.	G.L.	Quadrados médios			
		N F+C	N Gr	N PE	N Sa
Manejo (M)	2	72,54	383,09	3,08	4,61
Dose (D)	3	1051,57*	5283,34*	9,85*	65,94*
M x D	6	81,36	168,19	2,12	6,17
Resíduo	28	122,33	239,05	2,06	5,97
C.V. (%)		29,71	44,35	65,10	50,48

F.V. – Fontes de variação; * Significativo pelo teste F ($p < 0,05$).

A aplicação de DLS até a dose de $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ proporcionou incrementos lineares no acúmulo de N na matéria seca de folha + colmo do milho (Figura 2A), corroborando com os resultados obtidos por Zebarth et al. 1996; Ceretta et al., 2005. O N na matéria seca (Figura 2A) mostrou coeficiente angular de apenas 0,27, sendo que apenas na dose

de $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ o acúmulo mostrou-se igual ao tratamento mineral. Essa resposta demonstra a baixa eficiência da absorção do N aplicado via DLS, o que também é detalhado por Durigon et al. (2002), após trabalharem com aplicação de DLS em pastagem natural e por Ceretta et al. (2005) em trabalho com a cultura do milho submetida a doses de DLS.

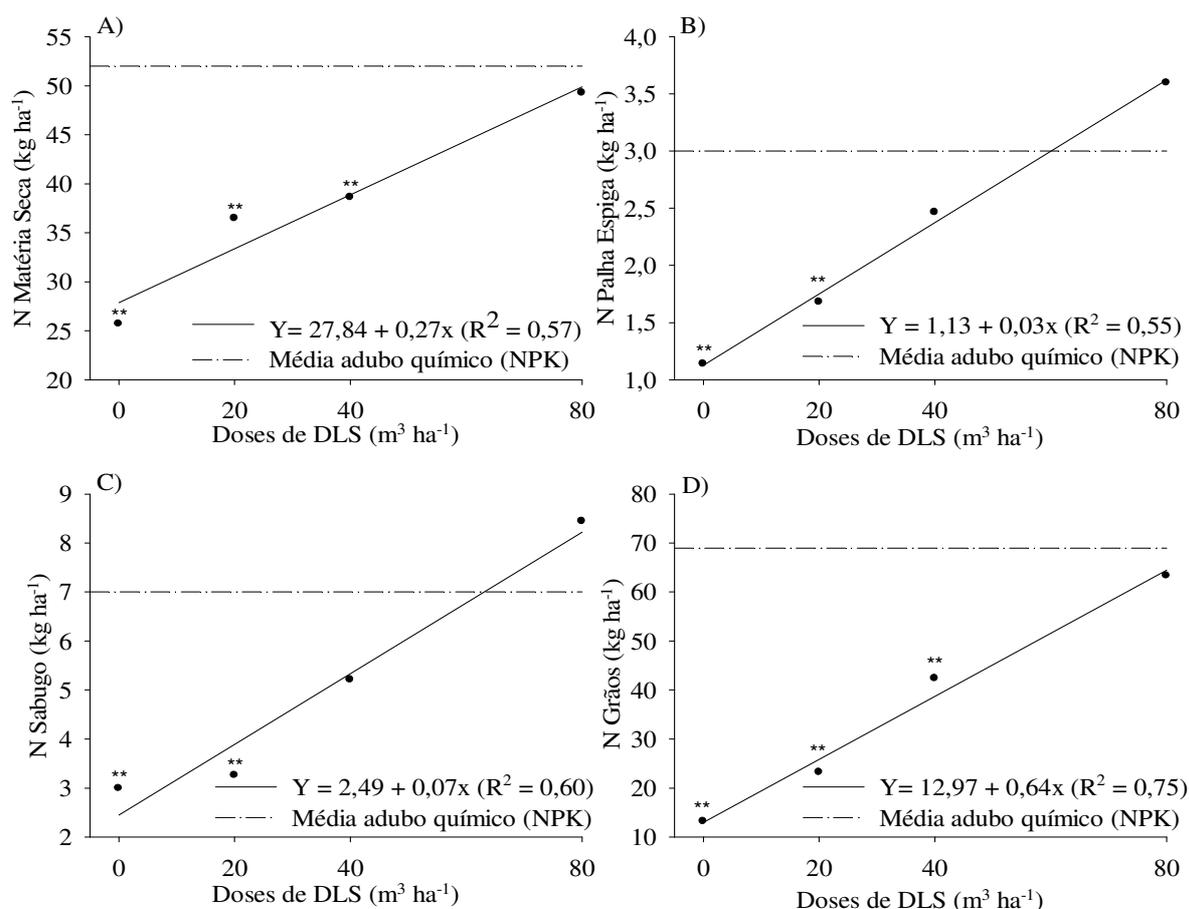


Figura 2. Acúmulo de nitrogênio na matéria seca de folha + colmo (A), palha da espiga (B), sabugo (C) e nos grãos pelo milho (D), submetido a doses de dejetos líquidos de suínos e adubação mineral. ** Diferença significativa entre a adubação mineral com a respectiva dose de DLS, por contraste Dunnett ($p < 0,05$).

As variáveis, acúmulo de N na palha da espiga e no sabugo, apresentaram os menores coeficientes angulares, na ordem de 0,03 e 0,07, respectivamente, o que representa o menor acúmulo de N pelo milho nestas partes da planta (Figura 2B e 2C). Isso pode estar relacionado à menor produção de biomassa e menores reservas nestas estruturas reprodutivas quando comparado à produção de grãos e a produção de matéria seca de folha + colmo. Contudo, para a variável acúmulo de N pelos grãos (Figura 2D), observa-se que o coeficiente angular (0,64) é o mais alto em relação as demais variáveis, o que demonstra claramente o maior aproveitamento e direcionamento do nitrogênio absorvido pela planta para os grãos, sendo estes os principais drenos no acúmulo de reservas.

