

DOSAGEM PARA FERTILIZAÇÃO COM VINHAÇA BASEADA NO CRESCIMENTO RADICULAR DA CULTURA DO MILHO

Antonio Nolla¹; Eduardo Jamir Paes Vila¹; Cleber de Oliveira Santini¹; William Silva¹; Gregory Fedri¹ e Tiago Roque Benetoli da Silva¹

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agronômicas, Campus de Umuarama. Estrada da Paca s/n, CEP.: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR. E-mail: anolla@uem.br, ejpvila@hotmail.com, clebetita@hotmail.com, williansilva2809@hotmail.com, agrofedry@yahoo.com.br; trbsilva@uem.br

RESUMO: *O cultivo de milho vem sendo amplamente difundido no Brasil, decorrente do aumento da população e geração de alimentos, além de ser uma alternativa economicamente viável para o cultivo de outono/inverno. Esta expansão tem aumentado o cultivo de milho em solos arenosos, o que torna necessário o aprimoramento de técnicas de fertilização com o uso de adubos minerais e/ou orgânicos (vinhaça) para a elevação da produtividade nestes solos. Objetivou-se estudar o desenvolvimento radicular da cultura de milho submetido à aplicação de vinhaça e estabelecer uma recomendação de utilização deste resíduo para solos arenosos. Cultivou-se milho por 45 dias em colunas de PVC, preenchidas por um Latossolo Vermelho distrófico psamítico. Aplicou-se 0, 100, 200, 400 e 800 m³ ha⁻¹ de vinhaça em um delineamento em blocos casualizados com 4 repetições. Na colheita, o solo foi peneirado para a retirada das raízes do milho, sendo obtido a massa de matéria seca e fresca e estimada o comprimento do sistema radicular e raio das raízes. A aplicação de doses de vinhaça aumentou de forma significativa o desenvolvimento radicular da cultura de milho. O melhor crescimento radicular foi obtido com a aplicação de 617 m³ ha⁻¹ de vinhaça.*

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo de industrialização, critério de fertilização, dose ideal, *Zea mays*

DOSAGE TO FERTILIZATION WITH VINASSE BASED ON ROOT GROWTH OF MAIZE CULTURE

ABSTRACT: *The maize crop has been widely spread in Brazil, due to increased population and to food production, and the culture is an economically viable alternative for the Autumn / Winter cultivation. This expansion has increased corn cultivation in sandy soils, that it makes necessary the improvement of fertilization techniques necessary with the use of mineral fertilizers or organic fertilizers (vinasse) to increase yield in these soils. The objective of this paper was to study the root development of maize crop subject to the application of vinasse and establish a recommendation using for this waste for sandy soils. It was cultivated corn for 45 days in PVC columns, filled with an Oxisol. It was applied at 0, 100, 200, 400, and 800 m³ ha⁻¹ of vinasse at a randomized block design with four replications. At harvest, the soil was sieved to remove maize roots and it was obtained the fresh and dry mass matter and it was estimated length root system and radius or root. The application of vinasse doses was increased significantly the root development of the maize crop. The best root growth was obtained when it was applied 617 m³ ha⁻¹ of vinasse.*

KEY WORDS: *industrialization residue, fertilizing criteria, optimal dose, Zea mays*

INTRODUÇÃO

O cultivo de milho vem sendo amplamente difundida nos últimos anos no País, em decorrência do aumento da população e geração de alimentos, além de ser uma alternativa economicamente viável para o cultivo de outono/inverno (Shioga et al., 2004). Juntamente com a produção crescente deste cereal no Brasil, cresce a busca de fontes alternativas de fertilizantes para que se possam obter altas produtividades com baixos custos de produção. Decorrente desta expansão tem aumentado o cultivo de milho em solos arenosos, o que torna necessário o aprimoramento de técnicas de fertilização para a elevação da produtividade nestes solos (Reinert e Eltz, 1997).

