

## EFICIÊNCIA DE DIFERENTES ADUBOS ORGÂNICOS NA ADUBAÇÃO DO MILHO

Giovana Prado Fortuna Macan<sup>1</sup>, Diego Fontebasso Pelizari Pinto<sup>2</sup>, Sérgio Kenji Homma<sup>2</sup>

**RESUMO** – Devido à carência de insumos orgânicos capazes de disponibilizar a quantidade requerida de nitrogênio às culturas, a avaliação de novas fontes orgânicas de nutrientes se faz necessária. Esse trabalho teve como objetivo avaliar a resposta do milho à utilização de diferentes materiais orgânicos na absorção do N e desenvolvimento das plantas. Para isso, o experimento foi conduzido em casa de vegetação, adotando o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram farinha de penas (FP), composto orgânico fermentado bokashi (BK), mistura de farelos vegetais (FV), farinha de penas + bokashi (PB), farinha de penas + farelos vegetais (PF) e testemunha representada somente pelo solo (TE). Aos 45 dias após a emergência do milho, as características avaliadas foram: massa fresca e seca da parte aérea (g), massa fresca da raiz (g), altura de planta (cm), circunferência do colmo (cm) e teor de N foliar (g kg<sup>-1</sup>). Os melhores resultados foram obtidos nos tratamentos BK e FV, com uma disponibilização efetiva de N para o desenvolvimento do milho. Já a utilização do FP apresentou sinais de toxicidade com desenvolvimento reduzido das plantas. Porém, sua aplicação junto ao bokashi ou com a mistura de farelos vegetais foi capaz de reduzir seu efeito tóxico, apresentando resultados superiores aos tratamentos FP e TE. Pode-se notar o potencial desses materiais orgânicos na utilização como fertilizantes orgânicos no desenvolvimento do milho, resultando em benefícios não só agrônômicos como também ambientais ao se reaproveitar materiais de descarte da agroindústria.

Palavras chave: adubação orgânica, agricultura orgânica, farinha de penas, *Zea mays*.

### **EFFICIENCY OF DIFFERENT ORGANIC FERTILIZERS ON MAIZE**

**ABSTRACT** – Due to the lack of organic inputs able to supply the required amount of nitrogen by the crops, the evaluation of new organic sources of nutrients is needed. This work aimed to evaluate different organic materials as source of nitrogen to the development of maize. The experiment was conducted in a greenhouse, with completely randomized experimental design with 4 repetitions. The treatments were feather meal (FP), commercial inoculum bokashi (BK), bran mixture (FV), mixture of feather meal + bokashi (PB), mixture of feather meal + bran mixture (PF) and the control (TE). At 45 days after maize emergence, it was evaluated the following parameters: fresh and dry shoot weight (g), fresh root weight (g), plant height (cm), shoot circumference (cm) and foliar N content (g kg<sup>-1</sup>). The best results were obtained in the treatments BK and FV, with an effective N release for the maize development. However, the use of FM showed signs of toxicity with reduced plant development, while its application with bokashi or with the bran mixture was able to reduce its toxic effect, showing better results than the treatments FP and TE. This shows the potential of these organic materials to be used as source of organic fertilizer with both agronomic and environmental benefits by reusing agro-industrial wastes.

Keywords: feathermeal, organic agriculture, organic fertilization, *Zea mays*.

<sup>1</sup> Mestranda em 'Plant Health in Sustainable Cropping Systems', University of Padua (UNIPD), Padova, Itália, giovana.fortuna@gmail.com.

<sup>2</sup> Korin Agricultura e Meio Ambiente, Setor de Pesquisa e Consultoria Agropecuária.

## INTRODUÇÃO

O papel desempenhado pelo nitrogênio (N) nos vegetais está diretamente relacionado aos processos bioquímicos, sendo constituinte de proteínas, enzimas e clorofila. Consequentemente, é considerado um dos elementos exigidos em maior quantidade pelas culturas, atuando como um dos principais fatores limitantes ao potencial produtivo (Farinelli & Lemos, 2012).

Um dos desafios da agricultura orgânica está relacionada à disponibilização de nutrientes, principalmente nitrogênio, ao longo de todo ciclo da cultura (Barreto et al., 2016; Santos, 2016). Atualmente, as opções de adubos orgânicos disponíveis ainda são bastante restritas, residindo principalmente na utilização de compostos orgânicos, esterco animal e torta de mamona, enfatizando a necessidade da avaliação de novas fontes orgânicas, a exemplo do bokashi e da farinha de penas (Santos, 2016; Silva, 2018; De Almeida et al., 2015).