Comparando-se o acúmulo de N pela matéria seca de folha + colmo, palha da espiga, sabugo e grãos, com aplicação de DLS e adubação mineral recomendada para a cultura conforme CQFS-RS/SC (2004) pode-se verificar que a dose

de 80 m³ ha⁻¹ de DLS promoveu acúmulo de N estatisticamente igual à adubação química mineral em todas as variáveis estudadas. No entanto, ao considerar o total de N adicionado pelo DLS com a dose de 80 m³ ha⁻¹ (281 kg ha⁻¹) e o total adicionado via adubação mineral (208 kg ha⁻¹), pode-se perceber uma maior eficiência no aproveitamento do N proveniente da adubação mineral pela parte aérea do milho. Isso pode estar relacionado ao parcelamento da adubação mineral com parte na semeadura e o restante em cobertura, além do elevado teor de N prontamente disponível (fração amoniacal) do DLS (SILVA et al., 2005; SHIOGA et al., 2004; BASTO et al., 2008; SCHERER et al., 2007; BASSO et al., 2005; GIACOMINI et al., 2009).

Para os valores de recuperação de N, estes estão de encontro aos obtidos por Franchi (2001), onde a recuperação do N proveniente da uréia pelo milho também superou àquela observada nos tratamentos com aplicação de DLS (Tabela 3).

Tabela 3. Nitrogênio absorvido (NA) e recuperação aparente (RA) na matéria seca de folha + colmo, palha da espiga, sabugo, grãos e total pela parte aérea do milho, submetido a doses de dejetos líquidos de suínos (DLS) e adubo químico mineral (AQ), Taquaruçú do Sul – RS, 2010.

Parte da Planta	Absorção de N	-----Doses de DLS (m ³ ha ⁻¹)-----				AQ
		0	20	40	80	
Folha + colmo	NA (kg ha ⁻¹)	25,7	36,4	38,6	49,2	52,4
	RA (%)	---	15,3	9,2	8,4	12,9
Palha espiga	NA (kg ha ⁻¹)	1,1	1,7	2,5	3,6	3,6
	RA (%)	---	0,8	0,9	0,9	1,3
Sabugo	NA (kg ha ⁻¹)	3,0	3,3	5,2	8,4	7,5
	RA (%)	---	0,4*	1,6	1,9	2,2
Grãos	NA (kg ha ⁻¹)	13,2	23,2	42,3	63,3	69,6
	RA (%)	---	14,2*	20,7	17,8	27,1
Total	NA (kg ha ⁻¹)	43,0	64,6	88,6	124,6	133,4
	RA (%)	---	30,8*	32,5	29,1	43,5

Médias seguidas de * diferem significativamente da adubação mineral pelo teste de Dunnett (p<0,05).

