

Resíduos Orgânicos Agroindustriais como Fonte de Si para a Cultura do Milho
Paulo Henrique Lima¹, Anastácia Fontanetti², Márcio Roberto Soares³, Gaspar Henrique Korndörfer⁴ e Nádia Jarouche Aun⁵

^{1,5} Mestrandos do Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural da Universidade Federal de São Carlos, Araras-SP e bolsistas CAPES. ¹paulolima_agro@hotmail.com e ⁵nadiarpe@gmail.com ^{2,3} Universidade Federal de São Carlos. ²anastacia@cca.ufscar.br e ³mrsoares@cca.ufscar.br ⁴Universidade Federal de Uberlândia ⁴ghk53@terra.com.br

RESUMO - O presente trabalho teve como objetivos avaliar o fornecimento de silício (Si) para a planta do milho por resíduos orgânicos agroindustriais, analisando seu acúmulo nas folhas e, e o efeito dessas fontes no diâmetro de colmo, altura e matéria seca da planta de milho. O experimento foi instalado em casa de vegetação e foram avaliadas três fontes orgânicas agroindustriais (cinza de bagaço de cana de açúcar, torta de filtro rotativo de usina de cana de açúcar e casca de arroz carbonizada) e uma mineral (silicato de cálcio PA). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (4x3), utilizando três dosagens de SiO₂: 175 Kg ha⁻¹, 350 Kg ha⁻¹ e 700 Kg ha⁻¹. O tratamento mais eficiente foi a casca de arroz carbonizada, que incrementou os teores de Si foliar em todas as dosagens. A aplicação de Si via fontes orgânicas não surtiu efeito na altura e na matéria seca da planta de milho, mas teve efeito significativo no diâmetro de colmo.

Palavras-chaves: *Zea mays* L., agricultura orgânica, casca de arroz carbonizada, cinza de bagaço de cana de açúcar, torta de filtro

Introdução

A indução de resistência é uma importante ferramenta no manejo de doenças de plantas, pois consiste no aumento da capacidade de defesa da planta contra um amplo espectro de patógenos e pragas. A resistência resultante é proporcionada por um agente indutor que aciona mecanismos de defesa na planta (Hammerschit & Kúc, 1982).

O silício (Si), embora não seja considerado um elemento essencial para a nutrição mineral de plantas, vêm sendo estudado por proporcionar diversos benefícios, como incremento de produtividade e proteção contra insetos fitófagos e doenças fúngicas para espécies como o arroz (Camargo et al., 2007), cana-de-açúcar (Madeiros et al., 2009), batata (Gomes et al., 2009) e milho (Goussain et al., 2002). Segundo Epstein (1994), alguns estudos têm demonstrado que o fornecimento de Si para algumas espécies de gramíneas (Poaceae), como o milho, podem estimular a produção e o crescimento vegetal indiretamente, por proporcionar proteção contra fatores abióticos, como estresses hídricos ou toxidez por alumínio (Al), manganês (Mn), ferro (Fe) e sódio (Na), e fatores bióticos, como ataques de insetos herbívoros.

O aproveitamento agrícola dos resíduos agroindustriais, principalmente da indústria canavieira, se constitui em uma prática bastante generalizada, tanto no caso dos efluentes

líquidos como a vinhaça, como também dos resíduos sólidos, como a torta de filtro (TF) (Polo et al., 1988). A TF é o material retido na filtragem do lodo decantado no processo de clarificação do caldo de cana. Em geral, os teores de Si total e solúvel em sua composição são 3,32 % e 0,05% respectivamente. Outro resíduo da indústria canavieira com alta concentração de silício é a cinza de bagaço de cana de açúcar (CBC) com concentrações de silício total e solúvel próximos a 40% e 0,35% respectivamente. A CBC é o material particulado recolhido no processo de lavagem dos gases e do piso das caldeiras.

Motivados pela evolução tecnológica do beneficiamento do arroz, a casca de arroz (CA), resíduo de elevado poder calorífico (16.720 kJ/Kg), tem substituído a lenha para a geração de calor nos secadores de grãos. Porém, essa alternativa propícia para o aproveitamento da CA, gera outro resíduo, a casca de arroz carbonizada (CAC), rica em silício, podendo conter até 72,10% em massa (Della et al., 2006).