O bokashi é considerado um composto orgânico produzido a partir da mistura de farelos vegetais enriquecida com microrganismos de solo, submetido a um processo fermentativo. Segundo Siqueira & Siqueira (2013), sua utilização é capaz de promover diversos benefícios ao solo. Benefícios esses considerados químicos ao resultar em uma maior disponibilização de nutrientes, físicos ao proporcionar formação de agregados e biológicos ao introduzir microrganismos benéficos para estimular a microbiota do solo.

A farinha de penas é um subproduto da indústria de processamento de frangos, com constituição proteica que, ao ser submetida a processos de hidrólise, pode se tornar uma fonte alternativa de N podendo conter até 15% desse nutriente (Sharma & Gupta, 2016).

Algumas pesquisas realizadas até então revelam o potencial da sua utilização como fertilizante. Gaskell (2001), ao avaliar os efeitos da adubação verde seguido da aplicação de diferentes doses de farinha de penas, verificou um aumento da produtividade de pimenteiras orgânicas enquanto que Vann et al. (2017) também encontraram resultados satisfatórios para produção orgânica de tabaco.

Contudo, devido sua elevada taxa de mineralização, relatada por Choi & Nelson (1996), deve-se atentar a possibilidade de fitotoxicidade nas plantas. Essa mineralização intensa em um curto período de tempo resulta em uma liberação elevada de amônio que, a depender das condições características do solo no qual se encontra (temperatura, umidade, aeração e acidez), pode levar tempo para ser nitrificado.

Apesar do seu potencial uso como fertilizante orgânico nitrogenado, no Brasil ainda é um subproduto pouco explorado com estudos predominantemente relacionados à sua utilização como componente da dieta animal. Nos Estados Unidos a farinha de penas já vem sendo estudada há alguns anos, existindo até mesmo insumos certificados para utilização em sistema orgânico em formas peletizadas (Choi & Nelson, 1996; Hartz & Johnstone, 2006; Johnson et al., 2012; Sharma & Gupta, 2016).

Busca-se um manejo adequado desse material, com elevado potencial de disponibilização de N, podendo ser utilizado como fertilizante orgânico trazendo benefícios não só agrônômicos como também ambientais ao reaproveitar um material de descarte (Sharma & Gupta, 2016).

A quantidade de pesquisas relacionadas à utilização de diferentes materiais orgânicos de forma combinada ainda é incipiente. A aplicação da farinha de penas junto ao composto bokashi pode apresentar resultados completamente distintos à sua utilização de forma solteira, principalmente devido ao fato do bokashi apresentar uma relação mais elevada de carbono:nitrogênio (13:1) do que a farinha de penas, ademais, apresenta diferentes grupos de microrganismos, alterando com isso a taxa de mineralização e disponibilização dos nutrientes (Pinto, 2018).

Com isso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes materiais orgânicos (bokashi, mistura de farelos vegetais e farinha de penas) e suas combinações como uma nova alternativa de adubação orgânica, visando a disponibilização adequada de nitrogênio no desenvolvimento das plantas de milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada em Ipeúna, São Paulo, instalado em delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições.

O solo utilizado foi coletado a uma profundidade de 0-20 cm em área de cultivo de milho e classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de acordo com o sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SIBCS). A análise granulométrica do solo foi determinada pelo método do densímetro (Claessen, 1997), sendo classificado como Franco Arenoso (25,25% de argila, 4,15% de silte e 70,6% de areia).

As principais características químicas foram determinadas pela metodologia de Raij et al. (2001) e estão representados na Tabela 1.



Tabela 1 - Caracterização química do solo experimental

P Resina mg.dm <sup>-3</sup>	M.O g.dm <sup>-3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>	K	Ca	Mg	H+Al mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	Al	SB	CTC	V %	m
20	15	6,8	1	45	25	14	0,1	71	85	83,5	0,1

Os materiais orgânicos utilizados em cada um dos tratamentos foram: farinha de penas, bokashi e uma mistura de farelos vegetais (farelos de arroz e trigo, e torta de mamona). O bokashi consistiu da mistura dos mesmos farelos vegetais (proporção 40:40:20) porém com adição de

inóculo nativo de área de preservação permanente da região e prebiótico (melaço e batata), sendo submetido a um processo de fermentação. As características físico-químicas e químicas de cada um dos materiais utilizados estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Características físico-químicas e químicas da farinha de penas, bokashi e mistura de farelos vegetais utilizados no experimento

Materiais	pH	C	N	C:N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	Lignina	Celulose	Lignina/Celulose
Bokashi	5,9	41	3	13,6:1	0,9	6	7,6	0,79
Farelos Vegetais	6	36	3	12:1	1,6	4	6,6	0,61
Farinha de Penas	5,8	20	12	1,6:1	1,8	...	...	...

