

# CRESCIMENTO DE PLANTAS DE MILHO PELA ADIÇÃO DE VERMICOMPOSTO ENRIQUECIDO OU NÃO COM FOSFATOS E COM GESSO<sup>1</sup>

Victor Hugo Alvarez V.<sup>2</sup>

Hugo Alberto Ruiz<sup>2</sup>

Carlos Augusto de S. Martins Filho<sup>3</sup>

André Guarçoni M.<sup>4</sup>

Donizetti Tomaz Rodrigues<sup>5</sup>

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi comparar, no crescimento de plantas de milho, a eficiência da vermicompostagem, quando o esterco de curral é enriquecido, ou não, com fosfato de Araxá e com gesso, da aplicação dos vermicompostos em forma localizada e distribuída no solo, e da adição, ou não, de fosfatos solúveis ao esterco de curral e aos vermicompostos. Para tanto, instalou-se um experimento em casa de vegetação, num Latossolo Vermelho-Amarelo (mostrado de 20-50 cm), utilizando-se esquema fatorial  $2(2^2 + 2) + 2(2(1 + 2))$ , sendo: dois resíduos orgânicos (esterco de curral (EC) e vermicomposto (VC)) combinados com ( $2^2$ , presença e ausência de fosfato de Araxá (FA) e de gesso (GS) + dois fosfatos solúveis (superfosfato simples (SS) e superfosfato triplo (ST)), adicionados a 10% do solo do vaso + duas formas de aplicação, a 10 e a 100% do solo do vaso (dois vermicompostos (VC e VCFG - esterco de curral curtido enriquecido com fosfato de Araxá e gesso e submetido à vermicompostagem) e combinados com (1, sem adição de P + 2, com adição de P em solução e como ST)). Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída por vaso com 5 dm<sup>3</sup> de solo e seis plantas de milho. Foram determinados o peso da matéria seca da parte aérea das plantas de milho, os teores de P, K, Ca e Mg na parte aérea e, no solo, os teores de P disponível por Mehlich-1 e de C orgânico, sendo os

---

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 27.05.2004.

<sup>2</sup> Professores do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, Bolsistas do CNPq.

<sup>3</sup> Técnico de Nível Superior da Universidade Federal de São Carlos.

<sup>4</sup> Estudante de Doutorado (Solos e Nutrição de Plantas) da Universidade Federal de Viçosa, Bolsista do CNPq.

<sup>5</sup> Estudante de Graduação (Agronomia) da Universidade Federal de Viçosa, Bolsista do CNPq.

efeitos de tratamentos desdobrados em graus individuais de liberdade, mediante a utilização de contrastes ortogonais. A simples vermicompostagem do esterco de curral não resultou em um resíduo orgânico de melhor qualidade fertilizante. Porém, a adição de FA e de GS, no processo de vermicompostagem do esterco de curral proporcionou um resíduo orgânico com qualidade fertilizante pouco melhor. A adição de FA e de GS aos resíduos orgânicos não melhorou nenhuma característica avaliada, já a adição de SS ou ST aos resíduos orgânicos aumentou a produção de matéria seca e a absorção de P pelas plantas de milho. A aplicação dos resíduos orgânicos e do P em formas solúveis, de forma localizada, aumentou a produção de matéria seca e a absorção de P pelas plantas de milho. Os resíduos orgânicos não suprem eficientemente de P as plantas de milho.

Palavras-chave: esterco de curral, fosfato de Araxá, superfosfato simples, superfosfato triplo, localização.

## ABSTRACT

### MAIZE PLANT GROWTH AFTER ADDITION OF COMPOST ENRICHED WITH PHOSPHATE AND GYPSIUM

The objective of this work was to compare the efficiency of compost fertilization applied with on maize plant growth cattle manure enriched or not with Araxá phosphate, the effect of localized and whole area compost application and the growth of maize plants with and without soluble phosphate added to the manure and to the compost. A greenhouse experiment was set up a Red-Yellow Latosol (collected at 20-50 cm depth), in a  $2(2^2 + 2) + (2(2(1+2)))$  factorial scheme with: 2 organic residues (cattle manure (CM) and compost (C) combined with  $2^2$ , with and without Araxá phosphate (AP) and gypsum (G) + 2 soluble phosphates (simple superphosphate (SS) and triple superphosphate (TS) equivalent to 10% of the soil volume + 2 (types application, 10 and 100% of the soil (2 composts(C and CPG- cattle manure previously enriched with Araxá phosphate and gypsum, and submitted to composting) combined with (1, without P + 2, with addition of P in solution and as TS)). The treatments were distributed in a randomized block design with four repetitions. The experimental units consisted of pots with 5 dm<sup>3</sup> of soil and 6 maize plants. The dry matter content of the aerial parts of the maize plants, the content of P, K, Ca and Mg in the aerial parts of the plants and in the soil, the levels of available P (Mehlich-1) and soil organic C were determined. The effects of the treatments were grouped into individual degrees of freedom, with the utilization of orthogonal contrasts. The simple composting of cattle manure did not the improvement of improve the fertilization capacity of the organic residue. However, the addition of AP and G to the manure during the process of composting improved the fertilization capacity of the organic residue. The addition of AP and G to the organic residues did not show any improvement of the evaluated characteristics. On the other hand, the addition of SS or TP to the organic residues increased dry matter production and the P absorption by maize plants. The localized application of organic residues and soluble P forms caused an increase in the dry matter production and P absorption by maize plants. The organic residues do not supply P to maize plants efficiently.

