



CAMA DE FRANGO, ESTERCO DE CURRAL E PÓ DE CARVÃO NO ESTADO NUTRICIONAL DA SOJA

Alexandre Martins Abdão dos Passos¹, Pedro Milanez de Rezende², Everson Reis Carvalho³

1. Pesquisador, Doutor da Embrapa Rondônia (alexandre.abdao@embrapa.br)
2. Professor Titular, Doutor da Universidade Federal de Lavras
3. Pós doutorando, Doutor da Universidade Federal de Lavras

Recebido em: 30/09/2014 – Aprovado em: 15/11/2014 – Publicado em: 01/12/2014

RESUMO

Teores foliares de nutrientes são importantes indicadores do estado nutricional das plantas. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar os efeitos de diferentes resíduos orgânicos, no crescimento vegetal e estado nutricional de plantas de soja. Realizou-se um experimento de campo avaliando-se as fontes dos resíduos nas doses de 0, 3, 6 e 9 Mg ha⁻¹ combinadas com 0, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ do fertilizante mineral, em um Cambissolo Háplico, sob cultivo convencional. Os tratamentos influenciaram todos os nutrientes, exceto os teores de boro e cobre. O maior aporte de resíduos orgânicos elevou os níveis de nitrogênio nas plantas. A cama de frango proporcionou os maiores teores de fósforo foliares. Estudando-se as interações entre as fontes e suas doses para P, K, Mg e S, observou-se que a cama de frango proporcionou os maiores incrementos nos teores, geralmente de forma quadrática. A cama de frango e esterco de curral combinados com fertilizante mineral proporcionou incrementos significativos no índice de área foliar das plantas. Todos os nutrientes, exceto o S, correlacionaram-se linear e positivamente com a produtividade de grãos. A utilização de resíduos orgânicos apresenta-se como estratégia visando à melhoria do estado nutricional da soja, principalmente pelo aumento dos teores foliares de N, P, K, Mg, S e Fe.

PALAVRAS-CHAVE - *Glycine max*, resíduos orgânicos, manejo integrado nutrientes

POULTRY LITTER, FARMYARD MANURE AND BIOCHAR ON THE NUTRITIONAL STATUS OF SOYBEAN PLANTS

ABSTRACT

Foliar nutrient levels are important indicators of nutritional status of soybean plants. In this sense, the objective of this paper was to evaluate the effects of different organic wastes on growth and nutritional status of soybean plants. A field experiment was carried out in a Cambissol under conventional soil tillage, evaluating three organic sources (poultry litter, farmyard manure and biochar) (plots) at rates of 0, 3, 6 and 9 Mg ha⁻¹ (split plots) combined with 0, 100, 200, 300 and 400 kg ha⁻¹ (split split-plots) of the mineral fertilizer, in 2008. All nutrients were affected by treatments, except the levels of Cu and B. The input of organic wastes increased the nitrogen levels in soybean plants. The poultry litter provided the

highest phosphorus levels in the plants. It was found poultry litter caused the largest increases of P, K, Mg and S nutrients levels. The poultry litter and farmyard manure, associated to mineral fertilizer, boosted the foliar area index. All nutrients, except the S, correlated positively and linearly to the grain yield. The use of organic waste is an interesting strategy aimed at improving the nutritional status of soybean by boosting the foliar levels of N, P, K, Mg, S and Fe.

KEYWORDS - *Glycine max*, integrated nutrition management, organic amendments

INTRODUÇÃO

A combinação de fertilizantes orgânicos e inorgânicos representa uma promissora alternativa para o manejo integrado da nutrição de plantas, visando à maior sustentabilidade econômica e ambiental. A utilização de resíduos orgânicos preserva recursos finitos, como os solos e fertilizantes minerais derivados de fósseis e realoca ao ciclo produtivo subprodutos como insumos agrícolas.

Em experimentos de longo prazo, é demonstrado que a combinação de fontes orgânicas e inorgânicas de nutrientes levam à maior disponibilidade e melhor sincronização na liberação de nutrientes, tendo como consequência melhor absorção pelas plantas com aumento da produtividade e qualidade dos produtos agrícolas (AZEEZ & AVERBEKE, 2010; DIACONO & MONTEMURRO, 2010).

O uso de resíduos orgânicos proporciona maior renda e sustentabilidade da atividade agrícola em comparação à aplicação isolada de fertilizantes minerais (RAMESH et al., 2009; BHATTACHARYYA et al., 2010). Ademais, a utilização de fontes alternativas de adubos é estratégica para países como o Brasil, dependentes de matéria-prima importada para fabricação de fertilizantes minerais (GUARÇONI & FANTON, 2011). Contudo, ainda são incipientes os resultados de campo avaliando resíduos orgânicos em grandes culturas, principalmente no cerrado do Brasil.

Nesse contexto, objetivou-se, com o trabalho, avaliar a utilização dos resíduos orgânicos cama de frango, esterco de curral curtido e pó de carvão, associados ou não ao fertilizante mineral NPK, no estado nutricional da planta de soja cultivada em Cambissolo Háplico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Itutinga, MG, localizado nas coordenadas 21°23'S, 44°39'O e altitude média de 958 m. A região apresenta inverno seco e verão chuvoso, com precipitação média anual de 1.460 mm. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cwa, com temperaturas médias de 20,7°C (DANTAS et al., 2007). As temperaturas médias e precipitações pluviométricas ocorridas durante a condução do experimento podem ser visualizadas na Figura 1.

