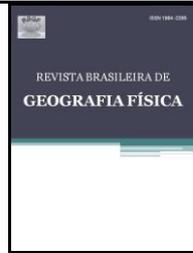




Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Capacidade de Fornecimento de P e K do Adubo da Independência e seus Componentes em Cultivos Sucessivos em Pote

Kássia S.R. Santos¹; Andresa P.S. Ramos²; Everardo V.S.B. Sampaio³; Maria do Socorro Bezerra Araújo⁴

¹Agrônoma. Incra. Av. Rosa e Silva 950, Recife, \PE. 52050-020. Fone: 81-3231-3053. kassia.santos@rce.incra.gov.br;
²Aluna de Iniciação científica, Dep. Energia Nuclear, UFPE, Av. Prof. Luis Freire 1000, Recife, PE, 50740-540. Fone: 81-2126-7979. andresapri@yahoo.com.br; ³Prof. Dep. Energia Nuclear, UFPE, Av. Prof. Luis Freire 1000, Recife, PE, 50740-540. Fone: 81-2126-7979. esampaio@ufpe.br; ⁴Prof. Dep. Ciências Geográficas- UFPE, Av. Ac. Hélio Ramos, s/n, Recife, PE, 50740-530. socorro@ufpe.br

Artigo recebido em 08/11/2011 e aceito em 27/11/2011

RESUMO

No Agreste Paraibano tem sido recomendada a utilização do Adubo da Independência (AI), um composto constituído por 14 ingredientes, alguns caros e de difícil aquisição. Visando formulações mais baratas, foi realizado um experimento com sorgo em casa de vegetação para testar diferentes combinações dos ingredientes: 1) AI; 2) AI menos batata doce, mel e fermento de pão; 3) a formulação 2 menos terra de barranco; 4) a formulação 3 menos pó de carvão; 5) a formulação 4 menos pó de telha; 6) a formulação 5 menos farinha de ossos; 7) vermicomposto + esterco + calcário + MB-4 + fosfato + potássio; 8) a formulação 7 menos calcário; 9) a formulação 8 menos potássio; 10) a formulação 9 menos fosfato; 11) esterco + MB-4 + fosfato + potássio; 12) esterco + MB-4; 13) esterco + fosfato; 14) esterco + potássio; 15) esterco; 16) vermicomposto + MB-4 + fosfato + potássio; 17) vermicomposto + MB4; 18) vermicomposto + fosfato; 19) vermicomposto + potássio; 20) vermicomposto; 21) MB-4 + fosfato + potássio; 22) MB-4; 23) fosfato; 24) potássio; 25) esterco + calcário; 26) vermicomposto + calcário; 27) calcário + MB-4 + fosfato + potássio; 28) calcário; 29) calcário + fosfato; 30) calcário + potássio; e 31) testemunha (solo sem adições). A retirada de batata doce, mel, terra de barranco, carvão vegetal, pó de telha, farinha de ossos e fermento não prejudicou o desenvolvimento do sorgo. A dose de 5 t ha⁻¹ não foi suficiente para suprir a demanda nutricional do sorgo. As formulações com esterco e/ou vermicomposto resultaram em teores e conteúdos de P e de K superiores aos das formulações apenas com ingredientes minerais.

Palavras-chave: esterco, composto orgânico, vermicomposto, sorgo, nutrientes minerais.

Potential Supply of P and K by the Independence Fertilizer and its Ingredients in Successive Greenhouse Plantings