Key words: cattle manure, Araxá phosphate, simple superphosphate, triple superphosphate, localization.

## INTRODUÇÃO

Os resíduos orgânicos de uma propriedade rural mal restituem as perdas de nutrientes e, em geral, são mal utilizados. Incorporados ou não,

eles melhoram as características físicas, químicas e microbiológicas dos solos ao longo do tempo (9, 10, 13), aumentando sua capacidade produtiva. Uma forma de melhorar a eficiência dos resíduos orgânicos seria sua transformação pela vermicompostagem e, outra, enriquecer os resíduos que serão vermicompostados com adubos como o fosfato de Araxá e o gesso.

A vermicompostagem é o processo pelo qual as minhocas ingerem um resíduo orgânico (o esterco de curral é o mais usado) misturado com palha e liberam outro resíduo orgânico modificado pelo seu trato digestivo, o vermicomposto. Para Longo (8), com o uso do vermicomposto, seria possível substituir, em muitos casos, mais de 80% dos adubos químicos, que constituem importante fator de limitação da atividade agrícola.

Os resíduos orgânicos têm papel relevante na disponibilidade de fósforo. Alguns autores consideram que a matéria orgânica é capaz de adsorver íons fosfatos. Dentre eles, Novais & Smyth (12) e Stevenson (18) relatam que o P aplicado na forma inorgânica ( $P_i$ ) é adsorvido a compostos orgânicos, por meio de troca de ligantes, dando origem às formas orgânicas de P ( $P_o$ ) presentes no solo em formas como ortofosfato de monoésteres ( $R-O-PO_3$ , fosfatos de inositol) e ortofosfato de diésteres ( $R-O-PO_2-O-R'$  ácidos nucleicos, fosfolipídios). Como as plantas absorvem apenas o P na forma mineral, a formação de  $P_o$  pode diminuir a disponibilidade de P para as plantas a curto prazo, devido à contínua decomposição dos compostos orgânicos. Desta forma, a formação de  $P_o$ , por ser reversível, é mais desejável para a nutrição de plantas do que a fixação de P pelo solo.

Outros trabalhos relatam, no entanto, que a matéria orgânica tem a capacidade de diminuir a adsorção/precipitação de P pelo solo, aumentando a disponibilidade deste nutriente para as plantas (4, 7, 11, 16, 17, 19).

O objetivo deste estudo foi comparar, no crescimento de plantas de milho, a eficiência da vermicompostagem, quando o esterco de curral é enriquecido, ou não, com fosfato de Araxá e com gesso; da aplicação dos vermicompostos em forma localizada e distribuída no solo; e da adição, ou não, de fosfatos solúveis ao esterco de curral e aos vermicompostos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado em casa de vegetação na Universidade Federal de Viçosa, utilizando-se amostra subsuperficial de um Latossolo Vermelho-Amarelo da região de Viçosa-MG (20-50 cm) (Quadro 1), que foi corrigida com calcário (4:1 mols de Ca:Mg) na dose de 0,75 da necessidade de calagem (1).

Foram utilizados no ensaio três resíduos orgânicos: esterco de curral curtido (EC), esterco de curral curtido e submetido a vermicompostagem (VC) e esterco de curral curtido enriquecido com fosfato de Araxá (FA) e gesso

(GS) e submetido a vermicompostagem (VCFG) (Quadro 2). Ao EC e ao VC foram adicionados FA, GS ou FA+GS ou superfosfato simples (SS) ou superfosfato triplo (ST). Aos vermicompostos (VC e VCFG) foi adicionado P na forma de solução ou como superfosfato triplo (ST). Os vermicompostos foram aplicados a 10 e a 100% do volume de solo do vaso.

QUADRO 1 – Características químicas e físicas do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado no ensaio										
pH <sup>1/</sup>	C org <sup>2/</sup>	P <sup>3/</sup>	K <sup>3/</sup>	Al <sup>3+4/</sup>	Ca <sup>2+4/</sup>	Mg <sup>2+4/</sup>	SB	H + Al <sup>5/</sup>	CTCef.	CTC
	dag/kg	-mg/dm <sup>3</sup>		-----			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----			
4,2	1,44	0,9	9	0,8	0,2	0,0	0,22	4,2	1,02	4,42
V	Areia grossa	Areia fina	Silte		Argila		Clas. Text.	CC	d.s.	
	----- % -----						kg/kg	kg/dm <sup>3</sup>		
5,0	13	16	5		66		Muito Arg.	0,32	1,08	
<sup>1/</sup> 1;2,5 (6). <sup>2/</sup> Carbono orgânico, oxidação com dicromato de potássio, Walkley-Black; Jackson, 1958, citado por Defelipo e Ribeiro (6). <sup>3/</sup> Mehlich-1 (6). <sup>4/</sup> KCL 1,0 mol/L (6). <sup>5/</sup> Extrator Ca(OAc) <sub>2</sub> 0,5 mol/L pH 7,0 (6).										