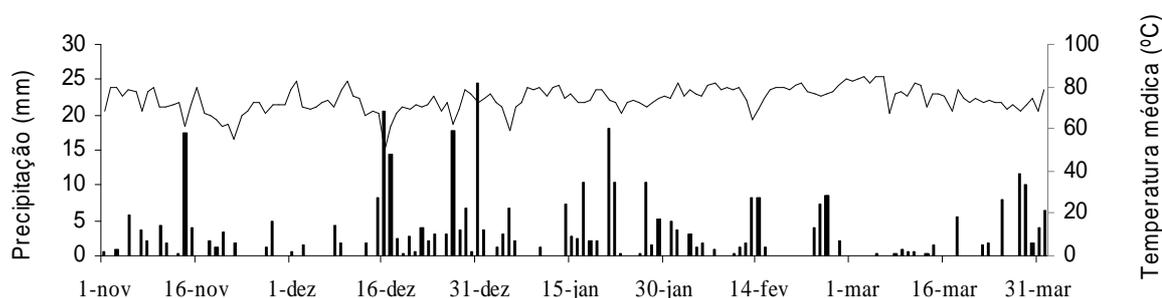


FIGURA 1 - Temperaturas médias (°C) e precipitações pluviométricas (mm) entre novembro de 2008 e abril de 2009. Estação Climatológica Principal de Lavras, UFLA

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos aplicados às parcelas foram as fontes orgânicas, cama de frango (CF), esterco de curral (EC) e pó de carvão (PC). Nas subparcelas foram utilizadas as doses dos resíduos orgânicos 0; 3; 6 e 9 Mg ha⁻¹, aplicados em área total no dia anterior à semeadura e incorporados. Nas subsubparcelas foram utilizados 0; 100; 200; 300 e 400 kg ha⁻¹ do fertilizante mineral formulado NPK 04-30-10 com 6,10% de Ca + 2,97% de S + 0,06% de B + 0,97 de Mn + 0,31% de Zn, aplicados manualmente no sulco de semeadura. A dose referência de 400 kg do formulado NPK foi definida segundo recomendação de RIBEIRO et al. (1999).

As subsubparcelas foram constituídas de 4 linhas de 5 m de comprimento espaçadas em 0,5 m, sendo as duas externas bordaduras e as duas centrais as linhas úteis. Por ocasião da coleta dos dados, eliminaram-se 0,5 m de cada extremidade das linhas úteis, a título de bordadura. As composições físico-químicas dos resíduos são apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1 - Análises físico-químicas dos resíduos orgânicos cama de frango (CF), esterco de curral (EC) e pó de carvão (PC) utilizados. Itutinga, Brasil

Parâmetros	Unidades	Resultados		
		CF	EC	PC
pH em água	-	7,40	7,60	7,30
Condutividade elétrica (CE)	dS m ⁻¹	26,40	19,00	2,90
Capacidade de retenção de água	ml g ⁻¹	2,10	1,80	0,80
Densidade aparente	g cm ⁻³	0,40	0,40	0,80
Carbono total	g kg ⁻¹	411,00	285,00	191,00
Matéria orgânica (MO)	g kg ⁻¹	820,00	570,00	380,00
Nitrogênio (N) Total	g kg ⁻¹	44,00	24,00	5,00
N-amônio	mg kg ⁻¹	362,00	70,00	26,00
N-nitrato	mg kg ⁻¹	82,00	624,00	178,00
Fósforo (P) total	g kg ⁻¹	8,50	1,10	0,40
Potássio (K) total	g kg ⁻¹	37,00	19,60	2,60
Sódio (Na)	g kg ⁻¹	4,50	0,90	0,40
Cálcio (Ca)	g kg ⁻¹	31,00	9,50	13,00

Magnésio (Mg)	g kg ⁻¹	11,50	5,40	2,30
Enxofre (S)	mg kg ⁻¹	6,20	2,70	0,00
Boro (B)	mg kg ⁻¹	46,70	13,00	0,00
Cobre (Cu)	mg kg ⁻¹	119,00	30,00	19,00
Ferro (Fe)	mg kg ⁻¹	2324,00	14,56	354,60
Manganês (Mn)	mg kg ⁻¹	691,00	232,00	1107,00
Zinco (Zn)	mg kg ⁻¹	624,00	82,00	371,00

*Análises realizadas no Laboratório de Análise de Resíduos Orgânicos, Lavras, MG.

O preparo do solo foi realizado com uma aração e gradagem. As aplicações dos resíduos orgânicos foram realizadas manualmente, nas parcelas, com posterior incorporação, seguidas da abertura dos sulcos de semeadura por tração mecanizada. Antes da semeadura, as sementes da cultivar BRS Favorita RR foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, utilizando inoculante turfoso na proporção de 1.200.000 bactérias por semente. A semeadura foi realizada em novembro de 2008, em solo classificado como Cambissolo Háplico (EMBRAPA, 2006), com os atributos físico-químicos da camada de 0-20 cm e interpretações (RIBEIRO et al., 1999), apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 - Resultados e interpretações dos atributos químicos e físicos da camada de 0 a 20 cm do solo localizado na área experimental de Itutinga, Brasil*

Parâmetro	Unidade	Resultados
pH em H ₂ O	(1:2,5)	5,4 (acidez média)
P (Mehlich 1)	mg dm ⁻³	2,0 (muito baixo)
K	mg dm ⁻³	98,0 (bom)
Ca ²⁺	cmol _c dm ⁻³	1,5 (médio)
Mg ²⁺	cmol _c dm ⁻³	0,4 (baixo)
Al ³⁺	cmol _c dm ⁻³	0,2 (muito baixo)
H + Al	cmol _c dm ⁻³	4,0 (médio)
Soma de bases	cmol _c dm ⁻³	2,2 (médio)
CTC efetiva (t)	cmol _c dm ⁻³	2,4 (médio)
CTC a pH 7,0 (T)	cmol _c dm ⁻³	6,2 (médio)
Saturação por bases (V)	%	35,0 (baixo)
Saturação por Al ³⁺ (m)	%	9,0 (muito baixo)
MO	g kg ⁻¹	40,0 (bom)
P-rem	mg L ⁻¹	14,0
S	mg dm ⁻³	14,9 (muito bom)
Zn	mg dm ⁻³	0,5 (baixo)
Fe	mg dm ⁻³	32,6 (bom)
Mn	mg dm ⁻³	4,8 (baixo)
Cu	mg dm ⁻³	1,5 (bom)
B	mg dm ⁻³	0,4 (médio)
Areia	g kg ⁻¹	310
Silte	g kg ⁻¹	290
Argila	g kg ⁻¹	400

*Análises realizadas no Laboratório de fertilidade de solos, UFLA, Lavras, MG.