Os tratamentos utilizados foram: testemunha (TE) - sem adubação nitrogenada e para os demais tratamentos utilizou-se a dose total recomendada para a cultura do milho, fornecidas viafarinha de penas (FP); composto orgânico bokashi (BK); combinação de farelos vegetais (FV) na proporção de 40% de farelo de arroz, 40% de farelo de trigo 20% de farelo de mamona; combinação constituída por 50% de farinha de penas + 50% de composto bokashi (PB) e combinação de 50% de farinha de penas + 50% dos farelos (40:40:20) (PF).

Para cálculo das doses utilizadas para cada um dos tratamentos, seguiu-se a recomendação de adubação nitrogenada do Boletim 100 – IAC (Raij *et al.*, 1996) para a cultura do milho, de modo que todos os resíduos orgânicos aplicados fornecessem 49,2 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Com isso, baseando-se no teor de N disponível em cada um dos materiais, obtiveram-se as doses em kg ha<sup>-1</sup> recomendadas para situações de campo. Considerando-se uma densidade de plantio de 66.000 plantas ha<sup>-1</sup>, foi possível transformar a quantidade de material aplicado em cada um dos tratamentos de kg ha<sup>-1</sup> para g vaso<sup>-1</sup> (Tabela 3).

Tabela 3 - Quantidade do material demandado para os diferentes adubos orgânicos. TE=testemunha; FP=farinha de penas; BK=bokashi; FV=farelos vegetais; PB=farinha de penas + bokashi; PF=farinha de penas + farelos vegetais

Tratamento	% de N	Quantidade do material aplicado (kg ha <sup>-1</sup> )	Quantidade do material aplicado (g vaso <sup>-1</sup> ) *
TE	-	-	-
FP	12	410	6,2
BK	3	1639,4	24,8
FV	3	1639,4	24,8
PB	7,5	656	9,9
PF	7,5	656	9,9

\*Considerando 66.000 plantas ha<sup>-1</sup>

Em cada um dos tratamentos, os resíduos orgânicos foram misturados de forma homogênea com o solo previamente coletado, para posteriormente serem colocados em vasos de plástico com capacidade de 2 L.

A semeadura foi realizada no dia da aplicação dos diferentes adubos orgânicos, semeando-se três sementes de milho híbrido convencional IAC 8046 por vaso. Aos 14 dias após emergência (DAE) das plântulas foi realizado o desbaste de forma a manter somente uma planta por vaso e evitar possíveis competições por água e nutrientes.

Aos 45 DAE das plantas, foram avaliadas a altura de plantas e circunferência dos colmos. Após isso, todas as plantas foram colhidas, lavadas em água deionizada, separadas a parte aérea das raízes, sendo pesadas em balança analítica para determinação da massa fresca da parte aérea e das raízes. Em sequência, as folhas foram secadas em estufa a 65 °C até obtenção de massa constante para determinação da massa seca.

Para a determinação do teor de N presente na parte aérea ( $\text{g kg}^{-1}$ ), as folhas foram moídas e submetidas a análises laboratoriais utilizando-se método proposto por Kjeldahl (Bremner & Mulvaney, 1982).

Os valores obtidos em relação ao N acumulado na parte aérea em cada um dos tratamentos foram obtidos através do produto entre o teor de N total ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e o valor de matéria seca.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 1% de significância com auxílio do software estatístico R (R Development Core Team, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os insumos avaliados são materiais orgânicos que ao serem comparados com os fertilizantes minerais, amplamente utilizados na cultura do milho, tendem a ter uma disponibilização mais lenta dos nutrientes. Isso se deve ao fato da necessidade destes adubos orgânicos passarem por processos de mineralização e quebra das moléculas orgânicas, enquanto que nos fertilizantes minerais os nutrientes são mais solúveis e estão prontamente disponíveis para as plantas (Guareschi et al., 2013; Mubarak et al., 2003).

Apesar disso, aos 45 DAE, já foi possível observar o efeito positivo das diferentes adubações para cada uma das diferentes fontes orgânicas de adubação no desenvolvimento das plantas de milho (Figura 1).

