

**CRESCIMENTO DA PARTE AÉREA DE MILHO SUBMETIDO À
APLICAÇÃO DE TORTA DE FILTRO EM LATOSSOLO VERMELHO
DISTRÓFICO PSAMÍTICO**

Antonio Nolla¹, Eduardo Jamir Paes Vila¹, João Henrique Castaldo¹, Thaynara Garcez da Silva¹, Adriely Vechiato Bordin¹, Pedro Henrique da Silva¹

¹ Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agrônômicas, Campus de Umuarama. Estrada da Paca s/n, CEP: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR. E-mail: anolla@uem.br; ejpvila@gmail.com; jhcastaldo@bol.com.br, thaynaragarceztg@gmail.com, adrielyvechiato@hotmail.com; phsilva@hotmail.com

Resumo: A agricultura brasileira vem aumentando sua área de cultivo no decorrer dos anos, a qual expande-se para áreas de solos arenosos. Tais solos possuem baixos teores nutricionais, o que resulta em baixa produtividade, tornando-se imprescindível a utilização de adubos minerais e/ou resíduos orgânicos (torta de filtro), os quais possam fornecer os nutrientes necessários ao desenvolvimento de culturas de exploração comercial como o milho. Objetivou-se estudar a influência da aplicação de torta de filtro no desenvolvimento do milho e nos atributos químicos do solo, bem como estabelecer critérios e dosagens ideais de fertilização. Cultivou-se milho por 45 dias em colunas de PVC, preenchidas por um Latossolo Vermelho distrófico psamítico. Aplicou-se 0, 25, 50, 100, 200 e 400 t ha⁻¹ de torta de filtro em um DBC com 4 repetições. Na colheita, o milho foi cortado rente ao solo, determinando-se o diâmetro do caule, altura de plantas, massa de matéria verde e seca da parte aérea e radicular. No solo, determinou-se pH H₂O, Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³, K⁺ e P. A aplicação de torta de filtro elevou os teores de nutrientes e a saturação por bases, e reduziu a saturação por alumínio e o pH (H₂O). O melhor desenvolvimento do milho foi atingido com a aplicação média de 177 t ha⁻¹ de torta de filtro.

Palavra-chave: Fertilização orgânica, dosagem ideal, *Zea mays*, solo arenoso

**GROWING OF THE AERIAL PART OF CORN SUBMITTED TO FILTER
CAKE APPLICATION IN PSAMITIC DYSTROPHIC LATOSOL**

Abstract: Brazilian agriculture has been increasing its cultivation area over the years, which expands to areas of sandy soils. Such soils have low nutritional contents, which results in low productivity, making it essential to use mineral fertilizers and/or organic residues (filter cake), which can provide the necessary nutrients for the development of commercial exploitation crops such as corn. The objective was to study the influence of filter cake application on corn development and soil chemical attributes, as well as to establish ideal fertilization criteria and dosages. Corn was cultivated for 45 days in PVC columns, filled with a psamitic dystrophic Red Oxisol. 0, 25, 50, 100, 200 and 400 t ha⁻¹ of filter cake were applied in a DBC with 4 replications. At harvest, the corn was cut close to the ground, determining stem diameter, plant height, green and dry matter mass of shoots and roots. In the soil, pH H₂O, Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³, K⁺ and P were determined. The application of filter cake increased nutrient contents and base saturation, and reduced aluminum saturation and pH (H₂O). The best corn development was achieved with an average application of 177 t ha⁻¹ of filter cake.

Key Words: Organic fertilization, ideal dosage, *Zea mays*, sandy soil.

INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira vem aumentando sua área de cultivo no decorrer dos anos, em virtude do aumento da população e devido à utilização de técnicas de cultivo, o que aumenta também a produtividade das culturas comerciais. Desta forma, o cultivo também vem aumentando em áreas de solos arenosos ou de textura média, o que certamente irá modificar formas e dosagens de fertilização para estas condições. Os solos arenosos apresentam baixos teores de argila ($< 150 \text{ g Kg}^{-1}$), elevada acidez e baixa concentração de nutrientes (Sousa e Lobato, 2004). As características químicas e físicas destes solos reduzem a produção de lavouras comerciais sendo fundamental a utilização de fertilizantes químicos ou orgânicos para a melhoria e manutenção da produtividade, o que certamente irá maximizar a lucratividade da lavoura (Nolla et al., 2009).

A utilização de adubos minerais para o cultivo é a prática mais utilizada, visando a melhoria da condição de fertilidade do solo em curto espaço de tempo. Para a fertilização mineral, são propostas sugestões de dosagens e referenciais de fertilização, propostos nos manuais de recomendação de adubação e calagem (CQFS, 2016; Pauletti e Motta, 2019; Cantarella et al., 2022).