Por sua vez, o cultivo de milho em condições de solos arenosos é dificultado devido ao baixo potencial produtivo, decorrente da baixa concentração de nutrientes, baixos teores de argila ($< 150 \text{ g Kg}^{-1}$), elevados teores de alumínio ($>0,5 \text{ cmolc kg}^{-1}$) e elevada acidez (Nolla et al., 2009). Assim, torna-se indispensável a utilização de fertilizantes químicos ou orgânicos para a obtenção de altos rendimentos em lavouras comerciais como é o caso da cultura de milho (Coelho, 2006).

A utilização da vinhaça em áreas de cultivo agrícola no processo de fertilização do solo tem sido uma alternativa para reduzir a quantidade de resíduos acumulados e redução de problemas quanto à poluição das áreas ao redor da indústria (Korndöfer e Anderson, 1997).

A vinhaça vem sendo recomendada como fertilizante devido aos altos teores de potássio ($1,47 \text{ kg m}^{-3}$) e enxofre ($1,32 \text{ kg m}^{-3}$), além de oferecer, de forma expressiva, nutrientes como nitrogênio ($0,28 \text{ kg m}^{-3}$), cálcio ($0,46 \text{ kg m}^{-3}$) e magnésio ($0,29 \text{ kg m}^{-3}$) bem como a matéria orgânica ($23,44 \text{ kg m}^{-3}$). Decorrente dos elevados teores nutricionais, este resíduo pode ser utilizado como uma alternativa para a substituição de parte ou toda necessidade de fertilização potássica e sulfurosa (Franco et al., 2008). No entanto, algumas pesquisas encontraram uma grande amplitude nos resultados dos níveis e teores dos componentes da vinhaça: 11,02 a 29% de carbono orgânico; 0,028 a $0,9 \text{ kg m}^{-3}$ de N; 0,02 a $0,14 \text{ kg m}^{-3}$ de P_2O_5 ; 0,85 a $4,6 \text{ kg m}^{-3}$ de K_2O ; 0,46 a $2,02 \text{ kg m}^{-3}$ de CaO e 0,04 a $0,7 \text{ kg m}^{-3}$ de MgO (Nogueira e Venturini Filho, 2005; Siqueira, 2008). Isso justifica o estudo de dosagens a serem empregadas para solos com diferentes texturas, pois dependendo da sua origem, do tipo de solo e da cultura que está sendo cultivadas, as doses de vinhaça recomendadas poderão ser alteradas.

Mattiazzo-Preotto e Glória (1985) descrevem que há uma variação de dosagem de vinhaça e que a mesma está intimamente ligada à classe textural do solo, sendo os resultados com menor expressão os Argissolos, fato este explicado pelo poder tampão de cada solo.

Pereira et al. (1992), em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, observou um melhor desenvolvimento da cultura do milho quando adicionados doses crescentes de vinhaça; estes autores observaram que a dose de $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ do resíduo estabeleceu maior desenvolvimento do milho, e que esta dosagem estabelecida é recomendada devida aos benefícios ao solo, tais como aumento nos teores nutricionais como o potássio e elevação da capacidade de troca catiônica.

Bebé et al. (2008) trabalhando com cinco doses equivalentes de vinhaça para recomendação de potássio para a cultura de milho em um Argissolo Amarelo (206 g Kg^{-1} argila), relata que o máximo desenvolvimento do sistema radicular da cultura de milho foi atingido quando utilizados cerca de 25% da necessidade de potássio com vinhaça, complementados com 75% de potássio mineral.

Apesar dos trabalhos de pesquisas existentes quanto à utilização de resíduos da indústria sucroalcooleira, é necessário o desenvolvimento de estudos capazes de estabelecer recomendações de utilização de vinhaça para solos arenosos.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento radicular da cultura do milho submetido à aplicação de doses crescentes de vinhaça e estabelecer uma recomendação de utilização deste resíduo para solos arenosos da região noroeste do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Universidade Estadual de Maringá (UEM), *campus* Regional de Umuarama (CAU), utilizando-se como base experimental um Latossolo Vermelho distrófico psamítico (EMBRAPA, 2013) de textura arenosa originalmente sob mata natural, cujos atributos químicos originais (camada de 0-20 cm) estão descritos na Tabela 1.

