



Avaliação dos atributos químicos e físicos de solo cultivado com milho (*Zea mays*) utilizando fontes alternativas de potássio

Valter Barbosa dos Santos ⁽¹⁾; Aline Moreno Ferreira dos Santos ⁽¹⁾; Mary Jane Nunes Carvalho ⁽¹⁾; Lorena Frigini Moro Capo ^(2*); Ana Maria Silva de Araújo ⁽³⁾; Altamiro Souza de Lima Ferraz Júnior ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho (UNESP); Jaboticabal, São Paulo, Brasil, 14884-900 (*lorenafmc@gmail.com).

⁽²⁾ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho (UNESP); Ilha Solteira, São Paulo, Brasil, 3743-1000.

⁽³⁾ Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA); São Luís, MA, Brasil, 65055-310.

⁽⁴⁾ Departamento de Química e Biologia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), São Luís, MA, Brasil, 65055-310.

RESUMO: A agricultura orgânica pode ser vista como uma alternativa para diversificar o uso de insumos para a produção de alimentos, as fontes alternativas de potássio são consideradas de grande importância para o setor orgânico que busca distanciar-se dos insumos tradicionais. O presente trabalho, teve como objetivo avaliar os atributos químicos e físicos de um solo cultivado com milho (*Zea mays* L.), sob sistema de produção orgânico com diferentes fontes alternativas de potássio, na presença e ausência de biofertilizante. O experimento foi conduzido em condições de campo, em delineamento experimental em blocos casualizados, com três fontes de potássio: sulfato de potássio, cinza de madeira e pó de marmoraria, aplicados em quatro diferentes doses de K₂O. Foram avaliados atributos físicos e químicos do solo após a colheita do milho. Os resultados obtidos mostraram que a cinza de madeira foi a fonte alternativa de potássio que apresentou os melhores resultados para os parâmetros avaliados.

Termos de indexação: manejo orgânico, fertilidade do solo, biofertilizante.

INTRODUÇÃO

Um componente importante da avaliação da qualidade do solo é a identificação de um conjunto de atributos sensíveis do solo que refletem a capacidade de um solo funcionar e podem ser usados como indicadores da qualidade do solo (BUNEMANN et al., 2018).

Como o manejo geralmente tem apenas efeitos limitados de curto prazo em propriedades inerentes, como textura e mineralogia, outros indicadores, incluindo os biológicos, são necessários a distinção entre atributos inerentes (estáticos) e gerenciáveis

(dinâmicos), no entanto, não é absoluta e também dependente do contexto (SCHWILCH et al., 2016).

Uma das formas de melhorar a qualidade do solo é a adoção de práticas de cultivo orgânico, as quais evitam ou praticamente excluem o uso de fertilizantes e pesticidas sintéticos, procurando substituir insumos adquiridos externamente por aqueles encontrados na propriedade ou próximos (ALTIERI, 2002).

Por tanto, buscou-se avaliar os atributos químicos e físicos de solo cultivado com milho (*Zea mays* L.), sob sistema de produção orgânico com diferentes fontes alternativas de potássio, na presença e ausência de biofertilizante.

MATERIAL E MÉTODOS

O Experimento foi conduzido na empresa Alimentum Ltda., localizado na Estrada de Juçatuba, povoado Andiroba na zona rural de São Luis-Ma (Latitude: 37°39, 69" Sul, Longitude: 44° 11' 15,7" Oeste), entre novembro de 2014 e março de 2015. O clima da região na classificação de Köppen é do tipo Aw', equatorial quente e úmido, com duas estações bem definidas, uma estação chuvosa que se estende de janeiro a junho e, uma estação seca com déficit hídrico acentuado de julho a dezembro.

O solo foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico Arênico (EMBRAPA, 2013). Inicialmente foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0,20 m, para caracterização química do solo.

Tratamentos e amostragens

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições, em esquema fatorial 3x4x2,



constituído por três fontes de potássio: sulfato de potássio, cinza de madeira e pó de marmoraria, estes tratamentos foram aplicados de forma que se obtivesse quatro doses 0, 60, 90, 120, kg.ha⁻¹ de K₂O, na presença e na ausência de biofertilizante.