Com a crescente expansão de áreas cultivadas em solos de menor potencial produtivo, uma alternativa bastante implementada é a adubação orgânica. Esta prática apresenta menores problemas quanto à volatilização e lixiviação de nutrientes, quando comparados às fontes minerais.

A adubação orgânica vem sendo empregada em larga escala em áreas de cultivo com cana de açúcar. Como vantagem, nas áreas de cultivo de cana de açúcar, os resíduos provenientes do processo de industrialização de açúcar e álcool são utilizados como fertilizante orgânico nas áreas de cultivo (Nardin, 2007), ou seja, no cultivo de cana de açúcar, boa parte dos resíduos produzidos na indústria é destinada à reposição de nutrientes extraídos pela cultura.

A torta de filtro é um dos resíduos produzidos no processo industrial, sendo que para cada tonelada de cana de açúcar industrializada são produzidas 30 a 40 kg de torta de filtro (Raij et al., 2011). Segundo Malavolta et al. (2002), este resíduo apresenta como vantagem a riqueza em nutrientes como N ($1,4 \text{ g kg}^{-1}$), P ($1,3 \text{ g kg}^{-1}$ de P_2O_5), K ($0,3 \text{ g kg}^{-1}$ de K_2O), S ($1,30 \text{ g kg}^{-1}$ de SO_4), Ca ($4,0 \text{ g kg}^{-1}$ de CaO) e Mg ($0,4 \text{ g kg}^{-1}$ de MgO).

Santos et al. (2008) observou que a fertilização com torta de filtro (30%) combinada com adubo químico (70%) apresenta a mesma eficiência que a fertilização

utilizando-se somente adubo mineral. Isto pode ser explicado pela riqueza de micronutrientes, o que certamente implica portanto numa possível substituição parcial do adubo químico pela torta de filtro. Nardin (2007) estudando a aplicação de torta de filtro (60 t ha^{-1}), em um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (250 g Kg^{-1} de argila), observou que houve acúmulo de raízes na camada 0 – 20 cm profundidade, no entanto a melhoria da fertilidade promovida pela torta de filtro em profundidade não foi suficiente para aprofundar o sistema radicular.

Apesar dos trabalhos relacionados à fertilização orgânica, ainda são necessários estudos capazes de estabelecer dosagens ideais e recomendação de utilização de torta de filtro, uma vez que o uso deste resíduo muitas vezes não segue recomendações que estabelecem dosagens ideais. Nos solos arenosos, esta forma de fertilização deve ser pesquisada, uma vez que a baixa concentração de nutrientes, e a elevada acidez do solo certamente irá indicar uma fertilização distinta daquela proposta para solos argiloso e/ou de textura média.

O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estudar o desenvolvimento radicular de milho submetido à fertilização com torta de filtro, bem como estabelecer dosagens ideais de fertilização orgânica.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi instalado um ensaio na área experimental da Universidade Estadual de Maringá, campus de Umuarama. Coletaram-se amostras de um Latossolo Vermelho distrófico psamítico de textura arenosa, originalmente sob campo natural, cuja descrição dos atributos químicos (0-20 cm) está apresentada na Tabela 1.

Coletaram-se amostras do Latossolo, as quais foram secas e peneiradas. Acondicionou-se 3 kg do solo em colunas de PVC (20 x 15 cm). Os tratamentos consistiram da incorporação incorporou-se, no solo, doses de torta de filtro equivalentes a 0, 25, 50, 100, 200 e 400 t ha^{-1} . O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições.

Tabela 1: Caracterização química da camada de 0-20 cm de um Latossolo Vermelho distrófico psamítico sob campo 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
5,3	0,2	1,67	0,63	74,29	6,30	38,78	7,43	120

Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³ – extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; P e K – extraídos com Mehlich-1

Semeou-se posteriormente milho nos vasos, perfazendo 2 plantas por vaso após o desbaste. O milho foi cultivado por 45 dias, mantendo-se a umidade próxima à capacidade de campo. Aplicou-se 90 kg ha⁻¹ de N com utilização de sulfato de amônio, 50% na semeadura e 50% após 15 dias após a emergência. No final do cultivo, as plantas de milho foram cortadas rente ao solo, determinando-se o diâmetro do caule (região do coleto), altura das plantas, massa de matéria verde e seca das partes aérea e radicular.

O solo proveniente das colunas foi amostrado, seco e peneirado (2 mm), determinado-se o pH H₂O, Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³, K⁺ e P, todos conforme Tedesco et al. (1995).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo software SISVAR e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As equações obtidas através da relação dos atributos químicos do solo e as doses crescentes de torta de filtro apresentaram significância (Tabela 2) para os atributos pH-H₂O, Ca, Mg, saturação por bases e saturação por alumínio. A partir da primeira derivada das equações de regressão descritas na Tabela 2, as quais relacionam atributos químicos do solo com parâmetros de planta, pode-se calcular o máximo obtido pelos atributos químicos do solo a fim de se determinar um critério para fertilização com uso da torta de filtro.