ABSTRACT

The use of the fertilizer designated Independence (IF) has been recommended in the Agreste Zone of Paraíba State. The fertilizer is composed of 14 ingredients, some expensive and difficult to purchase. In order to obtain cheaper formulations, an experiment was conducted in a greenhouse with different combinations of ingredients, using sorghum as a test plant: 1) IF; 2) IF without sweet potatoes, honey and bread yeast; 3) combination 2 without subsoil earth; 4) combination 3 without lime; 5) combination 4 without tile powder; 6) combination 5 without bone meal; 7) earthworm compost + cattle manure + lime + MB-4 + phosphate + potassium; 8) combination 7 without lime; 9) combination 8 without potassium; 10) combination 9 without phosphate; 11) manure + MB-4 + phosphate + potassium, 12) manure + MB-4, 13) manure + phosphate; 14) manure + potassium; 15) manure; 16) earthworm compost + MB-4 + phosphate + potassium; 17) earthworm compost + MB4; 18) earthworm compost + phosphate, 19) earthworm compost + potassium; 20) earthworm compost; 21) MB-4 + phosphate + potassium; 22) MB-4; 23) phosphate, 24) potassium; 25) manure + lime; 26) earthworm compost + limestone; 27) lime + MB4 + phosphate + potassium; 28) lime; 29) lime + phosphate, 30) lime + potassium; and 31) control (soil without additions). The withdrawal of sweet potatoes, honey, subsoil earth, charcoal, tile powder, bone meal and bread yeast had no significant effect in the plant development. The dose of 5 t ha⁻¹ of fertilizer was not enough to meet the nutritional demand of the sorghum plants. The combinations with manure and/or earthworm compost resulted in plant P and K concentrations and contents superior to those obtained with only mineral components.

Key words: manure, organic fertilizer, earthworm compost, sorghum, mineral nutrients.

* E-mail para correspondência: kassia.santos@rce.incra.gov.br
(Santos, K. S. R.).

1. Introdução

A adição de adubos químicos na agricultura de sequeiro do semi-árido nordestino é bastante reduzida, devido à combinação do elevado risco de perda das colheitas, pela irregularidade das chuvas, com o alto custo dos adubos e o baixo poder aquisitivo dos agricultores (Menezes & Sampaio, 2000). O cultivo continuado por vários anos, sem adubação, leva à depleção de nutrientes do solo e redução das produtividades, notadamente em áreas de solos relativamente pobres. O Agreste Paraibano é uma região com grande proporção de solos arenosos e de baixa fertilidade (Sampaio & Salcedo, 1997; Menezes et al., 2002). Por outro lado, tem uma distribuição de chuvas um pouco mais regular que a maior parte do semi-árido, de forma que os agricultores plantam intensivamente suas pequenas propriedades. Culturas comerciais, como a batatinha e a erva-doce, são bastante usadas, freqüentemente adubadas com esterco bovino, caprino ou ovino.

Adubação com esterco é uma prática milenar e reconhecidamente benéfica (Kiehl, 1985; Holanda, 1990; Malavolta et al., 2002). No entanto, a disponibilidade no semi-árido nordestino é limitada (Garrido et al., 2008). No Agreste Paraibano, com predominância de pequenas propriedades agrícolas, a produção de esterco é baixa. Assim, os agricultores dependem de suprimento de fora, irregular e,

às vezes, muito caro. Além disso, a adubação com esterco não é perfeitamente equilibrada, sendo relativamente pobre em N (Kiehl, 1985; Holanda, 1990; Malavolta, 1989; Malavolta et al., 2002). Sua aplicação pode levar à imobilização temporária de N, um problema que pode ser agravado pela falta de chuvas. Por isto, os agricultores têm procurado alternativas ao seu uso ou, mais comumente, formas de complementar seu uso para maximizar a eficiência de um recurso escasso (AS-PTA, 2003; Silva et al., 2007a; Silva & Menezes, 2007).

Uma destas alternativas é o Adubo da Independência, introduzido pela ONG Assessoria e Serviços a Projetos de Tecnologia Alternativa (AS-PTA), muito ativa no Agreste Paraibano. Ele foi rapidamente adotado por um grande número de agricultores, que se diz satisfeito com seu uso. No entanto, sua eficiência ainda não foi testada cientificamente. Mais importante, é que ele é constituído por 14 ingredientes, alguns caros e outros de difícil aquisição, e não há evidências de que todos eles sejam necessários. Por isto, o teste de diferentes combinações de ingredientes é essencial para a recomendação de formulações mais baratas e mais eficientes, na região. Este trabalho é um primeiro passo nesta direção, avaliando, em casa de vegetação, os efeitos das adições do Adubo da Independência, com sua composição completa, e de composições mais simples, em quatro cultivos consecutivos,

usando o sorgo forrageiro como planta teste.