QUADRO 2 – Características químicas do esterco de curral curtido (EC), do esterco de curral curtido e submetido a vermicompostagem (VC) e do esterco de curral curtido enriquecido com fosfato de Araxá e gesso e submetido a vermicompostagem (VCFG)							
Res. Org.	MS	densidade	pH (H <sub>2</sub> O)	C	N	P	S
	dag/kg	kg/dm <sup>3</sup>		----- dag/kg -----			
EC	37,17	0,35	9,3	36,2	2,22	0,64	0,61
VC	24,16	0,70	6,8	25,5	2,10	0,65	0,48
VCFG	36,21	0,70	6,5	24,9	2,12	1,38	1,09
Res. org.	K		Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
	----- dag/kg -----			----- mg/dm <sup>3</sup> -----			
EC	2,21	0,89	0,54	10,00	416	138	
VC	1,04	1,27	0,97	12,81	325	308	
VCFG	0,73	2,51	0,74	13,95	535	150	

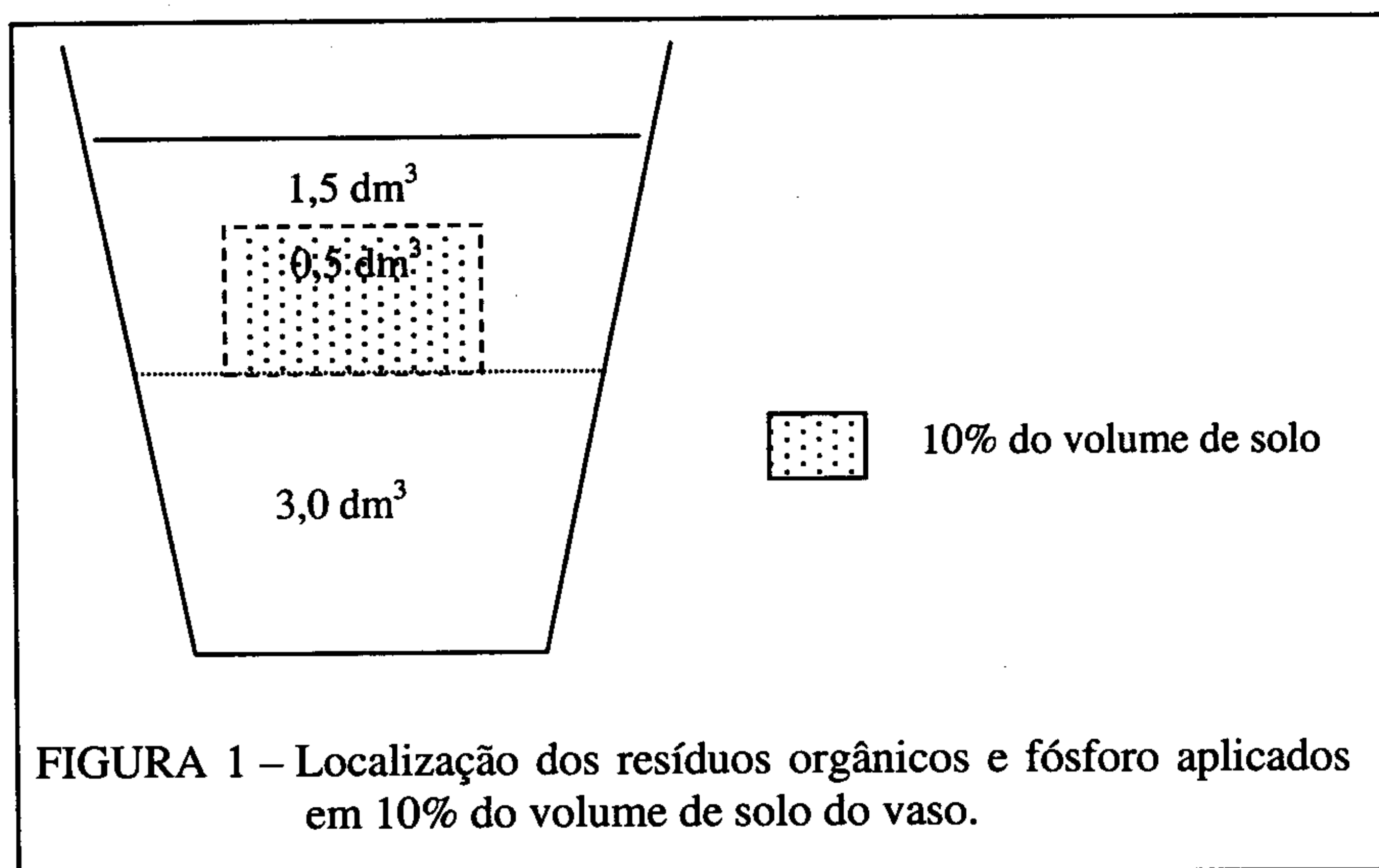
Os fatores em estudo foram combinados de acordo com o fatorial 2 (2<sup>2</sup> + 2) + 2 (2 (1 + 2)), em que dois resíduos orgânicos (EC e VC) combinados com (2<sup>2</sup>, presença e ausência de FA e de GS + dois fosfatos solúveis (SS e ST), na quantidade equivalente à presente no VCFG) e adicionados a 10% do solo do vaso + 2 formas de localização, a 10 e a 100% do volume do vaso (dois vermicompostos (VC e VCFG)

combinados com (um, sem adição de P + dois, com adição de P em solução ou como ST)).