A maior recuperação do N proveniente da adubação mineral, no sabugo, grãos e na massa seca total da parte aérea do milho, quando comparada ao N aplicado via DLS, na dose de 20 m³ ha⁻¹, se deve ao fato que, na uréia, o N está prontamente disponível para absorção (ANTI et al., 2001). No DLS, parte do N se encontra na forma orgânica, sendo necessária a mineralização do mesmo para que se torne disponível para o milho. Somado a isso,

reações que ocorrem no solo, como a imobilização de parte do N amoniacal aplicado via DLS, devido a decomposição da fração carbonada adicionada com os mesmos, também pode contribuir para diminuir a recuperação pelo milho do N aplicado via DLS (GIACOMINI et al., 2009).

Ainda de acordo com Giacomini et al. (2009), as condições edafoclimáticas predominantes no decorrer de cada estudo podem influenciar na

dinâmica do N no solo, e por consequência na recuperação deste nutriente pela cultura. A precipitação pluviométrica acumulada nos primeiros 60 dias após aplicação do DLS (Figura 1) pode ter potencializado as perdas de N por escoamento superficial, por lixiviação e desnitrificação, e assim reduzindo o aproveitamento do N pelo milho. Ao se observar a recuperação total da parte aérea, verificase que esta foi de aproximadamente 30% para as doses de 20, 40 e 80 m³ ha⁻¹, sendo que os restantes 70% do N adicionado ao solo, permaneceu no sistema passível de as perdas citadas anteriormente.

CONCLUSÕES

Nas condições que se realizou o estudo, os manejos de solo não afetam o aproveitamento de nitrogênio aplicado via dejetos líquidos de suínos.

A aplicação de dejetos líquidos de suínos promove incrementos lineares ao acúmulo de nitrogênio pela parte aérea do milho, no entanto, com o aumento das doses reduz-se o aproveitamento do nitrogênio pela cultura, o que pode potencializar sua perda do sistema e contaminação ambiental.

Aproximadamente 70% do nitrogênio do dejetos líquidos de suínos adicionado ao solo não são recuperados pela parte aérea da cultura do milho.

ABSTRACT: The application of swine slurry as an alternative of fertilization is increasingly common in Brazilian agriculture, however the lack of synchrony between availability and demand of nutrients by crops generate accumulation of chemical elements in the soil likely to pose risks to the environment. Thus, this work had as objective to evaluate the apparent recovery of nitrogen by different fractions of the maize shoot grown with doses of swine slurry in soil under different managements in the implementation of the winter crop. The experimental design was a randomized block design with four replications in a factorial and the treatments consisted of the interaction of manure doses (0, 20, 40 and 80 m³ ha⁻¹) more a mineral fertilizer treatment following the technical recommendations for the crop, and three soil management (tillage, chisel plow and minimum tillage) performed before the deployment of the cover crop soil. The soil managements do not affect the utilization of nitrogen applied through swine slurry. The application of swine slurry promotes linear increase in accumulation of nitrogen by maize shoots, however, with the increase of doses there is a reduction the utilization of nitrogen by the crop, which can increase the loss of the system and environmental contamination. Approximately 70% of nitrogen from swine slurry added to soil is not recovered by maize shoots.

KEYWORDS: Accumulation of nitrogen. Ammonia nitrogen. Apparent recovery.

REFERÊNCIAS

- ANTI, A. B.; MORTATTI, J.; TREVELIN, P. C. O.; BENDASSOLLI, J. A. Radicular uptake kinetics of ¹⁵NO₃⁻, CO(¹⁵NH₂)₂ and ¹⁵NH₄⁺ in whole Rice plants. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 24, p. 1695-1970, 2001. <http://dx.doi.org/10.1081/PLN-100107307>
- BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; POLETTO, N.; GIROTTO, E. Dejetos líquidos de suínos: II – perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p. 1234-1242, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000600012>
- BASTO, E. A.; CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; RIBEIRO, V. Q.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. Doses e formas de parcelamento de nitrogênio para a produção de milho sob plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, p. 275-280, 2008.
- BERENQUER, P.; SANTIVERI, J.; BOIXADERA, J.; LOVERAS, J. Fertilisation of irrigated maize with pig slurry combined with mineral nitrogen. **European Journal of Agronomy**, [S.l.], v. 28, p. 635-645, 2008.
- CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 789-796, 2005.
- CARVALHO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; ATHAYDE, M. L. F.; ARF, O.; DE SÁ, M. E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 47-53, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000100007>
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004001100013>

