

MÁXIMA EFICIÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE MILHO SUBMETIDO A DOSES DE VINHAÇA EM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO TÍPICO

Antonio Nolla¹, Eduardo Jamir Paes Vila¹, Cleber de Oliveira Santini¹, Willian Silva¹ e Tiago Roque Benetoli da Silva¹

¹Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Ciências Agronômicas, Estrada da Paca s/n., Bairro São Cristovão, CEP: 87507-190, Umuarama, PR, Brasil. E-mail: anolla@uem.br, ejpvila@hotmail.com, wssilva@hotmail.com, trbsilva@uem.br

RESUMO: A expansão da agricultura brasileira, tem experimentado o cultivo em áreas arenosas, caracterizadas pela baixa fertilidade, resultando em baixas produtividades. Nessas áreas, recorre-se à utilização de resíduos como a vinhaça, capaz de fornecer nutrientes para o desenvolvimento da cana-de-açúcar e outras culturas como milho. Porém, faz-se necessário o estudo dosagens e critérios deste fertilizante em solos arenosos. Objetivou-se estudar o desenvolvimento de milho submetido à aplicação de doses de vinhaça, com vistas a estabelecer critérios e dosagens ideais deste resíduo no solo. Cultivou-se milho por 45 dias, em colunas de PVC preenchidas por um Latossolo Vermelho distrófico psamítico ácido, aplicando-se 0, 100, 200, 400 e 800 m³ ha⁻¹ de vinhaça em um DBC com 4 repetições. Na colheita, o milho foi cortado rente ao solo, determinando-se o diâmetro do caule altura das plantas, massa de matéria verde e seca da parte aérea e radicular. A aplicação de vinhaça aumentou o crescimento das plantas de milho nas dosagens de 100, 200 e 400 m³ ha⁻¹. O melhor desenvolvimento do milho foi atingido com aplicação média de 524 m³ ha⁻¹ de vinhaça.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo de cana-de-açúcar adubação orgânica, Zea mays, dosagem ideal.

MAXIMUM EFFICIENCY OF DEVELOPMENT OF CORN SUBMITTED TO DOSES OF VINASSE IN AN OXISOL

ABSTRACT: The expansion of Brazilian agriculture has experienced cultivation in sandy areas, characterized by low fertility, resulting in low productivity. In these areas, it has been used residues such as vinasse, capable of providing nutrients for the development of sugarcane and other crops such as corn. However, it is necessary to study the dosages and criteria of this fertilizer in sandy soils. The objective of this work was to study the development of maize submitted to the application of vinasse doses, in order to establish criteria and optimal dosages of this residue in the soil. Corn was cultivated for 45 days in PVC columns filled with an acid Oxisol, applying 0, 100, 200, 400 and 800 m³ ha⁻¹ of vinasse in a DBC with 4 replicates. At harvest, the corn was cut close to the soil, determining the diameter of the stem height of the plants, dry and green matter of aerial part and root. The application of vinasse increased the growth of corn plants at doses of 100, 200 and 400 m³ ha⁻¹. The best corn development was achieved with an vinasse application of 524 m³ ha⁻¹.

KEY WORDS: Sugarcane residue, organic fertilization, Zea mays, best dosage.

INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira vem experimentando nos últimos anos uma ampliação na área de cultivo, o que vem aumentando o interesse pelo cultivo de culturas comerciais em áreas de solo arenoso, tipicamente caracterizados pela elevada acidez, baixa concentração de nutrientes e pelo baixo potencial produtivo devido às suas características granulométricas (solo arenoso) (Nolla e Anghinoni, 2004). O cultivo do solo nessas condições é dificultado devido ao baixo potencial de produtividade, tornando-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).

Uma alternativa bastante utilizada em condições de solos sob sistema de plantio direto tem sido a utilização de resíduos orgânicos. Desta forma, em áreas produtoras de cana-de-açúcar tem sido utilizados resíduos industriais provenientes da indústria sucroalcooleira, como é o caso da vinhaça (Fixen, 2009). A utilização de vinhaça em áreas de cultivo agrícola reduz a quantidade de resíduos acumulados além de contribuir para minimizar problemas quanto à poluição das áreas ao redor da indústria (Korndorfer e Anderson, 1997; Silva et al., 2007).

A vinhaça vem sendo recomendada como fertilizante devido aos altos teores de potássio ($3,06 \text{ Kg/m}^3$) e enxofre ($2,67 \text{ Kg/m}^3$), além de oferecer, de forma expressiva, nutrientes como nitrogênio, cálcio e magnésio bem como a matéria orgânica. 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).