Assim, é necessário estudar o potencial de fornecimento de silício para as plantas por resíduos agroindustriais. O presente trabalho teve como objetivos avaliar o fornecimento de silício (Si) para a planta do milho por resíduos orgânicos agroindustriais, analisando seu acúmulo nas folhas, e o efeito dessas fontes no diâmetro de colmo, altura e matéria seca da planta de milho.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido entre os meses de abril e junho de 2011 em casa de vegetação. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x3 com 4 repetições. O primeiro fator foi constituído por quatro fontes de SiO₂: cinza de bagaço de cana de açúcar (CBC), torta de filtro (TF), casca de arroz carbonizada (CAC) e silicato de cálcio (SC). O segundo fator por três dosagens: 175, 350 e 700 Kg de SiO₂ ha⁻¹. Em função das diferentes concentrações de SiO₂ nos resíduos agroindustriais, foram adicionadas ao solo quantidades diferentes de cada resíduo: CBC (975, 1.947, 3.902 Kg ha⁻¹), TF (4.518, 9.030, 18.074 Kg ha⁻¹), CAC (1.657, 3.314, 6.628 Kg ha⁻¹). E aplicaram-se as doses de 603, 1.206, 2.412 Kg ha⁻¹ de SC. A cultivar de milho utilizada foi um híbrido simples com o objetivo de minimizar as possíveis variações na absorção de silício Si pelas plantas.

Para a adubação utilizou-se composto orgânico comercial. A quantidade de composto foi calculada para atender às necessidades nutricionais da cultura do milho conforme Raij et al. (1996). As características químicas do composto orgânico foram: 1% de nitrogênio (N); 1% de fósforo (P₂O₅); 2% de cálcio (Ca); 0,5% de magnésio (Mg); 40% de matéria orgânica; 15% de carbono orgânico total; pH 6,5 e 18 de relação C/N e 26,2% de umidade. O total de composto

utilizado para suprir as exigências da cultura foi de 17 t ha⁻¹, ou seja, foram aplicados 217 g de composto por vaso. A umidade do solo nos vasos foi mantida em 70% de sua capacidade de campo (p/p). As plantas de milho foram avaliadas aos 25 dias após a emergência (DAE), estágio de quatro folhas completamente expandidas, e aos 70 DAE, no pendoamento das plantas de milho, quando mais de 50% das plantas apresentavam a inflorescência masculina. Devido ao fato das avaliações terem sido realizadas em duas épocas, cada tratamento teve o número de repetições duplicado, ou seja, quatro vasos por tratamento foram avaliados aos 25 DAE e quatro vasos aos 70 DAE do milho. Avaliaram-se diâmetro de colmo, altura e massa seca das plantas de milho.

O teor de Si solúvel no solo foi determinado conforme metodologia proposta por Kilmer (1965) e Weaver (1968), utilizando extrator de cloreto de cálcio 0,01 mol L⁻¹. A análise de Si total (SiO₂) nos resíduos agroindustriais foi feita por calorimetria, após a extração com ácido clorídrico e ácido fluorídrico, onde os ácidos promovem a digestão do material deixando o silício totalmente solúvel (Fox et al., 1969). O Si do material vegetal foi determinado pelo método proposto por Korndörfer et al. (1999), promovendo a extração do Si por meio de digestão com água oxigenada e hidróxido de sódio em autoclave. Após a formação do complexo BETA-molibdosilicato amarelo foi feita a leitura no espectrofotômetro a 410nm.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas por análise de regressão para os dados quantitativos e pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para os dados qualitativos.

Resultados e Discussão

Efeito dos resíduos agroindustriais e dosagens no diâmetro de colmo, altura e massa seca das plantas de milho

Para o diâmetro de colmo a análise de variância revelou efeito significativo apenas aos 70 DAE (pendoamento do milho). Houve efeito isolado das doses de SiO₂, independente das fontes. Observou-se aumento do diâmetro de colmo entre as doses 175 e 350 kg de SiO₂ ha⁻¹ e posterior redução em maiores doses de SiO₂ (Figura 1). No milho, o colmo não só atua como suporte de folhas e inflorescências, mas principalmente como estrutura destinada ao armazenamento de compostos sólidos solúveis, que serão utilizados posteriormente na formação dos grãos (Wincler, 2006). Daí a importância de internódios bem formados.

No entanto, as análises de variâncias realizadas para altura e massa seca de plantas de milho não foram significativas em nenhuma das épocas de avaliação.

Acúmulo de silício nas folhas das plantas de milho em função de diferentes doses de resíduos agroindustriais com potencial para o fornecimento de silício

As análises de variâncias revelaram efeito significativo do teor de silício nas folhas de milho para as duas épocas de avaliação. Aos 25 DAE (4 folhas expandidas) houve efeito isolado dos resíduos agroindustriais e das dosagens. A casca de arroz carbonizada foi o resíduo que proporcionou o maior acúmulo de Si nas folhas do milho (Tabela 1). E independente do resíduo agroindustrial, observou-se que o teor de Si nas folhas de milho aumentou proporcionalmente com as dosagens (Figura 2).