Cada parcela experimental apresentou uma área de 2,5 m x 2,70 m (6,75 m²) constituída de quatro linhas de plantio espaçadas em 0,90 m entre linhas e 0,25 m entre plantas com densidade populacional de 45.000 plantas ha⁻¹. Na instalação do experimento, todas as parcelas receberam uma dose de P₂O₅ correspondente a 100kg ha⁻¹ utilizando-se o fosfato de cálcio como fonte. A adubação nitrogenada foi feita na forma de composto orgânico.

A semeadura foi realizada de forma manual, foi utilizado o milho híbrido AG 1051. A primeira aplicação do biofertilizante foi realizada 22 dias após a emergência de 100% das plântulas, aplicando-se a dose de 5%, sendo 16 L de biofertilizante para 304L, 0,25L de solução biofertilizante/planta, foram feitas 4 aplicações.

Após a colheita de todos os tratamentos foram coletadas, cinco subamostras por parcela, na profundidade de 0,20 m, para avaliação dos indicadores químicos e físicos do solo. Os atributos físicos avaliados foram, a densidade de partículas determinada pelo método do balão volumétrico, textura do solo, areia fina e areia grossa, areia total, silte, argila e a relação silte/argila. Os atributos químicos avaliados foram o pH do solo e os teores de P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, H+Al³⁺, Na, MO segundo metodologia do RAIJ et al. (2001), além de calculadas a capacidade de troca de cátions a pH 7 (CTC), SB e a saturação por bases (V%).

Análise estatística

Todas as determinações foram feitas em triplicatas e os resultados expressos com base no solo seco. Os dados foram submetidos à análise de variância e feitas comparações das médias pelo Teste de Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de carbono e de matéria orgânica seguiram o mesmo comportamento, nos tratamentos com sulfato de potássio e cinza de madeira os teores encontrados foram mais elevados e não houve diferença estatística entre si (**Tabela 1**).

A matéria orgânica desempenha efeitos positivos sobre a estrutura do solo, pois o aumento do seu conteúdo também potencializa a atividade

biológica, contribuindo para uma maior estabilidade dos agregados. (ZHU et al., 2016).

Os valores de pH foram semelhantes entre os tratamentos com sulfato de potássio e o pó de marmoraria, e o maior valor foi obtido para tratamento que usou a cinza de madeira (**Tabela 1**). A adição cinza de vegetal proporciona uma grande elevação no pH, este fato, associado a total neutralização do H+Al, indica o grande potencial corretivo deste material, bem como a possibilidade de sua utilização na agricultura. (TERRA et al., 2014)

Os teores de fósforo foram elevados em todos os tratamentos (**Tabela 1**). O tratamento pó de marmoraria diferiu estaticamente dos tratamentos cinza de madeira e sulfato de potássio.

A dinâmica do fósforo no solo está associada a fatores ambientais que controlam a atividade dos microrganismos, os quais imobilizam ou liberam os íons ortofosfato, e às propriedades físico-químicas e mineralógicas do solo. (RHEINHEIMER et al., 2008)

Os teores de K, foram altos para todos os tratamentos na seguinte ordem sulfato de potássio (4.7 mmolc.dm⁻³), seguido dos tratamentos com cinza de madeira (4.0 mmolc.dm⁻³) e pó de marmoraria (2.5 mmolc.dm⁻³), (**Tabela 1**). Não houve diferença significativa entre sulfato de potássio e a cinza de madeira, que diferiram do pó de marmoraria.

Para De Sousa et al (2018), no manejo da adubação é fundamental considerar, de forma especial, os nutrientes com maior mobilidade no perfil, como é o caso do nitrogênio e potássio, os quais são altamente efêmeros nos solos tropicais, em virtude da fraca adsorção de amônio (NH₄) e de K e da não adsorção do nitrato.