O solo foi peneirado e seco, acondicionando-se cerca de 3 kg de solo em colunas de PVC (20 x 15 centímetros). Semeou-se milho nos vasos, permanecendo 2 plantas por vaso após o desbaste. Após a emergência das plântulas de milho, estabeleceu-se os tratamentos com a aplicação superficial de vinhaça nas doses equivalentes a 0, 100, 200, 400 e $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados com quatro repetições.

Tabela 1 - Caracterização química da camada de 0-20 cm de um Latossolo Vermelho distrófico psamítico originalmente sob mata natural

pH	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P	V	m	Argila	
H ₂ O	-----	cmol _c . dm ⁻³	-----	-----	mg dm ⁻³	-----	%	-----	g kg ⁻¹
5,30	0,2	1,67	0,63	74,29	6,30	36,78	7,43	120	

Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ - extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ P, K - extraídos com Mehlich 1 (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N); V= Saturação por bases; m = Saturação por alumínio.

O milho foi cultivado por 45 dias, mantendo-se a umidade próxima à capacidade de campo, através da adição de água determinada pela evapotranspiração, obtida pelo Tanque classe A. Durante a condução do experimento, aplicou-se nitrogênio na dosagem de 90 kg ha⁻¹ de N, aplicando-se sulfato de amônio em duas parcelas (50% cada uma), uma na emergência e outra 15 dias após a emergência (DAE). Na colheita, as plantas de milho foram cortadas na base do caule, e o solo foi peneirado para a retirada das raízes das plantas. Foi obtida a massa de matéria seca e fresca do sistema radicular. As raízes foram lavadas com água, pesadas (matéria fresca), colocadas em sacos plásticos e congeladas para manter suas características. O comprimento do sistema radicular foi determinado pelo método de Tennant (1975) e a matéria seca foi obtida após a secagem em estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas. O raio da raiz foi estimado, utilizando-se da fórmula descrita por Barber (1995):

$$r_0 = (V / L \cdot \pi)^{1/2}$$

em que:

r₀ = raio da raiz (cm)

V = volume da raiz (g cm⁻³) *

L = comprimento radicular (cm)

* admitindo-se a densidade radicular = 1 g cm⁻³

Os resultados obtidos no trabalho foram submetidos à análise de variância pelo teste F, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000). Quando o valor de F foi significativo a 5% de probabilidade de erro, as médias submetidas à análise de regressão. Estabeleceram-se relações entre os parâmetros radiculares das plantas de milho e a dosagem de vinhaça aplicada. Pela derivação das equações de regressão obtidas das relações entre os parâmetros de planta e as

doses de fertilizante empregadas, foram obtidos valores de referência (critérios) para a fertilização orgânica no experimento cultivado com milho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 pode ser observado que a relação entre o desenvolvimento radicular e a aplicação de doses de vinhaça apresentou um bom ajuste ($R^2 > 0,85$). À medida que foram aplicadas doses crescentes de vinhaça, o crescimento radicular do milho aumentou, concordando com os resultados obtidos por Bebé et al. (2008) e Santos et al. (2010). Gajdos et al. (2012) observaram os efeitos positivos da aplicação de biofertilizantes sobre o crescimento e produtividade de milho e girassol. Segundo Freire e Cortez (2000) a vinhaça apresenta potencial de fertilização e correção dos solos, apresenta teores de matéria orgânica e nutrientes em níveis elevados como o potássio (K), o cálcio (Ca) e o enxofre (S). No entanto, observa-se que a aplicação de doses excessivas ($800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) reduziram a capacidade do sistema radicular se desenvolver, provavelmente em função de um possível desequilíbrio nutricional e salinização do solo (Sengik, et al., 1996; Brito et al., 2005; Novais et al., 2007; Bissani et al., 2008). Dosagens inadequadas podem causar produção abaixo do esperado (dosagens baixas) ou desequilíbrio nutricional, contaminação do lençol freático e salinização (dosagens excessivas). Paulino et al. (2002) avaliando a aplicação de vinhaça, observou que dosagens acima de $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ proporcionaram desequilíbrio nutricional à cultura.