As amostragens foliares para determinação de teores dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, B, Zn, Fe e Mn foram realizadas no estágio de desenvolvimento de plena floração R₂ (FEHR et al., 1971), coletando-se o quarto trifólio a partir do ápice das plantas, em 20% das plantas das fileiras úteis. Foram avaliados, no estágio fenológico R₅ (FEHR et al., 1971), os índices de área foliar (IAF), utilizando-se o método dos discos foliares, determinando-se a área foliar a partir do produto entre massa total de folhas secas e a massa foliar específica utilizando-se um perfurador metálico (PIEROZAN JUNIOR & KAWAKAMI, 2013).

Os dados foram submetidos à análise de variância para o esquema de parcelas subdivididas, com auxílio do software Sisvar[®] (FERREIRA, 2011), utilizando-se o teste F. Quando pertinente, devido à significância dos fatores, foram realizadas análises de regressão polinomial e teste de Tukey, para comparação das médias. Realizou-se correlações de Pearson entre as variáveis resposta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os macronutrientes, os micronutrientes bivalentes manganês (Mn), zinco (Zn), ferro (Fe) e o índice de área foliar (IAF) da cultura foram influenciados pelos tratamentos. Observou-se efeito linear sobre os teores de nitrogênio nas plantas, em função das diferentes doses dos resíduos orgânicos aplicados (Figura 2). Segundo RIBEIRO et al. (1999), o nível crítico de N foliar é de 45 g kg⁻¹, obtido com a aplicação de 4,72 Mg ha⁻¹ dos resíduos orgânicos.

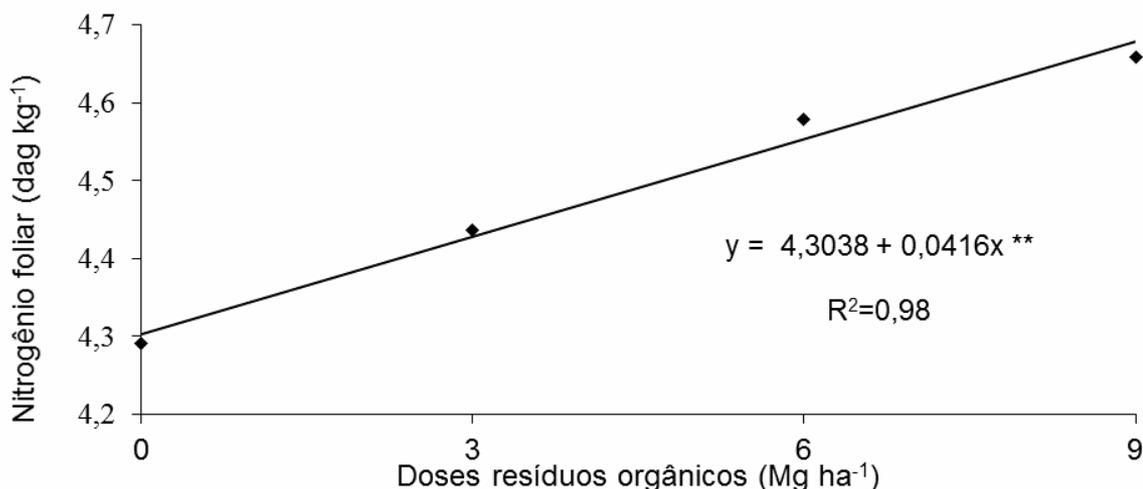


FIGURA 2 - Equação de regressão para teores nitrogênio foliar (g kg⁻¹) em função das doses dos resíduos orgânicos. Itutinga, Brasil. **Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F ($p \leq 0,05$)

Verificou-se efeito interativo das fontes e doses dos resíduos orgânicos nos teores foliares de fósforo. Desdobrando-se os efeitos das doses para cada fonte nos teores foliares de fósforo, observou-se resposta quadrática para as doses da cama de frango e linear para o pó de carvão. Para a cama de frango, o maior teor de fósforo estimado, derivando-se a equação da regressão, foi de 3,1 g kg⁻¹, por meio da aplicação de 10,1 Mg ha⁻¹ do resíduo (Figura 3). A utilização de 6 Mg ha⁻¹ proporcionou 2,9 g kg⁻¹, considerados adequados para a cultura da soja (RIBEIRO et al., 1999).