Para o Na, os teores obtidos para todos os tratamentos foram altos havendo diferença entre os tratamentos. O maior teor foi encontrado para o tratamento com a cinza de madeira que diferiu do pó de marmoraria. O tratamento com sulfato de potássio não diferiu estatisticamente dos demais (**Tabela 1**).

Os maiores teores de cálcio foram encontrados para o tratamento constituído pela cinza de madeira, não diferindo do tratamento pó de marmoraria, porém ambos diferiram do tratamento com sulfato de potássio (**Tabela 1**). Para os teores de magnésio os valores obtidos foram altos, mas não houve diferença significativa entre os tratamentos, os teores mais elevados foram encontrados para o tratamento com cinza de madeira (**Tabela 1**).

Da Silva et al.,(2013) observaram que com a adição de cinza de biomassa florestal, houve aumento nos teores de Ca, Mg, K, P e da CTC efetiva, os teores de Mg no solo aumentaram de 1,2 cmolc kg⁻¹ na testemunha, para 1,3 cmolc kg⁻¹ na dose de 50%e 1,4 cmolc kg⁻¹ na dose de 100%.



A análise de variância para Alumínio apresentou elevado coeficiente de variação (616,16%) e de maneira geral não houve diferença estatística para o esse elemento (**Tabela 2**). Para o H+Al, os maiores valores foram observados para o tratamento com sulfato de potássio que diferiu estatisticamente quando comparado com os demais tratamentos (**Tabela 2**).

A saturação por bases foi considerada alta em todos os tratamentos (**Tabela 2**), variando de 59% no tratamento com sulfato de potássio a 70% no tratamento com cinza de madeira. Houve diferença significativa entre o tratamento com sulfato de potássio e a cinza de madeira e o pó de marmoraria que não diferiram entre si.

O valor mais elevado da CTC foi encontrado no tratamento com cinza de madeira, porém os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si (**Tabela 2**).

Os atributos físicos analisados, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos constituídos pelas fontes de potássio para densidade de partícula (D.P), areia fina (AF), Silte (SIL), argila (ARG) e para relação silte/argila (SIL/ARG), apenas o teor de areia grossa (AG%) e areia total (AT%) para o tratamento com pó de mármore que diferiu estatisticamente do sulfato de potássio (**Tabela 3**). As diferenças observadas nos atributos granulométricos, podem ser atribuídas à variação entre as áreas amostradas. A densidade da partícula foi estatisticamente semelhante para todos os tratamentos (**Tabela 3**).

Atributos físicos do solo podem sofrer alterações pelas práticas de manejo e pela aplicação de dejetos de animais, destacando-se a densidade, o arranjo e o volume dos poros (COMIN et al., 2013).

CONCLUSÕES

A cinza de madeira foi a fonte alternativa de potássio que apresentou os melhores resultados para os atributos avaliados, demonstrando que apresenta grande potencial para ser utilizado no manejo orgânico em solos de baixa fertilidade natural de forma econômica.

O uso do biofertilizante não apresentou efeito significativo nas características físicas e químicas do solo. Porém notou-se uma redução no ataque de

pragas e doenças durante o cultivo atribuindo assim ao biofertilizante função protetora.