Os 24 tratamentos foram distribuídos em blocos ao acaso, com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída por vaso com 5 dm<sup>3</sup> de solo e seis plantas de milho.

O vermicomposto foi produzido em uma fazenda produtora de café de Manhumirim-MG, e o esterco de curral na UFV.

Nos tratamentos em que os resíduos orgânicos e o P foram aplicados de forma localizada, os resíduos, os adubos e, ou, as soluções de P foram misturados com 10% do volume de solo do vaso (Figura 1).



Após 40 dias da emergência, a parte aérea das plantas foi colhida e seca a 70 °C em estufa de ventilação forçada. A matéria seca foi pesada e moída, sendo posteriormente mineralizada via úmida com mistura nítrico-perclórica. Foram determinados os teores de P por colorimetria, K por fotometria de emissão em chama e Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica, na parte aérea das plantas de milho. Foi também observado o crescimento do sistema radicular e amostrado o solo da metade superior dos vasos para determinação dos teores de C orgânico (método de Walkley e Black) e P disponível pelo extrator Mehlich-1 (6).

Com os dados, foram realizadas as análises de variância, desdobrando os efeitos de tratamentos em graus individuais de liberdade, mediante a utilização de contrastes ortogonais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A simples vermicompostagem do esterco de curral (EC), que resultou no resíduo orgânico vermicomposto (VC), foi uma prática que não gerou melhoria substancial na qualidade fertilizante do EC, uma vez que não houve

diferença na produção de matéria seca, e apenas os teores de Ca e Mg na parte aérea foram maiores com a aplicação do VC (Quadros 3, 4, 5 e 6). Este resultado difere do de Ricci (14), que observou maiores produções de matéria seca de plantas de milho ao aplicar-se o VC, em relação a um composto tradicional (esterco bovino + palha de capim).

**QUADRO 3 - Produção de matéria seca da parte aérea de plantas de milho, carbono orgânico e fósforo disponível (Mehlich 1), em função do enriquecimento do esterco de curral e do vermicomposto com FA, GS, SS e ST, da adição de fósforo em solução e de ST a vermicompostos e da sua localização num Latossolo Vermelho-Amarelo de Viçosa-MG**

Tratamento								
Nº	Res. Org.	Dose	Adubo	Dose (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ou S)	Loc	Mat. Seca	C org.	P disp.
		m <sup>3</sup> /ha		kg/ha	%	g/vaso	dag/kg	mg/dm <sup>3</sup>
1	EC	40	-	0	10	5,37	1,15	1,30
2	EC	40	FA	60	10	5,92	1,15	7,13
3	EC	40	GS	40 <sup>1/</sup>	10	6,21	1,18	0,73
4	EC	40	FA+GS	60+40 <sup>1/</sup>	10	6,56	1,15	7,80
5	EC	40	SS	60	10	10,71	1,16	2,98
6	EC	40	ST	60	10	11,32	1,15	3,33
		$\bar{Y}$				<b>7,68</b>	<b>1,16</b>	<b>3,88</b>
7	VC	20	-	0	10	5,14	1,15	0,63
8	VC	20	FA	60	10	5,98	1,12	6,33
9	VC	20	GS	40 <sup>1/</sup>	10	6,33	1,17	0,68
10	VC	20	FA+GS	60+40 <sup>1/</sup>	10	6,15	1,16	5,85
11	VC	20	SS	60	10	10,80	1,19	2,65
12	VC	20	ST	60	10	11,06	1,19	3,53
		$\bar{Y}$				<b>7,58</b>	<b>1,16</b>	<b>3,28</b>
13	VC	20	P <sub>0</sub>	0	10	5,20	1,04	0,65
14	VC	20	P sol	120	10	18,30	1,24	5,65
15	VC	20	ST	60	10	11,06	1,19	3,53
16	VCFG	20	P <sub>0</sub>	0	10	5,64	1,10	3,53
17	VCFG	20	P sol	120	10	19,80	1,35	6,25
18	VCFG	20	ST	60	10	11,97	1,15	5,60
		$\bar{Y}$				<b>12,00</b>	<b>1,18</b>	<b>4,20</b>
19	VC	20	P <sub>0</sub>	0	100	4,54	1,17	0,25
20	VC	20	P sol	120	100	6,56	1,13	1,70
21	VC	20	ST	60	100	5,37	1,15	1,45
22	VCFG	20	P <sub>0</sub>	0	100	5,31	1,18	1,73
23	VCFG	20	P sol	120	100	7,19	1,18	3,83
24	VCFG	20	ST	60	100	6,06	1,18	2,45
		$\bar{Y}$				<b>5,84</b>	<b>1,17</b>	<b>1,90</b>

1/ Gesso na dose de 40 kg/ha de S.