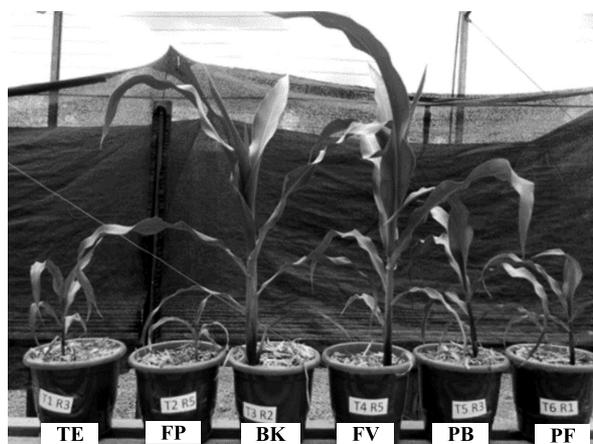


Figura 1 - Unidades experimentais aos 45 DAE. Da esquerda para direita: TE (testemunha); FP (farinha de penas); BK (bokashi); FV (farelos vegetais); PB (farinha de penas + bokashi); PF (farinha de penas + farelos vegetais). A Tabela 4 apresenta os parâmetros fitotécnicos obtidos a partir das diferentes fontes de adubação orgânica. Nota-se que houve efeito significativo para todas as variáveis nas plantas de milho fertilizadas com os diferentes adubos orgânicos ( $P < 0,01$ ).

Os tratamentos BK e FV diferiram significativamente dos outros tratamentos, demonstrando os maiores valores em todas variáveis avaliadas. No tratamento BK, quando comparadas com a testemunha, nota-se um aumento de 217%; 167%; 936%; 712% nas respectivas variáveis de altura, circunferência do colmo, massa fresca da parte aérea e massa fresca da raiz. O desenvolvimento significativo das plantas submetidas aos tratamentos BK e FV pode estar relacionado com um processo efetivo de mineralização do N-orgânico para N-inorgânico assim como sua nitrificação, proporcionando uma disponibilização desse nutriente nas formas assimiláveis pelas plantas.

A Tabela 5 revela essa maior disponibilização de N nos tratamentos BK e FV, nos quais apresentam os maiores valores de nitrogênio acumulado ( $\text{mg planta}^{-1}$ ), apresentando cerca de 240  $\text{mg planta}^{-1}$  de N no tratamento com bokashi em comparação com 20  $\text{mg planta}^{-1}$  da testemunha.



Tabela 4 - Efeito dos tratamentos no desenvolvimento do milho. TE=testemunha; FP=farinha de penas; BK=bokashi; FV=farelos vegetais; PB=farinha de penas + bokashi; PF=farinha de penas + farelos vegetais

Tratamento	Altura (cm)	Circunferência (cm)	Parte aérea		Raiz
			Massa fresca (g)	Massa seca (g)	Massa fresca (g)
TE	18,00 c	2,05 d	6,02 c	0,83 c	6,90 bc
FP	12,75 c	1,48 d	1,85 c	0,33 c	1,32 c
BK	57,03 a	5,48 a	62,36 a	9,99 a	56,02 a
FV	58,83 a	5,63 a	59,19 a	10,15 a	60,86 a
PB	38,25 b	3,95 b	26,81 b	3,17 b	13,97 b
PF	28,70 b	2,93 c	11,92 c	1,44 c	7,44 bc
CV %	10,36	8,5	16,37	13,66	12,57

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de significância

Tabela 5 - Valores referentes ao nitrogênio total e nitrogênio acumulado pelas plantas de milho aos 45 dias após emergência. TE=testemunha; FP=farinha de penas; BK=bokashi; FV=farelos vegetais; PB=farinha de penas + bokashi; PF=farinha de penas + farelos vegetais

Tratamento	N total (g kg <sup>-1</sup> )	N acumulado (mg planta <sup>-1</sup> )
TE	25,02 c	20,60 cd
FP	49,64 a	16,41 d
BK	24,29 c	242,48 a
FV	24,75 c	250,42 a
PB	36,23 b	114,63 b
PF	37,44 b	52,10 c
CV %	7,85	13,56

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de significância

Segundo Bulluck et al. (2002) e Guareschi et al. (2013), os compostos orgânicos a exemplo do bokashi, não só desempenham sua função principal de disponibilização de nutrientes como também contribuem para os aspectos físicos do solo, com uma maior retenção de água, maior aeração e até mesmo nos processos biológicos, ao estimular o desenvolvimento da sua microbiota, o que deve ter contribuído para um melhor desenvolvimento das plantas do tratamento BK.