Na segunda avaliação, aos 70 DAE (pendoamento do milho) houve efeito isolado apenas das fontes utilizadas, independentes das doses. A casca de arroz carbonizada continuou a ser a fonte que proporcionou o maior teor de Si nas folhas de milho (Tabela 1).

Goussain et al. (2002) ao tratarem plantas de milho com 3,2 ml de solução de silicato de sódio [25-28% (p/v) de SiO₂] até os 25 DAE, via solo, encontraram o teor de 1,4% de SiO₂ nas folhas, o que se assemelha com o valor encontrado no tratamento com silicato de cálcio (PA), segundo os mesmos autores, valores semelhantes foram encontrados em diferentes culturas.

Ressalta-se que o tratamento com casca de arroz carbonizada aos 25 DAE, apresentou 2,15% de SiO₂ foliar, levando-nos a acreditar que a disponibilização do ácido silícico de tal tratamento foi muito satisfatório. E ainda segundo Goussain et al. (2002), o aumento do teor de silício nas folhas, pode dificultar a alimentação da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) (J. E. Smith) tornando a planta mais resistente à esta praga, e, conseqüentemente, se tornando uma boa alternativa ao controle desses insetos na cultura do milho sob produção orgânica.

Furlani et al. (1977) ao estudarem o acúmulo de Si em híbridos simples de milho em um Latossolo Vermelho eutrófico, sem realizar adubação silicatada, verificaram o teor de 1,05% de SiO₂ nas folhas, aos 28 DAE. Esse fato pode indicar a eficiência do fornecimento de silício, relativamente em curto prazo da casca de arroz carbonizada, pois aos 25 DAE o tratamento com este resíduo já mostrou maior acúmulo de SiO₂ foliar em relação aos relatados na literatura.

Conclusões

A casca de arroz carbonizada mostrou-se uma boa fonte de silício para a cultura do milho sendo mais eficiente até mesmo do que a fonte mineral, silicato de cálcio. A casca de arroz carbonizada é um resíduo agroindustrial, e, sua utilização como fonte de silício para as culturas pode ser uma alternativa para evitar que esse resíduo volte para a natureza de forma incorreta e com passivos ambientais.

Literatura Citada

CAMARGO, M. S.; PEREIRA, H. S.; KORNDÖRFER, G. H.; QUEIROZ, A. A.; REIS, C. B. Soil reaction and absorption of silicon by rice. *Scientia Agrícola*, 64: p.176-180 , 2007.

DELLA, V. P.; HOTZA, D. Estudo comparativo entre sílica obtida de lixívia ácida de casca-de-arroz e sílica obtida por tratamento térmico da cinza da casca de arroz. *Quim. Nova*. 29. p.75-79, 2006.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 91: 11-17, 1994.

FOX, R. L.; SILVA, J. A.; YOUNGUE, O. R.; PLUCNETT, D. L.; SHERMAN, G. D. Soil and plants silicon and silicate response by sugar cane. *Soil Science Society America Proceeding*, Madison, 31,775-779, 1967.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; NERI, D. K. P. Adubação com silício como fator de resistência à insetos-pragas e promotor de produtividade em cultura de batata inglesa em sistema orgânico. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 33, n. 1, 18-23, jan./fev., 2009.

GOUSSAIN, M. M.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G.; NOGUEIRA, N. L.; ROSSI, M. L. . Efeito da Aplicação de Silício em Plantas de Milho no Desenvolvimento Biológico da Lagartado-Cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*, 31:305-310, 2002.

KILMER, V. J. Silicon. In: BLACK, C.A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p. 959-962.

KORNDÖRFER, G.H. Existe alguma relação entre silício e Plantio Direto? In: PLANTIO DIRETO NO CERRADO, APDC - Associação de Plantio Direto no Cerrado, 4(12) 5, abr/1999.

MADEIROS, L. B; VIEIRA, A. O.; AQUINO, B. F. Micronutrientes e silício nas folhas da cana de açúcar: escória siderúrgica aplicada no solo. *Engenharia Ambiental*, 6, p. 27 – 37, 2009.

POLO, A.; ANDREAUX, F.; CERRI, C.C.& LOBO, M.C. Resíduos orgânicos da agroindústria canavieira: Decomposição biológica sob condições controladas. *STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos*, Piracicaba, v.6, n.3, p.53-56, 1988.