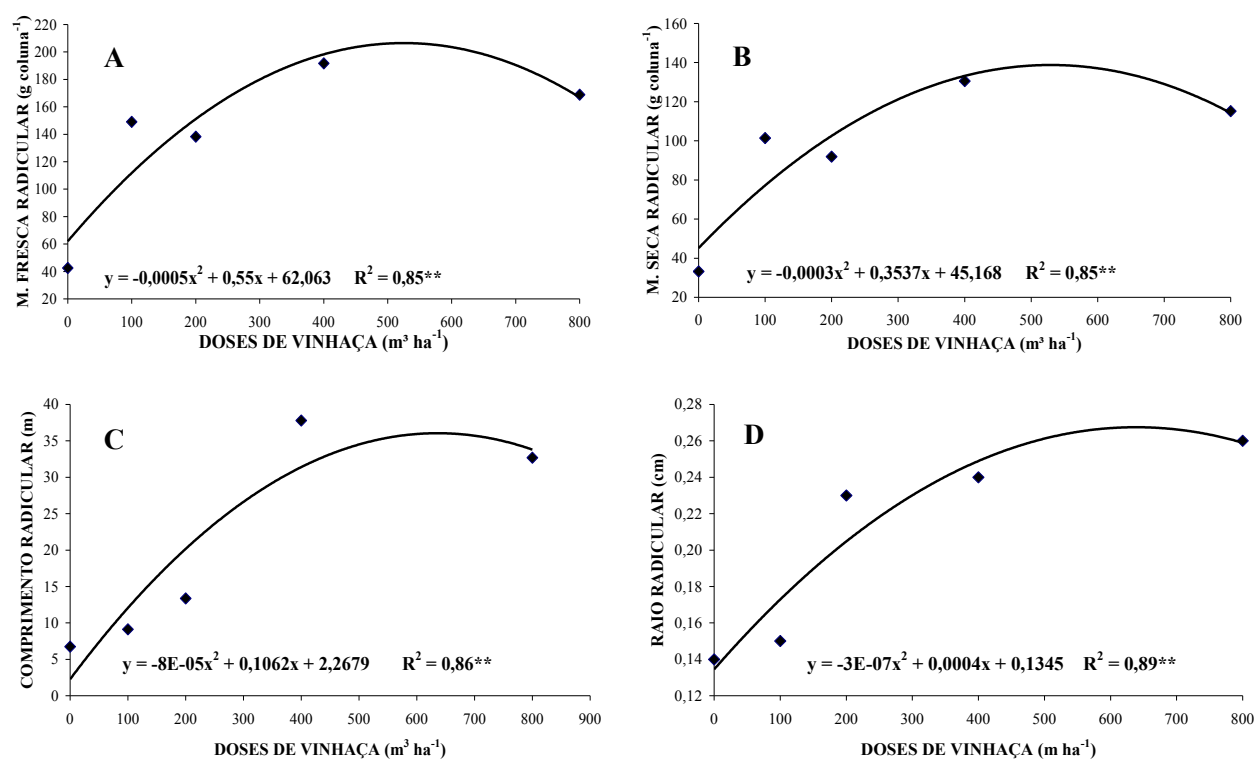


Figura 1 - Relação entre a aplicação de doses crescentes de vinhaça e a massa de matéria fresca (A) e seca (B) do sistema radicular, comprimento radicular (C) e raio da radicular (D) da cultura de milho, cultivada em um Latossolo Vermelho distrófico psamítico sob mata natural. **significativo a 5% de probabilidade.