Baldotto & Baldotto (2016) observaram que os ácidos húmicos extraídos do composto fermentado bokashi apresentaram um efeito bioestimulante, podendo afetar o desenvolvimento das raízes, absorção e acúmulo de nutrientes e síntese de clorofila resultando com isso em um melhor desenvolvimento inicial do milho, assim como foi observado nesse experimento.

Diversos trabalhos como o de Lim et al. (1999), Alvarez et al. (2010), Saidia et al. (2000), Yuliana et al. (2015) e Dornas (2017) revelam um aumento da produtividade no cultivo de milho com a adição do bokashi.

Durante o processo de produção do composto bokashi, os farelos vegetais são submetidos a um processo de fermentação com atividade de microrganismos e quebra das moléculas orgânicas mais complexas (Cantarella, 2007). Com isso, era de se esperar que a taxa de mineralização do N orgânico contido nos farelos fosse intensificada, e conseqüentemente resultasse em um maior desenvolvimento do vegetal no tratamento com bokashi.

Por outro lado, ao comparar os tratamentos BK e FV, nota-se que em todas as variáveis avaliadas (Tabelas 4 e 5) não houve diferença significativa entre elas, indicando

que os processos de adição de inóculo e da fermentação dos farelos vegetais não tiveram o efeito esperado.

O inóculo utilizado na produção do bokashi pode ser obtido em áreas de floresta nativas ou através do uso de EM (microrganismos eficazes) comerciais, resultando em compostos fermentados com a atuação de diferentes grupos de microrganismos (Siqueira & Siqueira, 2013). Por essa razão, a inexistência de alterações significativas relatadas anteriormente entre as plantas submetidas ao tratamento BK em relação ao tratamento FV pode estar relacionado com o tipo de inóculo utilizado.

O bokashi utilizado no experimento foi produzido a partir de inóculos provenientes de área nativa, o que segundo Freitas *et al.* (2011) não garante que a flora microbiana ali presente é efetiva para a cultura alvo e o ambiente em questão. Pode haver interações antagonistas como as descritas por Becker *et al.* (2012), porém, nesse caso entre os microrganismos já presentes no solo com os adicionados pelo composto.

Em contrapartida com o que foi observado com os tratamentos BK e FV, ao avaliar o tratamento FP, nota-se que a aplicação de farinha de penas não contribuiu com o desenvolvimento das plantas de milho, apresentando valores semelhantes à testemunha (sem adição de materiais orgânicos) em todas variáveis avaliadas.

As possíveis causas para esse desenvolvimento reduzido são que a farinha de penas não foi capaz de fornecer a quantidade de nitrogênio requerida pelo vegetal ou que foi disponibilizada em excesso, em um período de baixa demanda por parte da cultura.

A dinâmica do nitrogênio quanto sua mineralização é difícil de ser acompanhada em estudos de casa de vegetação e campo, porém experimentos de incubação permitem um melhor entendimento desses processos.

Diversos experimentos laboratoriais de incubação demonstram uma taxa elevada de mineralização da farinha de penas. Johnson *et al.* (2012) relatam a ocorrência de uma mineralização significativa entre os 7 e 14 dias de experimento, atingindo valores elevados de N total disponível ( $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$ ), até mesmo próximos aos obtidos no tratamento com a utilização de nitrato de amônio.

Hadas & Kautsky (1994) afirmam que a farinha de penas pode ser utilizada como fonte de N quando aplicado no solo, alcançando em seu experimento de incubação uma taxa de mineralização de 55% logo na segunda semana do experimento. Hartz & Johnstone (2006) também encontraram resultados similares, enfatizando a

rapidez do processo de mineralização da farinha de penas, apresentando 50% mineralizado, porém logo na primeira semana.

Esse processo de mineralização, essencial para a disponibilização de N presente nos materiais orgânicos, está relacionada com a qualidade do resíduo, mais especificamente com sua relação C:N e conteúdo de celulose, lignina e polifenóis (Silva *et al.*, 2008).

Uma relação C:N acima de 30 é considerada elevada e com isso tende a resultar em uma maior imobilização do nitrogênio por parte dos microrganismos ali presentes (Moreira e Siqueira, 2006). Por outro lado, em relações C:N baixas, a exemplo do bokashi (13:1), mistura de farelos e farinha de penas utilizadas no experimento, tende a predominar o processo de mineralização frente ao de imobilização e conseqüentemente uma maior disponibilização de N na forma inorgânica no solo.