A aplicação da torta de filtro aumentou o pH e reduziu a saturação por alumínio no solo, (Tabela 3). Isso pode estar associado ao efeito quelante da matéria orgânica sobre o alumínio e diminuição da acidez, atribuindo propriedades corretivas de acidez a este resíduo (Korndorfer e Anderson, 1997). Além disso, percebe-se que o melhor

desenvolvimento de milho ocorreu quando o pH (H₂O) do solo estava, em média, no valor de 5,6, concordando com os critérios de calagem do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS, 2016). Nestas condições, há um melhor equilíbrio de nutrientes, além da neutralização do alumínio fitotóxico (Quaggio, 2000).

Tabela 2: Equações de regressão relacionando atributos químicos do solo e doses de torta de filtro aplicadas em um Latossolo Vermelho Psamítico

ATRIBUTOS QUÍMICOS	PARÂMETROS DE PLANTA	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	AJUSTE
pH-H ₂ O	Matéria seca parte aérea	$Y = - 46,067X^2 + 520,27X - 1451,4$	0,63**
	Altura de planta	$Y = - 85,127X^2 + 968,09X - 2664,9$	0,63**
	Matéria seca radicular	$Y = - 124,55X^2 + 1405,9X - 3889,8$	0,66**
Ca ⁺²	Matéria seca parte aérea	$Y = - 0,356X^2 + 4,2419X + 5,3886$	0,47 ^{n.s.}
	Altura de planta	$Y = - 0,8039X^2 + 10,527X + 57,197$	0,54**
	Matéria seca radicular	$Y = - 0,9426X^2 + 11,112X + 45,788$	0,50 ^{n.s.}
Mg ⁺²	Matéria seca parte aérea	$Y = - 19,144X^2 + 32,788X + 4,5592$	0,52**
	Altura de planta	$Y = - 38,23X^2 + 70,83X + 57,673$	0,56**
	Matéria seca radicular	$Y = - 51,537X^2 + 87,75X + 43,089$	0,55*
K ⁺	Matéria seca parte aérea	$Y = - 0,0134X^2 + 0,5056X + 9,8345$	0,34 ^{n.s.}
	Altura de planta	$Y = - 0,0457X^2 + 2,3247X + 57,185$	0,30 ^{n.s.}
	Matéria seca radicular	$Y = - 0,0355X^2 + 1,3052X + 57,66$	0,36 ^{n.s.}
P ₂ O ₅	Matéria seca parte aérea	$Y = - 0,0013X^2 + 0,1791X + 11,63$	0,44 ^{n.s.}
	Altura de planta	$Y = - 0,0029X^2 + 0,4393X + 72,683$	0,46 ^{n.s.}
	Matéria seca radicular	$Y = - 0,0036X^2 + 0,4764X + 62,01$	0,47 ^{n.s.}
V%	Matéria seca parte aérea	$Y = - 0,0215X^2 + 2,1301X - 33,535$	0,71**
	Altura de planta	$Y = - 0,0400X^2 + 4,1132X - 15,138$	0,77**
	Matéria seca radicular	$Y = - 0,0573X^2 + 5,6588X - 57,685$	0,73**
m%	Matéria seca parte aérea	$Y = - 0,2285X^2 + 1,6747X + 13,873$	0,44 ^{n.s.}
	Altura de planta	$Y = - 0,1181X^2 - 0,5902X + 81,17$	0,56**
	Matéria seca radicular	$Y = - 0,6682X^2 + 5,241X + 67,377$	0,42 ^{n.s.}

** significativa a 5% de probabilidade de erro. ^{n.s.} não significativo.

No presente trabalho, o ponto de máximo de torta de filtro aumentou a concentração de cálcio em 3,92 vezes, o que certamente está atribuído à baixa concentração (6,50%) de Ca no resíduo testado. Em relação ao Mg, observou-se que, na

média, o melhor desenvolvimento da cultura do milho ocorreu quando foi alcançado $0,88 \text{ cmolc dm}^{-3}$, observando-se significância para todos os atributos do milho testados.

Para o cálcio, observou-se que a performance máxima dos parâmetros de planta (milho) testados ocorreu quando a concentração de cálcio foi de $6,55 \text{ cmolc dm}^{-3}$. Isto demonstra a eficiência da torta de filtro em disponibilizar cálcio para o desenvolvimento do milho, concordando com resultados obtidos por Nardin (2007), ao observar que a aplicação de 60 t ha^{-1} de torta de filtro aumentou 3,92 vezes os teores de cálcio, o que certamente está atribuído à baixa concentração (6,5%) de cálcio no resíduo testado. Em relação ao magnésio, observou-se que, na média, o melhor desenvolvimento da cultura do milho ocorreu quando aplicou-se $0,88 \text{ cmolc.dm}^{-3}$ para o magnésio, observando-se significância para todos os atributos da planta de milho testados.