EC = esterco de curral; VC = esterco de curral submetido a vermicompostagem; VCFG = esterco de curral enriquecido FA e GS e submetido a vermicompostagem; SS = superfosfato simples; ST = superfosfato triplo; P<sub>0</sub> = sem fósforo; P sol = P adicionado em solução

**QUADRO 4 - Análise de variância da produção de matéria seca da parte aérea das plantas de milho, do carbono orgânico e do fósforo disponível (Mehlich 1), em função do enriquecimento do esterco de curral e do vermicomposto com FA, GS, SS e ST, da adição de fósforo em solução e de ST a vermicompostos e da sua localização num Latossolo Vermelho-Amarelo de Viçosa-MG**

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		MS	C. org.	P disp.
Blocos	3	1,124	0,003	0,664
F1 vs F2	1	39,797**	0,003	6,615**
EC vs VC d/10 %	1	0,135	0,001	4,320**
P solúvel vs FA e GS d/EC d/10 %	1	133,400**	0,000	6,308**
SS vs ST d/EC d/10 %	1	0,738	0,000	0,245
FA d/EC d/10 %	1	0,801	0,000	166,410**
GS d/EC d/10 %	1	2,205	0,001	0,010
FA x GS d/EC d/10 %	1	0,036	0,001	1,563 <sup>0</sup>
P solúvel vs FA e GS d/VC d/10 %	1	134,905**	0,008	0,422
SS vs ST d/VC d/10 %	1	0,128	0,000	1,531 <sup>0</sup>
FA d/VC d/10 %	1	0,432	0,001	118,266**
GS d/VC d/10 %	1	1,843	0,003	0,181
FA x GS d/VC d/10 %	1	1,066	0,000	0,276
10 vs 100 % com VC e VCFG	1	455,717**	0,002	63,480**
VC vs VCFG d/10 %	1	5,597*	0,012	20,535**
P <sub>0</sub> vs P d/VC d/10 %	1	239,654**	0,079**	41,344**
P sol vs ST d/VC d/10 %	1	104,835**	0,005	9,031**
P <sub>0</sub> vs P d/VCFG d/10 %	1	281,193**	0,063**	15,360**
P sol vs ST d/VCFG d/10 %	1	124,110**	0,082**	0,845
VC vs VCFG d/100 %	1	2,933 <sup>0</sup>	0,006	14,107**
P <sub>0</sub> vs P d/VC d/100 %	1	5,396*	0,003	4,682**
P sol vs ST d/VC d/100 %	1	2,832 <sup>0</sup>	0,001	0,125
P <sub>0</sub> vs P d/VCFG d/100 %	1	4,646*	0,000	5,320**
P sol vs ST d/VCFG d/100 %	1	2,531	0,000	3,781**
Resíduo	69	0,930	0,0056	0,459
CV (%)		11,654	6,441	20,442

F<sub>1</sub> = primeira parte do fatorial (T<sub>1</sub> até T<sub>12</sub>); F<sub>2</sub> = segunda parte do fatorial (T<sub>13</sub> até T<sub>24</sub>) EC = esterco de curral; VC = esterco de curral submetido a vermicompostagem; 10% = aplicação em 10 % do volume do vaso; P solúvel = SS e ST; FA = fosfato de Araxá; GS = gesso; 100% = aplicação em 100% do volume do vaso; VCFG = Esterco de curral enriquecido com FA e GS e submetido a vermicompostagem; P<sub>0</sub> = Sem adição de P; P = com adição de P; P sol = fósforo aplicado em solução; <sup>0</sup>, \*, \*\* = Significativos a 10, 5 e 1% de probabilidades

**QUADRO 5 - Teores de P, K, Ca e Mg na parte aérea das plantas de milho, em função do enriquecimento do esterco de curral e do vermicomposto com FA, GS, SS e ST, da adição de fósforo em solução e de ST a vermicompostos e da sua localização num Latossolo Vermelho-Amarelo de Viçosa-MG**

Tratamentos									
Nº	Res. Org.	Dose	Adubo	Dose (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ou S)	Loc	P	K	Ca	Mg
		m <sup>3</sup> /ha		kg/ha	%	----- dag/kg -----			
1	EC	40	-	0	10	0,08	3,03	0,93	0,39
2	EC	40	FA	60	10	0,08	3,54	0,84	0,35
3	EC	40	GS	40 <sup>1/</sup>	10	0,07	3,47	0,86	0,35
4	EC	40	FA+GS	60+40 <sup>1/</sup>	10	0,09	3,37	0,89	0,36
5	EC	40	SS	60	10	0,11	2,89	0,74	0,32
6	EC	40	ST	60	10	0,09	2,78	0,73	0,33
$\bar{Y}$						<b>0,09</b>	<b>3,18</b>	<b>0,83</b>	<b>0,35</b>
7	VC	20	-	0	10	0,08	2,67	1,01	0,41
8	VC	20	FA	60	10	0,08	3,18	0,97	0,42
9	VC	20	GS	40 <sup>1/</sup>	10	0,08	3,00	1,04	0,40
10	VC	20	FA+GS	60+40 <sup>1/</sup>	10	0,08	2,74	0,97	0,40
11	VC	20	SS	60	10	0,09	2,01	0,83	0,39
12	VC	20	ST	60	10	0,10	2,17	0,80	0,38
$\bar{Y}$						<b>0,09</b>	<b>2,63</b>	<b>0,94</b>	<b>0,40</b>
13	VC	20	P <sub>0</sub>	0	10	0,08	2,62	0,97	0,46
14	VC	20	P sol	120	10	0,17	1,51	0,67	0,44
15	VC	20	ST	60	10	0,10	2,17	0,80	0,38
16	VCFG	20	P <sub>0</sub>	0	10	0,09	2,54	0,88	0,40
17	VCFG	20	P sol	120	10	0,16	1,37	0,56	0,38
18	VCFG	20	ST	60	10	0,10	1,91	0,80	0,40
$\bar{Y}$						<b>0,12</b>	<b>2,02</b>	<b>0,78</b>	<b>0,41</b>
19	VC	20	P <sub>0</sub>	0	100	0,07	3,09	1,00	0,42
20	VC	20	P sol	120	100	0,09	2,50	0,97	0,40
21	VC	20	ST	60	100	0,11	2,75	0,91	0,38
22	VCFG	20	P <sub>0</sub>	0	100	0,08	2,88	1,00	0,37
23	VCFG	20	P sol	120	100	0,10	2,94	1,02	0,41
24	VCFG	20	ST	60	100	0,09	3,20	0,97	0,39
$\bar{Y}$						<b>0,09</b>	<b>2,89</b>	<b>0,98</b>	<b>0,40</b>