Outro fator diretamente relacionado com o grau de mineralização dos materiais orgânicos vegetais é seu conteúdo de lignina e celulose (Assis Júnior *et al.*, 2003; Agehara & Warncke, 2005). A farinha de penas, se tratando de um resíduo de origem animal não possui em sua composição essas moléculas de difícil decomposição e com isso é esperado que apresente uma taxa de mineralização mais elevada. Gagnon & Berrouard (1994), ao avaliarem o potencial de diferentes resíduos orgânicos para cultivo de tomate em casa de vegetação, constataram que os resíduos de origem animal, a exemplo da farinha de penas, foram mais favoráveis para o crescimento das plantas do que os resíduos vegetais.

Além da composição química dos materiais, outro fator que pode ter grande influência no processo de mineralização de N é o tamanho das partículas, de modo que quanto menores elas forem, maior é a superfície de contato do material, permitindo uma maior ação dos microrganismos decompositores. Uma vez que a farinha de penas utilizada se encontrava em pó, suas partículas de tamanho bem reduzido podem ter contribuído para uma mineralização mais rápida do que a dos outros materiais orgânicos (Agehara & Warncke, 2005).

Diante de todos esses fatores, é mais provável que nesse experimento a utilização da farinha de penas tenha resultado em uma mineralização de forma rápida e intensa, associada à capacidade limitada de nitrificação, resultando em um excesso de N-amônio no solo que acabou tendo efeito tóxico para o desenvolvimento do milho.

A maioria dos estudos relacionados a resíduos orgânicos de origem animal está focada na utilização de



esterco bovino e cama de aviário, sendo a farinha de penas ainda pouco estudada e utilizada. Guareschi et al. (2013) demonstraram a viabilidade da adubação orgânica através da utilização da cama de aviário, obtendo um melhor desenvolvimento da cultura do milho ao ser utilizada na dose de 25,8 Mg ha<sup>-1</sup>.

Ao analisar os dados dos tratamentos PB e PF, nota-se que a aplicação do bokashi assim como da mistura de farelos vegetais junto com a farinha de penas foi capaz de reduzir os efeitos de toxidez causados pela aplicação da farinha de penas, resultando em valores significativamente superiores de altura, circunferência de colmo, matéria fresca e seca da raiz e nitrogênio acumulado em relação à farinha de penas e ao tratamento controle (Tabela 4 e 5).

Hadas & Kautsky (1994), em seu experimento de incubação avaliando a mineralização da farinha de penas, enfatizam que a retenção de N pode variar dependendo da quantidade de C disponível no solo. O autor relata também que a aplicação de materiais orgânicos ricos em carbono, a exemplo de resíduos vegetais junto à farinha de penas, pode resultar em alterações na taxa de mineralização e disponibilização de N ao longo do ciclo da cultura.

Diante disso, as diferenças encontradas entre os tratamentos PB e PF em relação à FP, podem estar relacionadas a uma alteração na taxa de mineralização do nitrogênio resultado do aumento da quantidade de C-disponível fornecido por esses materiais com relação C: N mais elevada.

Comparando-se os tratamentos PB e PV, nota-se que a adição do bokashi resultou em valores superiores de altura, circunferência, matéria fresca e seca da parte aérea assim como nitrogênio acumulado (Tabelas 4 e 5). Esses resultados revelam que no caso de serem aplicados juntos com a farinha de penas, o processo de fermentação e adição de inóculos realizados no preparo do bokashi tem influência na disponibilização do N, de modo que os microrganismos adicionados atuam também sobre o material contido na farinha de penas. Com isso, o bokashi foi mais eficiente que a mistura de farelos na redução do efeito tóxico causado pela farinha de penas.

O efeito do composto fermentado bokashi ao ser misturado com diferentes resíduos orgânicos ainda carece de pesquisas. Boechat et al. (2013), em seu experimento de incubação, notaram que a mistura do bokashi com resíduos orgânicos favorece a degradação da matéria orgânica e consequentemente aceleram a mineralização e disponibilização de nitrogênio no solo.

Por outro lado, Freitas et al. (2011), ao avaliarem em ambiente protegido o efeito de diferentes sistemas de

adubação orgânica no desempenho de plantas de brócolis, concluíram que a utilização de bokashi acabou reduzindo a eficiência da adubação de cobertura com biomassa de gliricídia.

Verifica-se que novos estudos relacionados à utilização da farinha de penas e do composto fermentado bokashi como fertilizante orgânico ainda são necessários, a fim de averiguar suas possíveis interações com outros materiais assim como sua dose e época de aplicação mais adequada.