O uso da vinhaça eleva o pH do solo, mesmo este possuindo caráter ácido. A reação que ocorre no solo é de oxirredução e ácido/base decorrente da oxidação do carbono contido na vinhaça que, ao reagir, libera elétrons que são recebidos pelo O_2 ou H^+ resultando assim na neutralização direta da acidez (H^+), ou indireta por meio de geração de íons oxigênio que se combina com os íons hidrogênio formando água Sanada et al. (2009). Outras culturas como o milho, soja, amendoim, feijão e crotalaria vem sendo utilizadas como alternância de cultivos em áreas de reforma do canavial, de forma que vem sendo implementadas como forma de sustentabilidade quanto à fertilidade do solo e também para minimizar problemas relacionados quanto aos ataques de pragas e doenças da cana-de-açúcar. Nestas culturas, a utilização de resíduos da indústria sucroalcooleira também podem contribuir para a melhoria de produtividade, uma vez que são conhecidos os atributos fertilizantes destes resíduos.

Imthurn et. al. (2008) trabalhando com doses de vinhaça no desenvolvimento da cultura do milho concluíram que a fertilização orgânica aumentou o desenvolvimento e

produtividade da cultura. Contudo, Mattiazzo-Preotto & 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; sendo que a dose de $400 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ de vinhaça estabeleceu o maior acúmulo de massa seca e verde da parte aérea da planta.

Apesar dos trabalhos de pesquisas existentes quanto à utilização de resíduos da indústria sucroalcooleira em culturas como o milho, é necessário o desenvolvimento de estudos capazes de estabelecer critérios e dosagens da vinhaça a ser aplicada em condições de solos arenosos, onde a baixa capacidade de troca de cátions e a concentração de potássio no solo e no resíduo aplicado irá alterar a recomendação comumente utilizada em solos argilosos. Desta forma, foi desenvolvido um experimento com o objetivo de estudar o desenvolvimento da cultura do milho submetido à aplicação de doses crescentes de vinhaça, com vistas a estabelecer critérios e dosagens ideais deste resíduo para um Latossolo Vermelho distrófico psamítico da região noroeste do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Universidade Estadual de Maringá (UEM), *campus* Regional de Umuarama (CAU), no ano de 2009, utilizando-se como base experimental um Latossolo Vermelho distrófico psamítico (LVd) de textura arenosa sob mata natural, coletado na camada de 0 – 0,20 m, cujos atributos químicos originais estão descritos na Tabela 1.

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

pH	Al³⁺	Ca²⁺	Mg²⁺	K⁺	P	V	m	Argila
H ₂ Ocmol _c .dm ⁻³mg.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 Melhlich 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, aplicou-se superficialmente

vinhaça nas doses equivalentes a 0, 100, 200, 400 e 800 m³.ha⁻¹. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados com quatro repetições. O milho foi cultivado por 45 dias, mantendo-se a umidade próxima à capacidade de campo. 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 rente ao solo, de forma que determinou-se o diâmetro do caule (região do coleto) altura das plantas, massa de matéria verde e seca da parte aérea e radicular.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo software SISVAR (Ferreira, 2000) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As equações que relacionam a performance das plantas de milho e a adição de vinhaça apresentaram significância para todos os parâmetros avaliados e apresentam um alto ajuste ($R^2 > 0,77$), indicando que a aplicação de vinhaça como adubo orgânico contribuiu para o incremento no crescimento e desenvolvimento das plantas de milho (Tabela 2), concordando com os dados obtidos por Imthurn et. al. (2008).

Tabela 2: Equações de regressão (e sua significância) relacionando parâmetros de plantas de milho e doses de vinhaça, aplicadas em um Latossolo Vermelho Psamítico originalmente sob mata natural

PARÂMETROS PLANTA	EQUAÇÃO	AJUSTE	SIGNIFICÂNCIA
MASSA VERDE PARTE AÉREA	$Y = - 0,0006X^2 + 0,6121X + 44,725$	0,88**	$P > 0,005$
MASSA SECA PARTE AÉREA	$Y = - 8E-05X^2 + 0,0838 + 6,1312$	0,87**	$P > 0,005$
ALTURA PLANTA	$Y = - 0,0002X^2 + 0,1915X + 51,716$	0,93**	$P > 0,005$
DIÂMETRO CAULE	$Y = - 4E-05X^2 + 0,0403 + 13,004$	0,77**	$P > 0,005$
MASSA VERDE RADICULAR	$Y = - 0,0005X^2 + 0,55X + 62,063$	0,85**	$P > 0,005$
MASSA SECA RADICULAR	$Y = - 0,0003X^2 + 0,3537X + 45,168$	0,85**	$P > 0,005$

**significativo a 5% de probabilidade

De forma geral, o desenvolvimento de milho aumentou à medida que foram adicionadas doses crescentes de vinhaça. No entanto, nos tratamentos onde aplicou-se a maior

dose do fertilizante ($800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), as plantas apresentaram uma redução significativa na sua performance. Provavelmente isto ocorreu devido a um desequilíbrio nutricional, salinidade ou toxicidade de nutrientes como potássio ou sódio (Brito, Rolim & Pedrosa, 2005).