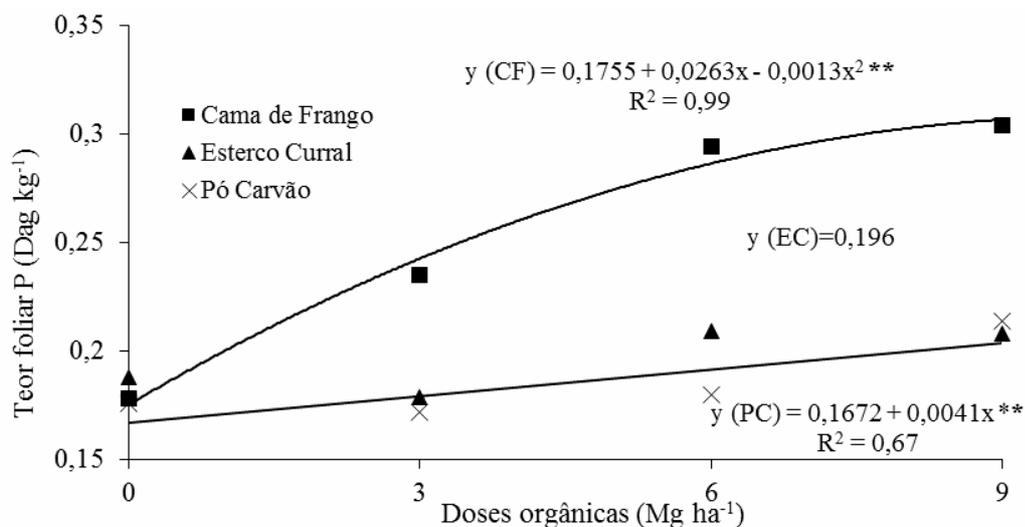


FIGURA 3 - Equações de regressão para teores fósforo foliar (g kg⁻¹), em função das doses dos resíduos orgânicos cama de frango, esterco de curral e pó de carvão. Itutinga, Brasil. **Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F ($p \leq 0,05$)

A absorção do potássio foi influenciada pelas doses dos resíduos orgânicos (Figura 4). Para a cama de frango, resíduo mais rico em potássio que os demais (Tabela 1), observou-se resposta quadrática nos teores de potássio, com o maior teor estimado relacionado à utilização de 6,7 Mg do resíduo por hectare (teor foliar máximo de 14,9 g kg⁻¹). Esses dados são concordantes com os observados por outros autores que verificaram que a integração de fertilizantes minerais (ureia) com esterco de aves foi a melhor estratégia de fertilização do solo, visando ao aumento da absorção de N, P e K em plantas de milho (ABBASI et al., 2010).

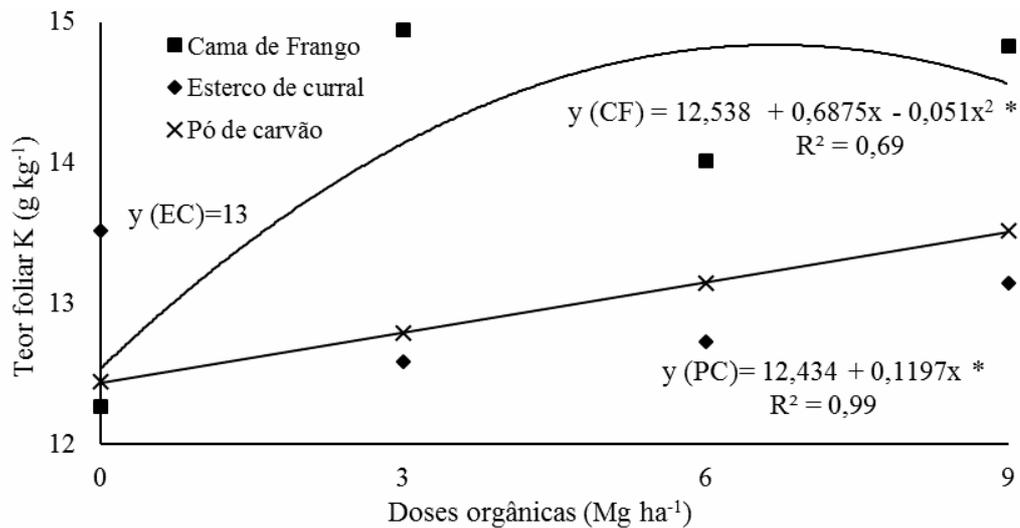


FIGURA 4 - Equações de regressão para teores potássio foliar (g kg^{-1}), em função das doses dos resíduos orgânicos cama de frango, esterco de curral e pó de carvão. Itutinga, Brasil. *Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F ($p \leq 0,05$)

Não se obtiveram diferenças significativas nos teores foliares do potássio em função das doses de esterco de curral, diferentemente dos resultados obtidos por YU et al. (2009), que observaram que a aplicação do resíduo aumentou a disponibilidade do potássio no solo, com balanço positivo após as colheitas. Tais diferenças podem ser devido ao tempo de avaliação dos experimentos, visto que os autores testaram a aplicação do resíduo durante 18 anos e em doses superiores às testadas no presente trabalho.

Observaram-se efeitos significativos das doses de todas as fontes nos teores de magnésio (Figura 5). Para a cama de frango, os maiores teores foram alcançados utilizando-se a dose de 9 Mg ha^{-1} , obtendo-se $4,0 \text{ g kg}^{-1}$ de magnésio, valor dado como crítico segundo RIBEIRO et al. (1999). Entretanto, observa-se que a dose de 6 Mg ha^{-1} gerou concentração similar, justificando-se sua escolha pela economia na obtenção do resíduo, transporte e aplicação.

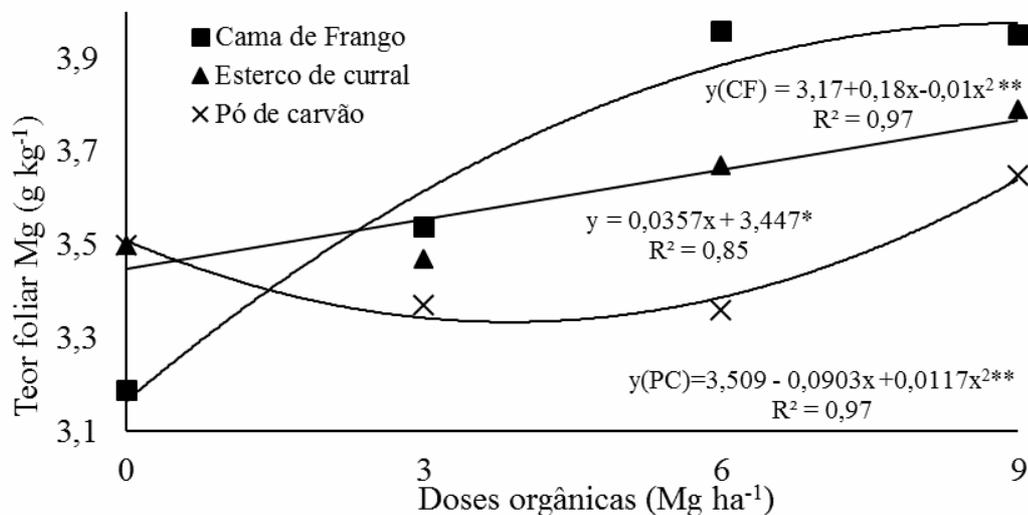


FIGURA 5 - Equações de regressão para teores magnésio foliar (g kg^{-1}), em função das doses dos resíduos orgânicos cama de frango, esterco de curral e pó de carvão, Itutinga, Brasil. *, ** Significativo, a 1% e a 5% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente

Desdobrando-se os efeitos das doses e fontes de resíduos orgânicos sobre os teores de enxofre foliar, observa-se efeito linear das doses da cama de frango com incrementos de até 29% utilizando-se 9 Mg do resíduo em relação à ausência do mesmo (Figura 6). Visto ser a cultura da soja responsiva ao enxofre com incrementos de produtividade relacionados ao aumento dos teores foliares (REZENDE et al., 2007), pode-se considerar que a utilização da cama de frango representa interessante fonte de enxofre para a cultura (BROCH et al., 2011).

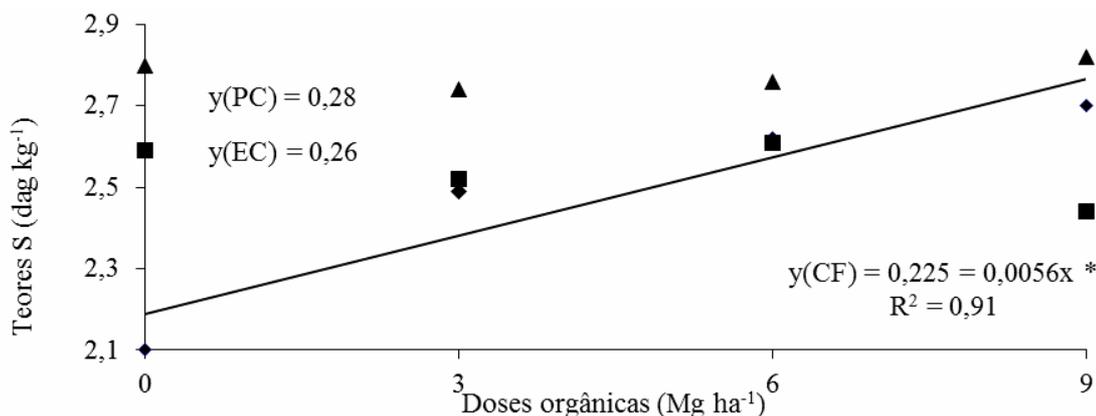


FIGURA 6 - Equação de regressão para teores enxofre foliar (g kg^{-1}), em função das doses dos resíduos orgânicos cama de frango, esterco de curral e pó de carvão, Itutinga, Brasil. *Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F ($p \leq 0,01$)

Os maiores teores de enxofre foliar, pela aplicação da cama de frango, em relação às outras fontes, pode advir da maior concentração do nutriente neste resíduo (Tabela 1). Na busca por aprimorar o ambiente produtivo avícola e reduzir custos de produção, as granjas utilizam aditivos para mitigar a volatilização de amônia da cama dos aviários, sendo de grande expressão de uso e eficiência o sulfato de alumínio (MEDEIROS et al., 2008), que pode ter contribuído para o aumento do elemento no resíduo e, conseqüentemente, nos teores foliares.

A aplicação do fertilizante mineral NPK influenciou significativamente os teores dos macronutrientes fósforo, cálcio, magnésio e enxofre e dos micronutrientes zinco, manganês e ferro (Tabela 3). De acordo com as equações das regressões ajustadas aos dados observados no experimento (Tabela 4), estima-se que sejam necessários pelo menos 147,3 kg do fertilizante mineral para se alcançar o valor crítico da faixa ótima para os teores foliares do fósforo, a partir de valores médios, publicados para lavouras comerciais de soja no Brasil, por URANO et al. (2007).

TABELA 4 - Equações de regressão ajustadas para níveis de fertilizante NPK sobre teores foliares de nutrientes na cultura da soja. Itutinga, Brasil, 2009

	Equações	R ² (%)	QM desvio	Médias	Nível crítico ¹
P	y=0,202250 + 0,00046x	79,33	0,000369 ^{ns}	2,1	2,7
Ca	y=1,272 + 0,000289x	69,64	0,042531 ^{ns}	13,3	8,1
Mg	y=0,344417 + 0,000068x	83,26	0,000099 ^{ns}	3,6	2,4
S	y=0,25125 + 0,000043x	80,67	0,000530 ^{ns}	2,6	2,0
Zn	y=28,1-0,019x + 0,00004x ²	42,36	50,848943 ^{**}	26,75	32,35
Mn	y=43,465833 + 0,009942x	85,26	19,399548 ^{ns}	45,45	36,23

Y= teores do nutriente no tecido foliar (g kg⁻¹ e mg kg⁻¹, macro e micronutrientes, respectivamente); x = dose do fertilizante NPK; ¹ Média de Urano et al. (2007).

^{**}, ^{ns} Significativo e não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F (p≤0,05), respectivamente.

Observou-se efeito conjunto da aplicação das fontes, doses orgânicas e do fertilizante mineral nos teores foliares do ferro (Figura 7). Realizando-se o desdobramento, avaliou-se a resposta das diferentes combinações de doses para cada resíduo orgânico por meio da metodologia de superfícies de resposta (CUSTÓDIO et al., 2000). Observa-se que os maiores teores são obtidos com doses de ambos os fertilizantes nos seus maiores níveis. Para cama de frango e esterco de curral, a utilização de 3,5 Mg ha⁻¹ dos resíduos combinados com 200 kg ha⁻¹ do fertilizante mineral proporcionam resposta de 102,1 e 96,2 mg kg⁻¹ de ferro foliar como valores preditos nos pontos estacionários das superfícies. Entretanto, para o pó de carvão, são necessários 5,5 Mg combinados com 200 kg ha⁻¹ para a obtenção de 94,4 mg kg⁻¹ de ferro foliar.