Tabela 3: Valores de referência para índices de fertilidade do solo baseadas no máximo atingido pelos atributos químicos de um Latossolo Vermelho psamítico

PARÂMETROS PLANTA	ATRIBUTOS QUÍMICOS				
	pH H ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	V	m
	2,5:1	-----cmolc dm ⁻³ -----		-----%-----	
MASSA SECA PARTE AÉREA	5,6	-	0,86	49,54	-
ALTURA PLANTA	5,7	6,55	0,93	51,41	2,49
MASSA SECA RADICULAR	5,6	-	0,85	49,38	-
MÉDIA	5,6	6,55	0,88	50,11	2,49

Observa-se que a saturação por bases obteve significância para todos os parâmetros avaliados e apresentaram elevado ajuste ($R^2 > 0,71$). O melhor desenvolvimento dos parâmetros de milho foram verificados quando a saturação por bases atingiu o valor de 50,11% (Tabela 2). inferiores ao valor de 65%, atualmente utilizado como critério de calagem para o estado do Paraná (CAIRES et al., 2000) e igual aos 50% estabelecidos para solos de São Paulo para arroz e café, e para solos da região dos cerrados (SOUSA; LOBATO, 2004). Provavelmente esta semelhança, quanto ao critério saturação por bases, tenha ocorrido porque a maioria dos solos de cerrado apresentam textura arenosa, semelhante ao solo testado nessas condições (120 g kg^{-1}).

O melhor desenvolvimento dos parâmetros do milho (Tabela 4) ocorreu quando aplicou-se, na média, 177 t ha⁻¹ de torta de filtro, o que pode ser

TABELA 4: Valores de referência para doses de torta de filtro baseadas no máximo atingido pelos atributos das plantas de milho cultivadas em um Latossolo considerado

PARÂMETROS PLANTA	DOSE DE TORTA DE FILTRO (t ha ⁻¹)
MASSA SECA PARTE AÉREA	168
ALTURA PLANTA	184
MASSA SECA RADICULAR	179
MÉDIA	177

como dosagem ideal de fertilização para o milho nas condições do solo arenoso testado. Este critério obtido é superior às 62 t ha⁻¹ de torta de filtro considerada como dosagem ideal para o desenvolvimento do algodoeiro (Pereira et al., 2005).

CONCLUSÕES

A aplicação da torta de filtro disponibilizou Ca e Mg no solo e demonstrou poder corretivo, por aumentar o pH e reduzir a saturação por alumínio no solo. O melhor desenvolvimento do milho foi atingido com a aplicação média de 177 t ha⁻¹ de torta de filtro, onde o pH (H₂O), saturação por bases, Ca e Mg apresentavam valores de 5,6 e 50,11%, 6,55 e 0,88 cmol_c dm⁻³, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA A.F. Calagem Superfície em Sistema de Plantio Direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.24, p.161-169, 2000.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; MATOS Jr., D.; BOARETTO, R.M.; RAIJ, B. Van **Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. 3.ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2022. 500p. (BOLETIM 100).

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do solo – Núcleo Regional Sul, 2016. 376 p.

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, NJ., n. 92, v. 3, p. 26-35, 1997.

MALAVOLTA, E. ALCARDE, J.C.; GOMES, F.P. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200 p.

NARDIN, R. R. **Torta de filtro aplicada em argissolo e seus efeitos agrônômicos em duas variedades de cana de açúcar colhidas em duas épocas**. 2007. 51 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área de Concentração Tecnologia de Produção Agrícola) – Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, 2007.

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, p. 154-162, 2009.

PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V. **Recomendação de adubação e calagem para o estado do Paraná**. 2 ed. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2019. 289 p.

PEREIRA, J. R. FERREIRA, G. B.; GONDIM, T. M. S.; SANTOS, J.W.; VALE, D. G. Adubação orgânica com torta de filtro de cana de açúcar no algodoeiro semiperene BRS 200 no cariri cearense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5, 2005, Salvador. **Anais**. Salvador: UFBA, 4p.

QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2000. 111p.

RAIJ, B. Van **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011. 420 p.

SANTOS, D.H.; TIRITAN, C.S.; FOLONI, J.S.S.; JUNQUEIRA FILHO, R.G.; LEONI JUNIOR, R. Resposta do milho submetido a adubação fosfatada organo-mineral com diferentes doses de torta de filtro. In.: FERTBIO, 6, 2008, Londrina. **Anais**. Londrina: EMBRAPA, 4p.

SOUSA, D.M.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

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