1/ Gesso na dose de 40 kg/ha de S.

EC = esterco de curral; VC = esterco de curral submetido a vermicompostagem; VCFG = esterco de curral enriquecido com FA e GS e submetido à vermicompostagem; SS = superfosfato simples; ST = superfosfato triplo; P<sub>0</sub> = sem fósforo; P sol = P adicionado em solução



**QUADRO 6 – Análise de variância dos teores de P, K, Ca e Mg na parte aérea das plantas de milho, em função do enriquecimento do esterco de curral e do vermicomposto com FA, GS, SS e ST, da adição de fósforo em solução e de ST a vermicompostos e da sua localização num Latossolo Vermelho-Amarelo de Viçosa-MG**

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		P	K	Ca	Mg
Blocos	3	0,0025**	1,9750**	1,5090**	0,0300**
F1 vs F2	1	0,0060**	4,8017**	0,0008	0,0161**
EC vs VC d/10 %	1	0,0000	3,6410**	0,1297**	0,0286**
P solúvel vs FA e GS d/EC d/10	1	0,0021**	1,4145*	0,1128**	0,0094*
SS vs ST d/EC d/10 %	1	0,0003	0,0276	0,0005	0,0001
Ef. FA d/EC d/10 %	1	0,0002	0,1681	0,0033	0,0012
Ef. GS d/EC d/10 %	1	0,0000	0,0729	0,0002	0,0009
FA x GS d/EC d/10 %	1	0,0004	0,3782	0,0123	0,0020
P solúvel vs FA e GS d/VC d/10	1	0,0009*	3,4508**	0,1762**	0,0027
SS vs ST d/VC d/10 %	1	0,0000	0,0512	0,0019	0,0005
Ef. FA d/VC d/10 %	1	0,0000	0,0663	0,0118	0,0001
Ef. GS d/VC d/10 %	1	0,0000	0,0138	0,0003	0,0014
FA x GS d/VC d/10 %	1	0,0000	0,6045	0,0008	0,0000
10 vs 100 % com VC e VCFG	1	0,0087**	9,1438**	0,4691**	0,0027
VC vs VCFG d/10 %	1	0,0000	0,1584	0,0274 <sup>0</sup>	0,0069*
P <sub>0</sub> vs P d/VC d/10 %	1	0,0066**	1,6120*	0,1490**	0,0078*
P sol vs ST d/VC d/10 %	1	0,0111**	0,8712 <sup>0</sup>	0,0339 <sup>0</sup>	0,0076*
P <sub>0</sub> vs P d/VCFG d/10 %	1	0,0049**	2,1660**	0,1005**	0,0003
P sol vs ST d/VCFG d/10 %	1	0,0090**	0,5778	0,1116**	0,0004
VC vs VCFG d/100 %	1	0,0000	0,3128	0,0067	0,0003
P <sub>0</sub> vs P d/VC d/100 %	1	0,0017**	0,5797	0,0093	0,0021
P sol vs ST d/VC d/100 %	1	0,0014*	0,1225	0,0083	0,0009
P <sub>0</sub> vs P d/VCFG d/100 %	1	0,0010*	0,0975	0,0001	0,0027
P sol vs ST d/VCFG d/100 %	1	0,0002	0,1275	0,0054	0,0003
Resíduo	69	0,0002	0,255	0,0091	0,0016
CV (%)		16,105	18,866	10,841	10,576

F<sub>1</sub> = primeira parte do fatorial (T<sub>1</sub> até T<sub>12</sub>); F<sub>2</sub> = segunda parte do fatorial (T<sub>13</sub> até T<sub>24</sub>) EC = esterco de curral; VC = esterco de curral submetido a vermicompostagem; 10% = aplicação em 10% do volume do vaso; P solúvel = SS e ST; FA = fosfato de Araxá; GS = gesso; 100% = aplicação em 100% do volume do vaso; VCFG = esterco de curral enriquecido com FA e GS e submetido a vermicompostagem; P<sub>0</sub> = Sem adição de P; P = com adição de P; P sol = fósforo aplicado em solução; <sup>0</sup>, \* e \*\* = significativos a 10, 5 e 1% de probabilidades.