- 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. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p. 1287-1285, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000600010>
- CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul. 400 p. 2004.
- DAUDÉN, A.; QUÍLEZ, D. Pig slurry versus mineral fertilization on corn yield and nitrate leaching in a Mediterranean irrigated environment. **European Journal of Agronomy**, [S.l.], v. 21, p. 7-19, 2004.
- DUFRANC, G.; DECHEN, S. C. F.; FREITAS, S. S.; CAMARGO, O. A. Atributos físicos, químicos e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados de dois Latossolos em plantio direto no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 505-517, 2004.
- DURIGON, R.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; PAVINATTO, P. S. Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 983-992, 2002.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-Solos. 306p. 2006.
- FRANCHI, E. A. G. **Dinâmica do nitrogênio no solo e produtividade de milho, aveia e ervilhaca com o uso de dejetos de suínos em sistema de plantio direto**. 70f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2001.
- GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; FLORES, J. P. C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 691-699, 2007.
- GIACOMINI, S. J. **Avaliação e modelização da dinâmica de carbono e nitrogênio em solo com o uso de dejetos de suínos**. 248f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS. 2005
- GIACOMINI, S. J.; AITA, C. Cama sobreposta e dejetos líquidos de suínos como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 195-205, 2008.
- GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S.; SANTOS, G. F. dos. Imobilização do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em plantio direto e preparo reduzido do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 41-50, 2009.
- MOOLEKI, P.; SCHOENAU, J. J.; HULTGREEN, G.; WEN, G.; CHARLES, J. L. Effect of rate, frequency and method of liquid swine manure application on soil nitrogen availability, crop performance and nitrogen use efficiency in east-central Saskatchewan. **Canadian Journal of Soil Science**, [S.l.], v. 82, p. 457-467, 2002.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, Seção de Geografia. 38p. 1961.
- OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 327-336, 2004.

PANDOLFO, C. M.; CERETTA, C. A. Aspectos econômicos do uso de fontes orgânicas de nutrientes associadas a sistemas de preparo do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, p. 1572-1580, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000600013>

PORT, O.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Perda de nitrogênio por Volatilização de amônia com o uso de dejetos de suínos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 857-865, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2003000700010>

REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO E SORGO. **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul – Safras 2009/2010 e 2010/2011** / Organizado por Lia Rosane Rodrigues, José Paulo Guadagnin e Marilda Pereira Porto. – Veranópolis: FEPAGRO-Serra, 2009. 179 p.

SAS Institute - Statistical Analysis System. **SAS/STAT User's Guide 8.0**. North Caroline, NC: SAS Institute Inc. 1999.

SCHERER, E. E.; AINTA, C.; BALDISSERA, I. T. **Avaliação da qualidade do dejetos líquido de suínos da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante**. Florianópolis: EPAGRI. 46p. (Boletim técnico). 1996.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; NESI, C. N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 123-131, 2007.

SHIOGA, P. S.; OLIVEIRA, E. L.; GERAGE, A. C. Densidade de plantas e adubação nitrogenada em milho cultivado na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, p. 381-390, 2004.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; DE SÃ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 353-362, 2005.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Revisada e ampliada. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS. 174p. (UFRGS. Boletim Técnico, 5). 1995.

VALLEJO, A.; GARCIA-TORRES, L.; DEZ, J.; ARCE, A.; LPEZ-FERNNDEZ, S. Comparison of N losses (NO_3^- , N_2O , NO) from surface applied, injected or amended (DCD) pig slurry of an irrigated soil in a Mediterranean climate. **Plant and Soil**, [S.l.], v. 272, p. 313-325, 2005.

ZEBARTH, B. J.; BOTHA, E. J.; REES, H. Rate and time of fertilizer nitrogen application on yield, protein and apparent efficiency of fertilizer nitrogen use of spring wheat. **Canadian Journal of Plant Science**, [S.l.], v. 87, p. 709-718, 2007.

ZEBARTH, B. J.; PAUL, J. W.; SCHMIDT, O.; MCDUGAL, R. Influence of the time and rate of liquid manure application on yield and nitrogen utilization of silage corn in south coastal British Columbia. **Canadian Journal of Plant Science**, [S.l.], v. 76, p. 153-164, 1996.