## CONCLUSÃO

A utilização de bokashi, assim como de seus farelos sem passar pela fermentação, contribuíram para um maior desenvolvimento das plantas de milho, demonstrando potencial para serem utilizados como fertilizantes orgânicos para essa cultura.

Entretanto, esses dois tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si quanto ao desenvolvimento do milho, revelando que o processo de fermentação e adição de inóculos aos quais os farelos vegetais foram submetidos não tiveram efeito na disponibilização do nitrogênio para a cultura.

No que se refere à farinha de penas, nota-se que sua utilização na dose 410 kg ha<sup>-1</sup> não foi adequada para o desenvolvimento da cultura do milho. Porém sua aplicação junto a outros materiais orgânicos a exemplo do bokashi e da mistura de farelos vegetais é capaz de reduzir seu efeito tóxico resultando em um melhor desenvolvimento do milho. Nessa situação, o composto fermentado bokashi mostrou ser mais eficiente do que a mistura de farelos vegetais.

## LITERATURA CITADA

- AGEHARA, S.; WARNKE D. D. Soil Moisture and Temperature Effects on Nitrogen Release from Organic Nitrogen Sources. *Soil Science Society of American Journal*, v. 69, n. 6, p. 1844-1855, 2005.
- ÁLVAREZ-SOLÍS, J. D. et al. Integrated management of inorganic and organic fertilizers in maize cropping. *Agrociencia* (Montecillo), v. 44, no 5, p. 575-586, 2010.
- ASSIS JÚNIOR, S. L.; ZANUNCIO, J. C.; KASUYA, M. C. M. et al. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. *Revista Árvore*, v.27, p.35-41, 2003.



- BALDOTTO, M.; BALDOTTO, L. E. B. Initial performance of corn in response to treatment of seeds with humic acids isolated from bokashi. *Revista Ceres*, v.63, n.1, p. 62-67, 2016.
- BARRETO, C. F.; LÚCIO, P.; MARTINS, C. R. Efeito da torta de mamona e tungue como fertilizante orgânico e manejo de irrigação na produção da figueira em sistema orgânico. *Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp*, p. 509-518, 2016.
- BECKER, J.; EISENHAUER, N.; SCHEU, S. et al. Increasing antagonistic interactions cause bacterial communities to collapse at high diversity. *Ecology Letters*, v.15, p.468-474, 2012.
- BOECHAT, C. L.; SANTOS, J. A. G.; ACCIOLY, A. M. A. Net mineralization nitrogen and soil chemical changes with application of organic wastes with "Fermented Bokashi Compost". *Acta Scientiarum*, v. 35, n. 2, p. 257-264, 2013.
- BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Nitrogen-total. In: *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*. Madison, WI: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1982, p.595-624.
- BULLUCK, L.R.; BROSIUS, M.G.; EVANYLO, K. et al. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology*, v.19, n.2, p.147-160, 2002.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (eds.) *Fertilidade do Solo*. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.375-470.
- CHOI, J.M.; NELSON, P. V. Developing a slow release nitrogen fertilizer from organic sources. II. Using poultry feathers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 121, n. 4, p. 634-638, 1996.
- CLAESSEN, M. E. C. *Manual de métodos de análise do solo*. 2a ed. Embrapa: Rio de Janeiro, 1997.
- DE ALMEIDA, D. J.; DA SILVA, I. F.; DE SOUZA, R. F. et al. Influência da adubação orgânica e densidade de plantio na produção do milho pipoca. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, v. 20, n. 1, p. 17-21, 2015.
- DORNAS, M. F. *Potencial de uso de bioestimulante no cultivo de milho em São Gabriel do Oeste-MS*. Dissertação (Mestrado em Produção e Gestão Agroindustrial) Campo Grande, MS: UNIDERP, 2017. 39p.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.42, n.1, p.63-70, 2012.
- FREITAS G. B.; ROCHA M.S.; SANTOS R. H. S. et al. Broccoli yield in response to top-dressing fertilization with green manure and biofertilizer. *Revista Ceres*, v. 58, n. 5, p. 645-650, 2011.
- GAGNON, B.; BERROUARD, S. Effects of several organic fertilizers on growth of greenhouse tomato transplants. *Canadian Journal of Plant Science*, v. 74, n. 1, p. 167-168, 1994.
- GASKELL, M. Yield of bell peppers and soil nitrate nitrogen following application of varying rates of compost or feather meal with and without a prior green manure. *HortScience*, v. 36, p. 58, 2001.
- GUARESCHI, R. F.; SILVA, A.; SILVA, H. R., JR. et al. Adubação orgânica na produção de biomassa de milho em Latossolo de cerrado. *Global Science and Technology*, v. 6, p. 66-73, 2013.
- HADAS A.; KAUTSKY L. Feather meal, a semi-slow-release nitrogen fertilizer for organic farming. *Fertilizer Research*, v. 38, n. 2, p. 165-170, 1994.
- HARTZ T. K.; JOHNSTONE P. R. Nitrogen availability from high-nitrogen containing organic fertilizers. *Hort-Technology*, v. 16, p. 39-42, 2006.
- HIGA, T.; PARR, J.F. *Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment*. International Nature Farming Research Centre, Atami, Japan, 1994. p.16.
- HIGA, T.; WIDIDANA, G.N. Concept and theories of effective microorganisms. In: Parr, J.F., Hornic, S.B., Whitman, C.E. (Eds.), *Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming*. US Department of Agriculture, Washington, DC, USA, 1991. p.118-124.
- JOHNSON H. J.; COLQUHOUN J. B.; BUSSAN A. J. et al. Estimating nitrogen mineralization of composted poultry manure, organic fertilizers, and green manure crops for organic sweet corn production on a sandy soil under laboratory conditions. *Hort-Technology*, v. 22, n. 1, p. 37-43, 2012.
- JOHNSON, H. J.; COLQUHOUN, J. B.; BUSSAN, A. J. The feasibility of organic nutrient management in large-scale sweet corn production for processing. *HortTechnology*, v. 22, n. 1, p. 25-36, 2012.
- LIM, T. D.; PAK, T. W.; JONG, C. B. Yields of rice and maize as affected by effective microorganisms.