Ricci (14), no entanto, observou menores teores de nutrientes, exceto N, no VC, quando comparado ao composto tradicional, formado por 60% de esterco de curral e 40% de palha de capim. Esta diferença foi

supostamente atribuída à retenção de alguns nutrientes e liberação de outros, pelo trato digestivo da minhoca. Dessa forma, pode-se presumir que os nutrientes oriundos do VC estejam em formas mais disponíveis para as plantas do que os presentes no EC, fato não comprovado por este estudo (Quadros 3, 4, 5 e 6). Para Aquino et al. (2), as informações deste tipo de pesquisa não devem ser extrapoladas, tendo em vista que os resultados variam com a qualidade do material a ser vermicompostado e com o tipo de manejo adotado.

Ao adicionar-se FA aos resíduos orgânicos (EC e VC), houve aumento apenas nos teores de P disponível no solo (Quadros 3 e 4), pois, como relatado por Novais e Smith (12), a elevada acidez do extrator Mehlich-1 tende a superestimar a disponibilidade de P em solos e substratos onde foram aplicados fosfatos naturais, como o FA.

O efeito simples da adição de GS aos resíduos orgânicos (EC e VC) e a interação FA x GS não apresentaram aumentos em nenhuma das características avaliadas (Quadros 3, 4, 5 e 6). Estes resultados demonstram não haver melhoria nas qualidades fertilizantes dos resíduos orgânicos (EC e VC), durante o tempo de cultivo, com a simples adição de FA e GS. Por outro lado, a adição de P solúvel na forma de superfosfato simples (SS) ou superfosfato triplo (ST) aos resíduos orgânicos (EC e VC) proporcionou acréscimo na produção de matéria seca e no acúmulo de P pela parte aérea das plantas de milho (Quadros 3, 4, 5 e 6), não ocorrendo, no entanto, diferença entre SS e ST (Quadros 3, 4, 5 e 6). O acréscimo na produção de matéria seca proporcionado pelas fontes solúveis de P foi em média de 83 % com o EC e de 85 % com o VC. A adição de P solúvel aos resíduos orgânicos diminuiu os teores foliares de K, Ca e Mg, provavelmente por efeito de diluição (Quadros 5, 6).

Considerando-se estes resultados, pode-se presumir que a adição de P solúvel (SS ou ST) a resíduos orgânicos, vermicompostados ou não, é fundamental para a obtenção de elevadas produções, visto que os resíduos orgânicos não apresentaram teores adequados de P (Quadro 2).

Ao adicionarem-se FA e GS no processo de vermicompostagem do EC, obteve-se um resíduo orgânico com melhor qualidade fertilizante, o vermicomposto enriquecido (VCFG). Este produto proporcionou maior produção de matéria seca do que os outros resíduos orgânicos (EC e VC) e aumentou os teores de P disponível no solo pelo extrator Mehlich 1 (Quadros 3 e 4), o qual Berton et al. (3) consideram eficiente para determinar a disponibilidade de P para o milho, quando os solos receberam quantidades crescentes de materiais orgânicos. No entanto, o VCFG não promoveu o aumento dos teores de P na parte aérea das plantas, em relação ao EC e ao VC (Quadros 5 e 6).

A aplicação dos resíduos orgânicos (VC e VCFG) e do P em formas solúveis (P em solução ou ST) a 10% do volume do vaso, em

relação à aplicação a 100% do volume, possibilitou um acréscimo na produção de matéria seca da parte aérea das plantas de milho e nos teores de P disponível no solo de 121%, em média (Quadros 3 e 4). Também foram observados aumentos nos teores de P e de Mg na parte aérea das plantas de milho, tendo diminuído os teores de Ca e de K (Quadros 5 e 6).

Segundo Bhatti et al. (4), os compostos orgânicos competem com o fosfato pelos mesmos sítios de adsorção, diminuindo, conseqüentemente, a adsorção de fósforo pelo solo. Por outro lado, os resultados neste estudo demonstram que mesmo com os resíduos orgânicos as formas solúveis de P devem ser localizadas para que as reações de adsorção pelo solo sejam ainda mais atenuadas, principalmente em solos com elevada capacidade de adsorção de fosfato.

A adição de formas solúveis de P (P solução ou ST) aos resíduos orgânicos (VC e VCFG), em relação a não-adição, proporcionou um acréscimo na produção de matéria seca de 182%, em média, quando aplicados a 10% do volume de solo do vaso e de 31 (VC) e 28% (VCFG), em média, quando aplicados a 100 % do volume (Quadros 3 e 4), demonstrando, além do benefício da localização, que os vermicompostos (VC e VCFG), nas doses aplicadas, não supriram eficientemente de P as plantas de milho.

Por ter sido adicionado em maior dose, o P em solução proporcionou maiores produções de matéria seca, maiores teores de P disponível no solo e de P na parte aérea das plantas de milho, em relação ao ST, tanto para o VC quanto para o VCFG (Quadros 3, 4, 5 e 6), exceto quando aplicado a 100% do volume do vaso, em que não se observou diferença entre as produções de matéria seca da parte aérea, ao adicionar-se P em solução ou ST ao VCFG (Quadros 3 e 4), demonstrando ter ocorrido maior adsorção pelo solo do P aplicado em solução do que do P proveniente do ST.

Scivittaro et al. (15), no entanto, não observaram diferença na produção de matéria seca de plantas de milho, ao aplicar fontes fosfatadas fluidas (P em solução) ou sólidas (ST), na mesma dose, em solos com elevada capacidade de adsorção de fosfato. Na mesma forma de aplicação (P em solução ou ST, aplicados a 100% do volume do vaso), apenas os teores de P disponível no solo não diferiram ao adicionar-se P em solução ou ST ao VC (Quadros 3, 4, 5 e 6).