WEAVER, R.M.; SYERS, J.K.; & M.L. JACKSON. Determination of silicon in citrate-bicarbonate-dithionite extracts of soils. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, 32, 497-501, 1968.

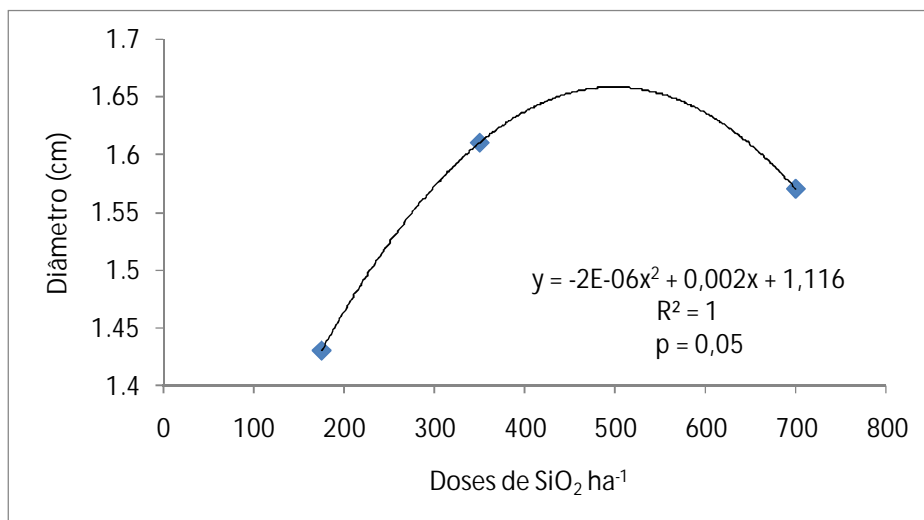


Figura 1: Diâmetro de colmo aos 70 dias após a emergência das plantas de milho em função das doses de SiO₂

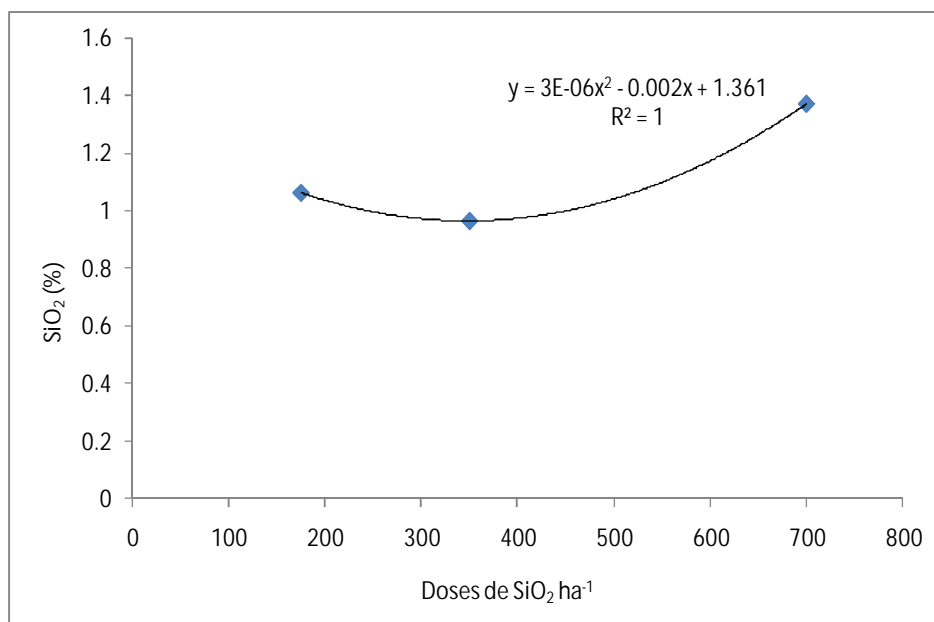


Figura 2: Teor de silício nas folhas de milho em função das doses de SiO₂, aos 25 dias após emergência.

Tabela 1: Médias dos teores de silício nas folhas de milho aos 25 e 70 dias após a emergência (DAE) em função das fontes de SiO₂. Araras, UFSCar, 2011.

Fontes de S	Folha aos 25 DAE	Folha aos 70 DAE
	----- dag kg ⁻¹ -----	
Cinza de bagaço de cana-de-açúcar	0,61 b	2,41 b
Torta de filtro	0,71 b	2,26 b
Casca-de-arroz carbonizada	2,15 a	3,41 a
Silicato de cálcio (PA)	1,05 b	2,15 b
C.V(%)	40	19

¹ Médias seguidas pela mesma letras, na coluna, não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey à 5% de probabilidade.