O desenvolvimento radicular da cultura de milho aumentou à medida que foram adicionadas doses crescentes de vinhaça, sendo que o máximo desenvolvimento radicular atingido foi entre as doses de 550 e 667 m³ ha⁻¹, com média de 617 m³ ha⁻¹ (Tabela 2). No entanto, acima destas dosagens de vinhaça, as plantas apresentaram uma redução no desenvolvimento radicular. Provavelmente isto ocorreu devido a um desequilíbrio nutricional, salinidade ou toxicidade de nutrientes como potássio ou sódio (Brito et al., 2005). Bebé et al. (2008) descreve em seu trabalho que este fato pode estar intimamente associado ao tempo de incubação do solo com vinhaça, o qual possui tendência de acidificação no início do processo e após um período de reação com o solo (Sanada et al, 2009) resulta na neutralização direta da acidez (H⁺) ou indireta por meio de geração de íons oxigênio que se combina com os íons hidrogênio formando água. Para Ramos et al. (2008), a aplicação de 150 m³ ha⁻¹ de vinhaça foi prejudicial à emergência das plântulas e ao desenvolvimento inicial de amendoim e de girassol.

Tabela 2 - Valores de referência para doses de vinhaça baseadas no desenvolvimento do sistema radicular das plantas de milho cultivadas em um Latossolo Vermelho Psamítico originalmente sob mata natural

PARÂMETROS PLANTA	DOSE DE VINHAÇA (m ³ ha ⁻¹)
MASSA DE MATÉRIA FRESCA RADICULAR	550
MASSA DE MATÉRIA SECA RADICULAR	589
COMPRIMENTO RADICULAR	664
RAIO RADICULAR	667
MÉDIA	617

Referente a estes resultados, pode-se afirmar que a dosagem ideal para a fertilização orgânica do solo estudado é de 617 m³ ha⁻¹, fato este discordante dos resultados obtidos por pesquisas que descrevem como dosagens ideais para a fertilização do solo o uso de 400 (Pereira et al., 1992) e de 60 a 250 m³ ha⁻¹ (Rajj et al., 1997). Isto pode ter ocorrido em função da diferença entre a vinhaça utilizada e os respectivos teores de nutrientes (Nogueira e Venturini Filho, 2005; Siqueira, 2008; Franco et al., 2008). Além disso, variação das dosagens recomendadas está intimamente ligada à textura (teor de argila). No solo estudado, a maior dosagem recomendada pode estar relacionada às condições do solo (120 g kg⁻¹ de argila), que apresenta baixa fertilidade e elevada acidez, concordando com resultados obtidos por Mattiazzo-Preotto e Glória (1985) e Montanari et al. (2005).

CONCLUSÕES

A aplicação de doses crescentes de vinhaça aumentou de forma significativa o desenvolvimento radicular da cultura de milho. O melhor crescimento radicular foi obtido quando aplicou-se uma dose média de 617 m³ ha⁻¹ de vinhaça.

REFERÊNCIAS

BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons. 1995. 414p.

BEBÉ, F. V.; SILVA, G.B.; BARROS, M.F.C.; CAMPOS, M.C.C. Desenvolvimento do milho e alterações químicas em solo sob aplicação de vinhaça. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p.191-196, 2008.

BISSANI, C.A.; CAMARGO, F.A.O.; GAINELLO, C.; TEDESCO, M.J. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 344p.

BRITO, F. L.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R. Teores de potássio e sódio no lixiviado e em solos após a aplicação de vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, p.52-56, 2005.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa (Circular técnica 78), 2006. 10 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ed. Brasília: Embrapa. 2013. 353 p.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000, São Carlos. **Anais**. São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FRANCO, A.; MARQUES, M. O.; MELO, W. J. de. Sugarcane grown in an Oxisol amended with sewage sludge and vinasse: nitrogen contents in soil and plant. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 65, n. 4, p. 408-414, 2008.

FREIRE, J.F.; CORTEZ, L.A.B. **Vinhaça de cana-de-açúcar**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 203 p.

GAJDOS, E.; LÉVAI, L.; VERES, S.; KOVÁCS, B. Effects of biofertilizers on maize and sunflower seedlings under cadmium stress. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 43, p. 272-279, 2012.