REFERÊNCIAS

- ALTIERI M, Agroecologia: Bases científicas para a agricultura sustentável. Guaíba: Agropecuária, 2002,592p.
- BÜNEMANN, ELSE K. et al. Soil quality—A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 120, p. 105-125, 2018.
- COMIN J J, LOSS A VEIGA, M, GUARDINI R, SCHMITT D E, OLIVEIRA P A V, BELLI FILHO P, COUTO R DA R., BENEDET L, MULLER JÚNIOR V, BRUNETTO G, Physical properties and organic carbon content of a Typic Hapludult soil fertilised with pig slurry and pig litter in a no-tillage system. *Soil Research*, 2013, v.51, p.459-470.
- DA SILVA, F R et al. Use of ash forest biomass combustion as acidity correction and fertility of an Humic Cambisol. *Journal of Agroveterinary Sciences*, 2013.
- DE SOUSA, R. M., FURTADO, M. B., DE ARAÚJO, D. R., DE OLIVEIRA, C. D. M. B., & DOS SANTOS CASTRO, R. Eficiência no uso dos nutrientes em solos tropicais propensos à coesão: alternativas de manejo. *Acta tecnológica*, 2018.
- EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos / Humberto Gonçalves dos Santos. [et al.]. – 3 eds. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.
- RAIJ, B VAN et al. (2001) Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 285p.
- RHEINHEIMER, D S, GATIBONI, L C, KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. *Ciência Rural*, 2008.
- SCHWILCH, GUDRUN et al. Operationalizing ecosystem services for the mitigation of soil threats: A proposed framework. *Ecological indicators*, 2016 v. 67, p. 586-597.
- TERRA, M A et al. Cinza vegetal na germinação e no desenvolvimento da alface. *Revista Agrogeoambiental*, 2014, v. 6, n. 1.
- ZHU, Z., ANGERS, D. A., FIELD, D. J., & MINASNY, B. Using ultrasonic energy to elucidate the effects of decomposing plant residues on soil aggregation. *Soil and Tillage Research*, 2017.



Tabela 1: Teores médios de Carbono -Orgânico (C), Matéria orgânica (MO), pH em CaCl₂, Fosforo disponível (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Sódio (Na) trocáveis das amostras de solo coletadas na profundidade de 0-20 cm, de um solo cultivado com milho sob sistema de produção orgânica com diferentes fontes de potássio com e sem biofertilizante.

Fonte	C	MO	pH	P	K	Na	Ca	Mg
g.kg ⁻¹		CaCl ₂	mg.dm ⁻³mmolc.dm ⁻³			
Sulfato de potássio	14 a	24 a	4.7 b	363 b	4.7 a	6.5 ab	27.1 b	13.8 a
Cinza de madeira	13 a	23 a	5.3 a	464 b	4.0 a	7.9 a	36.1 a	15.0a
Pó de mármore	3 b	4 b	4.8 b	690 a	2.5 b	5.8 b	35.1 a	14.7a
CV %	48.96	48.96	8.31	29,88	32,5	27,05	22,05	23,13
Dms	3,68	6,34	0,31	116	0,94	1,41	5,55	6,47

Médias com letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si a nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2: Médias dos valores de Alumínio (Al); hidrogênio + alumínio (H+Al), Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e Saturação por Bases (V%) das amostras de solo coletadas na profundidade de 0-20 cm, de um solo cultivado com milho sob sistema de produção orgânica com diferentes fontes de potássio com e sem biofertilizante.

Fonte	Al	H+Al	SB	CTC	V
mmolc.dm ⁻³				%
Sulfato de potássio	0,11 a	35.33 a	52.2 b	87.59 a	59 b
Cinza de madeira	0,00 a	27.19 b	63.1 a	90.39 a	70 a
Pó de mármore	0,31 a	29.57 b	58.3 ab	87.87 a	66 a
CV %	616.91		20.37	14.11	11.56
Dms	0,66		9,04	9,59	5,78

Médias com letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si a nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3: Médias dos valores de densidade de partículas (D.P), porcentagem de areia grossa (AG%), porcentagem de areia fina (AF%), porcentagem de silte (SIL%), porcentagem de argila (ARG%), porcentagem de areia total (AT%) e relação silte/argila (SIL/ARG), em amostras de solo retiradas da profundidade de 0-20 cm de um solo cultivado com milho sob sistema de produção orgânica com diferentes fontes de potássio com e sem biofertilizante.

FONTE	Densidade das Partículas	ANÁLISE GRANULOMETRICA					SIL/ARG
		Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	Silte	Argila	
	g.cm ⁻³g.kg ⁻¹					
Sulfato de potássio	2.5 a	174 b	562 a	736 b	140 a	124 a	1.12 a
Cinza de madeira	2.5 a	196 ab	563 a	759 ab	122 a	119 a	1.02 a
Pó de mármore	2.5 a	217 a	551 a	768 a	118 a	114 a	1.03a

Médias com letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey entre si a nível de 5% de probabilidade.