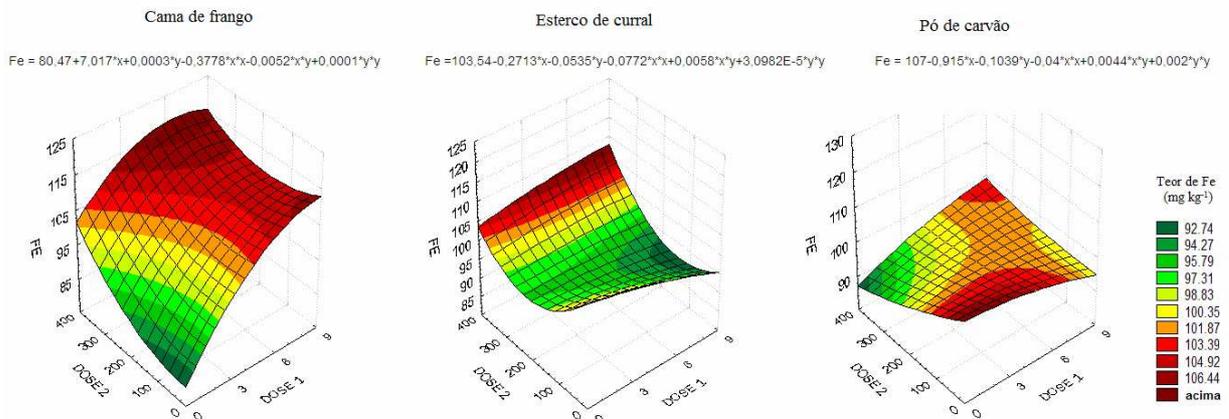


FIGURA 7 - Superfícies resposta para doses dos resíduos orgânicos (Dose 1) e fertilizante mineral (Dose 2) de cada resíduo orgânico nos teores de ferro foliar. Itutinga.

Os teores foliares de ferro sofreram influência do aumento das doses de resíduos e NPK utilizadas e suas combinações, com possível efeito sobre a produtividade de grãos (Figura 9). Esses resultados corroboram os observados por outros autores avaliando efeitos de fertilizantes orgânicos e minerais na soja. DADHICH & SOMANI (2007) avaliaram diferentes níveis de fertilizantes minerais (fósforo), esterco de curral e biofertilizantes na absorção de nutrientes pela cultura da soja e seu efeito residual no trigo em sucessão e observaram maior absorção de Zn, Cu, Mn e Fe nas culturas, com influência positiva sobre a produtividade de grãos das mesmas.

Observou-se efeito triplo dos fatores sobre o índice de área foliar da cultura. As fontes diferiram entre si nos IAF observados (Figura 8). O resíduo pó de carvão apresentou os menores IAF, com patamares máximos menores que 3, enquanto os demais resíduos geraram IAF maiores que 4, em suas melhores associações. A diferença entre o pó de carvão e os demais, nos maiores níveis, foi de cerca de 25% de redução da área foliar, o que pode representar impacto sobre a produtividade de grãos da cultura, como observado por BARROS (2002). Estes autores avaliando três níveis de desfolha (33%, 66% e 100%), em três épocas reprodutivas (R4, R5 e R6) constataram que as menores produtividades de grãos, pela desfolha de 33%, ocorreram no estágio reprodutivo R5, com perda média de 8% em relação ao tratamento sem desfolha.

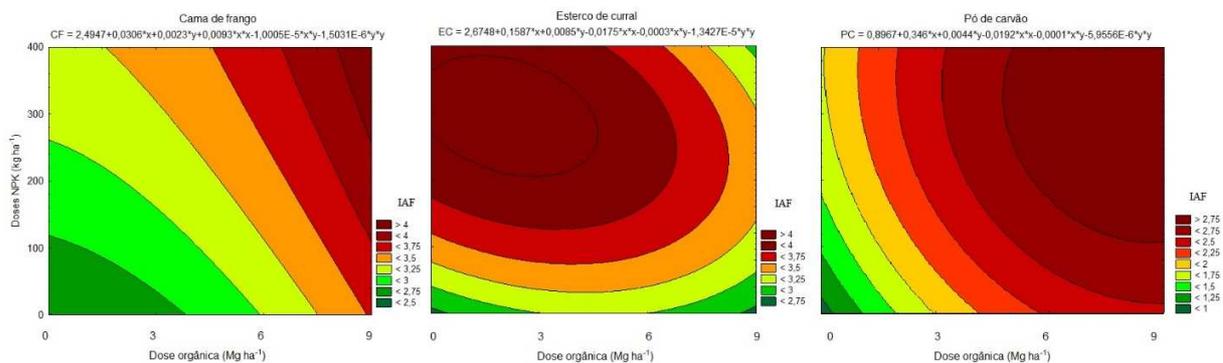


FIGURA 8 - Isolinhas para efeitos das doses dos resíduos orgânicos cama de frango, pó de carvão e esterco de curral e fertilizante mineral nos índices de área foliar. Itutinga, Brasil

No presente trabalho, a maior redução de área foliar foi de, aproximadamente, 75% entre os tratamentos de maior e menor IAF, isto é, entre os valores observados para a cama de frango em seus maiores níveis e do pó de carvão com os menores aportes de insumos (Figura 8). Segundo PELÚZIO et al. (2004), as maiores perdas na produtividade ocorrem no desfolhamento durante as fases reprodutivas da soja, com decréscimos de aproximadamente 34% e 80% quando há desfolha de 66% e 100% da planta, no estágio R4, respectivamente.