Com base nas equações de regressão obtidas na Tabela 2, pode-se calcular o desenvolvimento máximo obtido pelos atributos de planta a partir da primeira derivada das equações de regressão. Observou-se que o máximo desenvolvimento dos atributos das plantas de milho foram obtidos nas doses entre 481 e $580 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, com média de $524 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de vinhaça (Tabela 3).

TABELA 3 : Valores de referência para doses de vinhaça baseadas no máximo atingido pelos atributos das plantas de milho cultivadas em um Latossolo Vermelho Psamítico originalmente sob mata natural

PARÂMETROS PLANTA	DOSE DE VINHAÇA ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)
MASSA VERDE PARTE AÉREA	510
MASSA SECA PARTE AÉREA	524
ALTURA PLANTA	479
DIÂMETRO CAULE	504
MASSA VERDE RADICULAR	550
MASSA SECA RADICULAR	580
MÉDIA	524

Assim, pode-se afirmar que a dosagem recomendada de vinhaça a ser adicionada para a fertilização orgânica do Latossolo Vermelho Psamítico estudado é maior do que o recomendado ($400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) por Pereira et al. (1992). Esta maior dosagem de vinhaça necessária para atingir o melhor desenvolvimento do milho pode ser atribuído ao solo estudado apresentar originalmente uma condição de fertilidade baixa (saturação por bases = 36,78%). No entanto, é importante observar que este solo apresenta uma concentração de argila de 120 g kg^{-1} , (Tabela 1). Nessas condições, pode-se esperar que dosagens altas ($>400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) de vinhaça possam provocar problemas quanto à contaminação do lençol freático com elementos como o sódio e o potássio, uma vez que a recomendação de vinhaça varia entre 60 a $250 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, dependendo do tipo de solo (Raij et al, 1997, Yamaguishi, 2009).

Por outro lado, utilizando-se a fórmula elaborada pela CETESB (CETESB 2009) para estabelecer a dosagem máxima permitida para utilização no solo, percebe-se que a dosagem de 524 m³ é 55,4% menor que a dosagem máxima recomendada nessas condições (1176 m³ ha⁻¹). Assim, pode-se concluir dosagem recomendada (524 m³ ha⁻¹) de vinhaça a ser aplicada para o desenvolvimento do milho não deverá ocasionar problemas de contaminação do solo e do lençol freático.

CONCLUSÕES

A aplicação de doses crescentes de vinhaça aumentou o crescimento das plantas de milho nas dosagens de 100, 200 e 400 m³ ha⁻¹. O melhor desenvolvimento dos parâmetros de milho foram atingidos nas dosagens entre 481 e 580 m³ ha⁻¹, com média de 524 m³ ha⁻¹ de vinhaça.

REFERÊNCIAS

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 Ambiental**, Campina Grande, v.9, p.52-56, 2005.

CETESB. **Vinhaça – Critérios e Procedimentos para Aplicação no Solo Agrícola**. São Paulo: CETESB, 2006, 12 p. (Norma Técnica P4.231)

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

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, p.255-258.

FIXEN, P. E. Reservas mundiais de nutrientes dos fertilizantes. **Informações agronômicas**, Piracicaba, n.126, p. 8-9, 2009.

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.

IMTHURN, A. C. P.; CARMELLO, Q. A. de C.; ANTI, G. R. Uso de vinhaça granulada como fertilizante em milho: produção de material seco. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 17, 2008. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Esalq-USP, 4p.

KORNDORFER, G. H.; ANDERSON, D. L. Use and impact of sugar-alcohol residues vinasse and filter 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. **STAB açúcar e álcool e subprodutos**, Piracicaba, v.4, p. 35-40, 1985.

NOLLA, A.; ANGHINONI, I. Métodos utilizados para a correção da acidez do solo no Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 6, n.1, p. 97-111, 2004.

PEREIRA, J. P. et al. 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**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100)

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

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 108-114, 2007.