- Kyusei Nature Farming and Effective Microorganisms. *Proceedings of the 5th International Conference on Kyusei Nature Farming and Effective Microorganisms for Agricultural and Environmental Sustainability*. Bangkok, Thailand: Embassy Suites Windsor Palace. 1999. p. 92-98.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2006. 729p.
- MUBARAK, A. R.; ROSENANI, A. B.; ANUAR, A. R.; ZAUZYAH, D. S. Effect of incorporation of crop residues on a maize – groundnut sequence in the humid tropics. II. Soil physical and chemical properties. *Journal of plant nutrition*, v. 26, n. 12, p. 2343-2364, 2003.
- PINTO, D. F. P. *Composto bokashi com inóculo nativo e comercial, farinha de penas e a disponibilidade de nitrogênio e fósforo*. Dissertação (Mestrado em Ciências. Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas) Piracicaba, SP: ESALQ, 2018. 62p.
- R Core Team. R: *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2014. In: <http://www.R-project.org/>.
- RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H. et al. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. et al. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo (Boletim, 100)*. 2ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285p.
- SAIDIA, P. et al. *Evaluation of EM technology on maize (Zea mays L.) growth, development and yield in Morogoro, Tanzania*. Bustani Ya Tushikamane, Research Report, 2010.
- SANTOS, M. R. G. D. *Produção de substratos e fertilizantes orgânicos a partir da compostagem de cama de cavalo*. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica) Seropédica, RJ: UFRJ, 2016. 59p.
- SHARMA, S.; GUPTA, A. Sustainable Management of Keratin Waste Biomass: Applications and Future Perspectives. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 59, 2016.
- SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S. et al. Utilização do nitrogênio da palha de milho e de adubos verdes pela cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.32, p.2853-2861, 2008.
- SILVA, M. S. D. *Efeitos de esterco bovino em atributos químicos e físicos do solo, produtividade de milho e créditos de nitrogênio*. Tese (Doutorado em Zootecnia). Jaboticabal, SP: UNESP, 2018. 88p.
- SIQUEIRA, A. P. P.; SIQUEIRA, M. F. B. *Bokashi, adubo orgânico fermentado*. Manual técnico. Programa Rio Rural, n. 40, Niterói - Rio de Janeiro, 2013. 16p.
- VANN, M.; BENNETT, N.; FISHER, L. et al. Poultry Feather Meal Application in Organic Flue-Cured Tobacco Production. *Agronomy Journal*, v. 109, n. 6, p. 2800-2807, 2017.
- YULIANA, A. I.; SUMARNI, T.; ISLAMI, T. Application of bokashi and sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.) to improve inorganic fertilizer efficiency on maize (*Zea mays* L.). *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, v. 3, n. 1, p. 433-438, 2015

Recebido para publicação em 21/08/2019 e aprovado em 15/12/2019.