Os maiores índices ocorreram em função da combinação entre as maiores doses dos resíduos e fertilizante mineral, exceto no caso do esterco de curral, que apresentou os maiores IAF, acima de 4, quando foram utilizados os maiores níveis de fertilizante mineral NPK, associado à até 4,5 Mg do resíduo. O aumento da área foliar, fonte de fotoassimilados que possui estreita relação alostérica com a produção de grãos, representa interessante estratégia para o incremento de produtividade da cultura da soja, quando outros recursos se encontram disponíveis ao sistema produtivo. Visando à economia do fertilizante mineral por meio da substituição do insumo por resíduos orgânicos, buscando maximizar a resposta da cultura na produção do seu aparato fotossintetizante, é possível afirmar que se podem utilizar doses menores que a recomendada associando-se 9, 6 e 3 Mg da cama de frango, esterco de curral e pó de carvão, respectivamente, com 250, 200 e 190 kg ha⁻¹ do fertilizante mineral para a obtenção dos maiores IAF observados (Figura 8).

O incremento da área foliar da cultura devido ao uso da cama de frango em seus maiores níveis pode explicar os comportamentos decrescentes (resposta quadrática) dos teores de P, K e Mg observados após utilização de doses maiores desse resíduo, em um possível efeito de diluição dos elementos, devido ao aumento da síntese e expansão dos tecidos foliares (Figuras 3, 4 e 5).

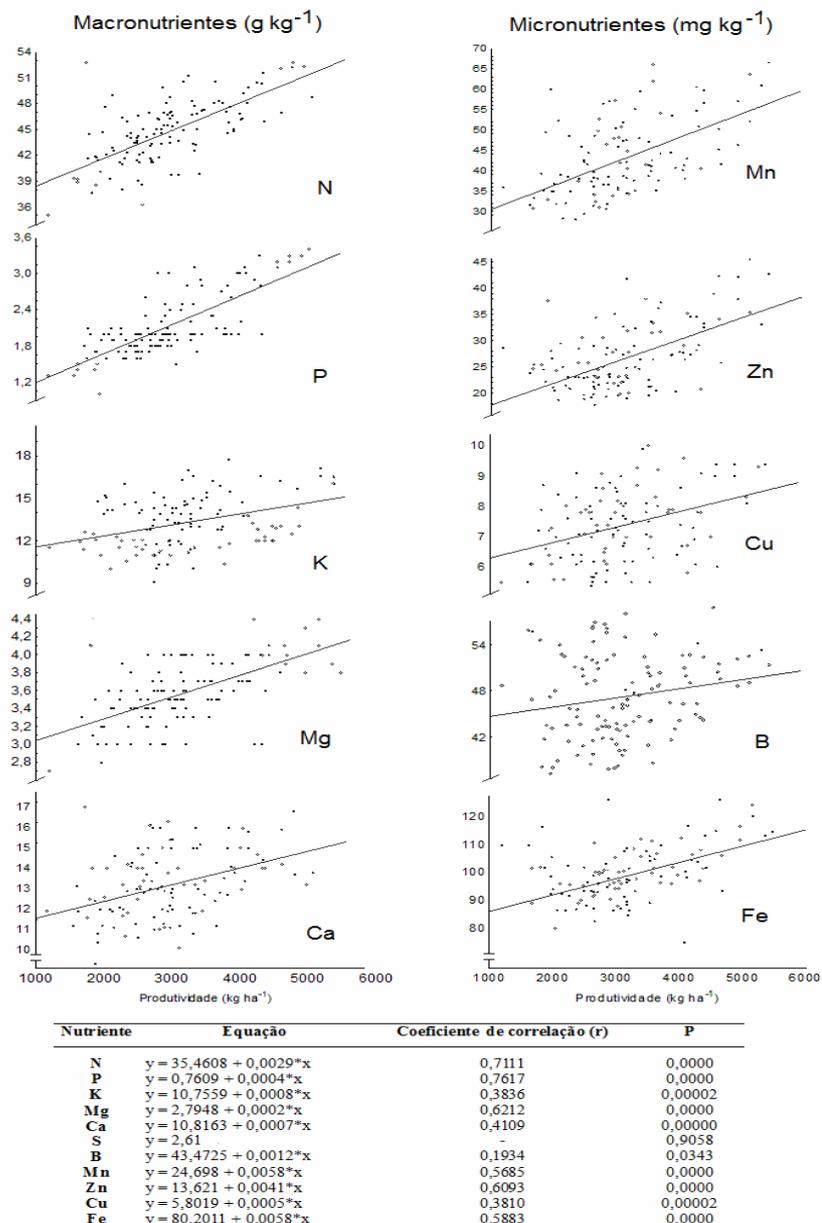


FIGURA 9 - Correlações lineares de Pearson entre teores foliares de nutrientes e produtividade de grãos obtidos no experimento de resíduos orgânicos e fertilizante mineral Itutinga, Brasil

Os nutrientes correlacionaram-se positivamente com a produtividade de grãos, exceto o enxofre, que não apresentou significância ($p=0,9058$), possivelmente devido aos teores adequados do elemento no solo antes da implantação do experimento, tendo seu incremento devido ao uso da cama de frango sido considerado como um consumo de luxo. Na Figura 9 observa-se que os nutrientes apresentaram diferentes

magnitudes de correlação com a produtividade, sendo os mais próximos de 1 mais fortemente correlacionados (P>N>Mg>Zn>Fe>Mn>Ca>K>Cu>B). Os teores de fósforo e nitrogênio foram os únicos a apresentarem coeficientes de correlação acima de 70%, demonstrando que tais nutrientes foram os que mais contribuíram para o incremento da produtividade.