KORNDOFER, G. H.; ANDERSON, D. L. Use and impact of sugar-alcohol residues vinasse and filter cake on sugarcane production in Brazil. **Sugar y Azucar**, Englewood Cliffs, v.92, n.3, p. 26-35, 1997.

MATTIAZZO-PREZOTTO, M.E.; GLÓRIA, N.A. Efeito da vinhaça na acidez do solo. **Revista STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.4, n.2, p.35-40, 1985.

MONTANARI, R.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; SOUZA, Z.M. de. Forma da paisagem como critério para otimização amostral de Latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, p.69-77, 2005.

NOGUEIRA, A.M.P.; VENTURINI FILHO, W.G. **Aguardente de cana**. Botucatu: UNESP, 2005. 71p.

NOLLA, A.; PALMA, I. P.; SANDER, G.; VOLK, L. B. S.; SILVA, T. R. B. Desenvolvimento de milho submetido à aplicação de calcário e silicato de cálcio em um Argissolo arenoso do noroeste paranaense. **Revista cultivando o saber**, Cascavel, v. 2, n.4, p. 154-162, 2009.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.276-374.

PAULINO, A. F.; MEDINA, C. C.; ROBAINA, C.R.P.; LAURANI, R.A. Produção agrícola e industrial de cana-de-açúcar submetida a doses de vinhaça. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 145-149, 2002.

PEREIRA, J. P.; ALVARENGA, M.E.; TOSTES, J.R.P.; FONTES, L.E.F. Efeito da adição de diferentes dosagens de vinhaça a um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico na germinação e vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 14, n. 2, p. 147-150, 1992.

RAIJ B. VAN; CANTARELLA H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI A.M.C. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100)

RAMOS, N.P.; NOVO, M.C.S.S.; UNGARO, M.R.G.; LAGO, A.A.; MARIN, G.C. Efeito da vinhaça no desenvolvimento inicial de girassol, mamona e amendoim em casa de vegetação. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n.3, p. 685-692. 2008.

REINERT, D.J.; ELTZ, F.L.F. Sucesso do plantio direto em solos arenosos: campo nativo, áreas degradadas e integração lavoura-pecuária. In: FRIES, M.R.; DALMOLIN, R.S.D. (Ed.) **Atualização em recomendação de adubação e calagem - ênfase em plantio direto**. Santa Maria: Núcleo Regional Sul / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. p.23-46.

SANADA, C. T. N.; KARP, S.G.; SPIER, M.R.; PORTELLA, A.C.; GOUVÊA, P.M.; YAMAGUISHI, C.T.; VANDENBERGHE, L.P.S.; PANDEY, A.; SOCCOL, C.R. Utilization of soybean vinasse for a-galactosidase production, **Food Research International**, Essex, v. 42, n.4, p. 476-483, 2009.

SANTOS, C. M.; GONÇALVES, E. R.; ENDRES, L.; GOMES, T. C. A.; JADOSKI, C. J.; NASCIMENTO, L. A. et al. Atividade fotossintética em alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a diferentes compostagens de resíduos agroindustriais. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 3, n. 3, p. 95-102, 2010.

SENGIK, E.; CANO, M.A.O.; SILVA, C.C.; RIBEIRO, A.C. Efeitos da vinhaça sobre o crescimento do sorgo granífero. In: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ, CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS (Ed.) **Anuário CCA... 1995/1996**. Maringá: Centro de Ciências Agrárias, 1996. p. 163-166.

REINERT, D.J.; ELTZ, F.L.F. Sucesso do plantio direto em solos arenosos: campo nativo, áreas degradadas e integração lavoura-pecuária. In: FRIES, M.R.; DALMOLIN, R.S.D. (Ed.) **Atualização em recomendação de adubação e calagem - ênfase em plantio direto**. Santa Maria: Núcleo Regional Sul / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. p.23-46.

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

SIQUEIRA, M.L. **Influência da taxa de carregamento orgânico na degradação anaeróbia da vinhaça em reator de leito fluidizado**. 2008. 151p. Dissertação (mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. **Journal of Apply Ecology**, Oxford, v. 63, p. 995-1001, 1975.