Os resíduos orgânicos, vermicompostados ou não, não supriram adequadamente a necessidade das plantas de milho considerando-se o nutriente P, salvo no caso de se aplicar em elevadas doses, o que pode aumentar o custo da operação. Para Biasi e Muller (5) e Kiehl (7), não apenas o P, mas outros macro e micronutrientes são encontrados nos resíduos orgânicos em baixas concentrações. Em relação aos resíduos orgânicos utilizados no ensaio, a adição de formas solúveis de P parece

ser a solução mais adequada, sendo os resíduos orgânicos fundamentais para muitos processos relevantes à fertilidade dos solos e ao aumento gradativo da produção.

## CONCLUSÕES

1) A simples vermicompostagem do esterco de curral não resulta em um resíduo orgânico de melhor qualidade fertilizante. Porém, a adição de FA e GS ao esterco de curral, no momento da vermicompostagem, proporciona a obtenção de um resíduo orgânico de melhor qualidade fertilizante, o VCFG.

2) A adição de FA e de GS ao esterco de curral, sem passar pelo processo de vermicompostagem, e ao vermicomposto não apresenta melhoria para nenhuma característica avaliada. Já a adição de SS ou ST aos resíduos orgânicos proporciona aumento na produção de matéria seca e no acúmulo de P pelas plantas de milho.

3) A aplicação dos resíduos orgânicos e do P em formas solúveis, de forma localizada, proporciona aumento na produção de matéria seca e na absorção de P pelas plantas de milho.

4) Os resíduos orgânicos estudados não suprem eficientemente de P as plantas de milho.

## REFERÊNCIAS

1. ALVAREZ V., V.H. & RIBEIRO, A.C. Calagem. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; & Alvarez V.; V.H. (eds.) Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação. Viçosa, UFV, 1999. 359p.
2. AQUINO, A.M.; ALMEIDA, D.L. & SILVA, V.F. Utilização de minhocas na estabilização de resíduos orgânicos: Vermicompostagem. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa Biológica do Solo, 1992. 13p. (Comunicado Técnico, 8).
3. BERTON, R.S.; PRATT, P.F. & FRANKENBERGER Jr., W.T. Phosphorus availability in soils amended with organic materials, estimated by three chemical methods and two enzyme activities. R. Bras. Ci. Solo, 21:617-24, 1997.
4. BHATTI, J.S.; COMERFORD, N.B. & JOHNSTON, C.T. Influence of oxalate and soil organic matter on sorption and desorption of phosphate onto a Spodic horizon. Soil. Sci. Am. J., 62:1089-95, 1998.
5. BIASI, J. & MUELLER, S. Cobertura morta, plástica e vegetal, na cultura do alho. Hort. Bras., 3:61-7, 1985.
6. DEFELIPO, B.V. & A.C. RIBEIRO, Análise Química do Solo. Viçosa, UFV, 1996. 26 p.
7. KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos. São Paulo, Ceres, 1985. 492p.
8. LONGO, A.D. Minhoca: de fertilizadora do solo a fonte alimentar. São Paulo, ICONE, 1993. 70 p.
9. MAZUR, N.; SANTOS, G.A. & VELLOSO, A.C.X. Efeito do composto de resíduo urbano na disponibilidade de fósforo em solo ácido. R. Bras. Ci. Solo, 7:153-56, 1983.
10. MAZUR, N.; VELLOSO, A.C.X; & SANTOS, G.A. Efeito do composto de resíduo urbano no pH e alumínio trocável em solo ácido. R. Bras. Ci. Solo, 7:157-59, 1983.

11. MESQUITA FILHO, M.V.; & TORRENT, J. Phosphate sorption as related to mineralogy of a hydrosequence of soils from the cerrado region (Brazil). *Geoderma*, 58:107-23, 1993.
12. NOVAIS, R.F., & SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa-MG, UFV, DPS. 1999. 399 p.
13. PEREIRA, J. & PERES, J.R.R. Manejo da matéria orgânica. IN: Goedert, W.J., (ed.). Solos dos cerrados: tecnologia e estratégias de manejo. São Paulo, Nobel, 1985. p. 261-84.
14. RICCI, M.S.F. Crescimento e teores de nutrientes em cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) adubados com vermicomposto. Viçosa, UFV, 1993. 101 p. (Tese de mestrado).
15. SCIVITTARO, W.B.; BOARETTO, A.E. & MURAOKA, T. Eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados fluidos e sólidos. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:505-11, 1997.
16. SILVA, M.L.N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P.; LIMA, J.M.; & CARVALHO, A.M. Rotação adubo verde – milho e adsorção de fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro. *Pesq. Agropec. Bras.*, 32:649-54, 1997.
17. STANFORD, G.; & PIERRE, W.H. Soil management practices in relation to phosphorus availability and use. In: Pierre, W.H.; Norman, A.G. (eds.). *Soil and fertilizer phosphorus in crop nutrition*. New York, Academic Press, 1953. p. 243-80.
18. STEVENSON, F.J. *Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. New York, John Wiley & Sons, 1986. 380 p.
19. STEVENSON, F.J. *Humus chemistry*. New York, John Wiley, 1982. 443 p.