Conforme salientado, os teores de nitrogênio responderam linearmente ao incremento dos resíduos orgânicos (Figura 2), o que permite inferir sobre o possível efeito aditivo das doses dos resíduos orgânicos na produtividade, mediante utilização dos insumos, desconsiderando-se outros possíveis fatores limitantes. Similarmente, verificou-se efeito significativo do incremento das doses dos resíduos, principalmente a cama de frango, nos teores foliares de fósforo, potássio e magnésio nas plantas de soja (Figuras 3, 4 e 5), que apresentaram correlação positiva com a produtividade (Figura 9). Os teores foliares de enxofre foram influenciados pelo incremento das doses de resíduos (Figura 6) e fertilizante mineral NPK aplicadas (Tabela 4). Entretanto, não se observou correlação significativa entre o elemento e a produtividade de grãos, o que difere de resultados constatados por REZENDE et al. (2009), possivelmente pelos menores níveis do elemento averiguados no solo na implantação do experimento e pela deficiência nutricional constatada nas plantas pelos autores, proporcionando maior responsividade ao enxofre.

A associação entre resíduos orgânicos e fertilizantes minerais na cultura da soja demonstra ser uma alternativa interessante para a agricultura tropical, devido aos altos volumes de biomassa produzidos, proporcionando adequado suprimento da demanda nutricional das plantas, principalmente quando aplicados em doses adequadas e intervalos regulares de tempo, fornecendo quantidades satisfatórias de nutrientes às plantas, com reflexo direto e positivo sobre a produtividade de grãos e a sustentabilidade dos agroecossistemas (N'DAYEGAMIYE, 2009; GRIFFINGET al., 2014; QIAO et al., 2014).

CONCLUSÕES

A cama de frango, resíduo rico em nutrientes, proporcionou os maiores incrementos no estado nutricional de plantas de soja. Os resíduos orgânicos cama de frango e esterco de curral incrementam o IAF da cultura de forma superior ao resíduo pó de carvão. A utilização de resíduos orgânicos apresenta-se como interessante estratégia visando à melhoria do estado nutricional das plantas de soja, pelo aumento dos teores foliares dos nutrientes N, P, K, Mg, S e Fe. Com exceção do enxofre, todos os nutrientes correlacionam-se positivamente com a produtividade de grãos, especialmente os macronutrientes nitrogênio e fósforo.

REFERÊNCIAS

ABBASI, M. K. et al. Comparative effectiveness of urea N, poultry manure and their combination in changing soil properties and maize productivity under rainfed conditions in northeast Pakistan. **Experimental Agriculture**, v. 46, n. 2, p. 211-230, 2010.

AZEEZ, J. O.; AVERBEKE, W. V. Fate of manure phosphorus in a weathered sandy clay loam soil amended with animal manures. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 16, p. 6584-6588, 2010.

BARROS, H. B. Desfolha na produção de soja (*Glycine max* 'M-SOY 109'), cultivada no cerrado, em Gurupi-To, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 18, n. 2, p. 5-10, 2002.

BHATTACHARYYA, R. et al. Fertilization effects on yield sustainability and soil properties under irrigated wheat-soybean rotation of an Indian Himalayan upper valley. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 86, n. 2, p. 255-268, 2010.

CUSTÓDIO, T. N.; MORAIS, A. R.; MUNIZ, J. A. Superfície de resposta em experimento com parcelas subdivididas. **Ciência Agrotecnologia**, v.24, n.4, p.1008-1023, 2000.

DADHICH, S. K.; SOMANI, L. L. Effect of integrated nutrient management in a soybean-wheat crop sequence on the yield, micronutrient uptake and post-harvest availability of micronutrients on typic ustochrepts soil. **Acta Agronomica Hungarica**, v. 55, n. 2, p. 205-216, 2007.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.

DIACONO, M.; MONTEMURRO, F. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 30, n. 2, p. 401-422, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FEHR, W. R. et al. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merril. **Crop Science**, v. 11, n. 6, p. 929-931, 1971.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

GRIFFING, EM. SCHAUER, RL. RICE, CW. Life Cycle Assessment of Fertilization of Corn and Corn–Soybean Rotations with Swine Manure and Synthetic Fertilizer in Iowa. **Journal of Environmental Quality**. V. 43, n.2, p. 709-722. 2014

GUARÇONI M., A.; FANTON, C.J. Resíduo de beneficiamento do granito como fertilizante alternativo na cultura do café. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 1, 2011.

MEDEIROS, R. et al. A adição de diferentes produtos químicos e o efeito da umidade na volatilização de amônia em cama de frango. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p. 2321-2326, 2009.

N'DAYEGAMIYE, A. Soil properties and crop yields in response to mixed paper mill sludges, dairy cattle manure, and inorganic fertilizer application. **Agronomy Journal**, v. 101, n. 4, p. 826-835, 2009.

PELUZIO, J. M. et al. Efeitos sobre a soja do desfolhamento em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ceres**, v. 51, n. 297, p. 575-585, 2004.

PIEROZAN JUNIOR, C.; KAWAKAMI, J. Efficiency of the leaf disc method for estimating the leaf area index of soybean plants. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 4, 2013.

QIAO, Y et al. The effect of fertilizer practices on N balance and global warming potential of maize–soybean–wheat rotations in Northeastern China, **Field Crops Research**, v. 161, p. 98-106, 2014.

RAMESH, P. et al. Production potential, nutrient uptake, soil fertility and economics of soybean (*Glycine max*) - based cropping systems under organic, chemical and integrated nutrient management practices. **Indian Journal of Agronomy**, v. 54, n. 3, p. 278-283, 2009.

REZENDE, P. M. et al. Enxofre aplicado via foliar na cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 5, p. 1255-1259, 2009.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

URANO, E. O. M. et al. Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos chance matemática, sistema integrado de diagnose e recomendação e diagnose da composição nutricional **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 63-72, 2007.

YU, W. et al. Effects of nutrient cycling on grain yields and potassium balance. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 84, n. 3, p. 203-213, 2009.