2. Material e Métodos

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Energia Nuclear, da Universidade Federal de Pernambuco, de novembro de 2005 a maio de 2006. Ele constou de 31 tratamentos, com quatro repetições, sendo um deles o Adubo da Independência, com sua composição completa (AIC) e, os outros, composições sem alguns dos ingredientes, até o limite da incorporação de um único ingrediente. Os 14 ingredientes do AIC foram: 1) 300 kg de terra argilosa de barranco; 2) 200 kg de vermicomposto; 3) 200 kg de farelo de trigo, 4) 100 kg de esterco bovino; 5) 100 kg de calcário; 6) 100 kg de MB4; 7) 80 kg de pó de carvão; 8) 50 kg de farinha de ossos; 9) 10 kg de pó de telha; 10) 10 kg de fosfato natural; 11) 10 kg de potássio natural; 12) 10 kg de batata doce; 13) 3 L de mel de cana de açúcar; e 14) 200 g de fermento de pão. O MB4 é uma farinha de rochas composta de: 39,73 % de SiO₂, 17,82 % de MgO, 7,10 % de Al₂O₃, 6,86 % de Fe₂O₃, 5,90 % de CaO, - 1,48 % de Na₂O, 0,84 % de K₂O, 0,18 % de S, 0,075 % de P₂O₅, 0,074 % de Mn, 0,029 % de Cu, 0,029 % de Co e 0,03 % de Zn. A granulometria do MB-4 é: 2 % entre peneiras número 10 e 20; 10 % entre peneiras número 20 e 50 e 88 % menor que peneira número 50 (Barreto, 1998). O fosfato natural utilizado foi o Fosbahia com aproximadamente 25 % de P₂O₅. A rocha potássica foi uma biotita xisto

proveniente da Paraíba, com 10 % de K₂O. O calcário tinha 42,3 % de CaO e 7,4 % de MgO, com PN= 93,79 % e PRNT = 93,53 %.

Os 31 tratamentos foram: 1) AIC; 2) AIC menos batata doce, mel e fermento de pão.; 3) AIC menos batata doce, mel, fermento de pão e terra de barranco; 4) AIC menos batata doce, mel, fermento de pão, terra de barranco e pó de carvão; 5) AIC menos batata doce, mel, fermento de pão, terra de barranco, pó de carvão e pó de telha; 6) AIC menos batata doce, mel, fermento de pão, terra de barranco, pó de carvão, pó de telha e farinha de ossos; 7) vermicomposto + esterco + calcário + MB-4 + fosfato + potássio; 8) vermicomposto + esterco + MB-4 + fosfato + potássio; 9) vermicomposto + esterco + MB-4 + fosfato; 10) vermicomposto + esterco + MB4; 11) esterco + MB-4 + fosfato + potássio; 12) esterco + MB-4; 13) esterco + fosfato; 14) esterco + potássio; 15) esterco; 16) vermicomposto + MB-4 + fosfato + potássio; 17) vermicomposto + MB4; 18) vermicomposto + fosfato; 19) vermicomposto + potássio; 20) vermicomposto; 21) MB-4 + fosfato + potássio; 22) MB-4; 23) fosfato; 24) potássio; 25) esterco + calcário; 26) vermicomposto + calcário; 27) calcário + MB-4 + fosfato + potássio; 28) calcário; 29) calcário + fosfato; 30) calcário + potássio; e 31) testemunha (solo sem adições).

Os potes foram preenchidos, cada um, com 0,7 kg de solo, coletado na camada arável (0 a 20 cm) de uma área do Centro Agroecológico São Miguel, no município de

Esperança, Paraíba. A quantidade coletada foi seca ao ar, destorroada, passada em peneira de 5 mm e misturada. O solo foi classificado, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), como Neossolo Regolítico. Uma amostra da quantidade coletada tinha as seguintes características químicas e físicas: N total = 532 mg kg⁻¹ (Bremner & Mulvaney, 1982); P e K, extraídos com Mehlich 1 e o P determinado por colorimetria (Murphy & Riley, 1962) e o K por fotometria de chama = 3,74 mg kg⁻¹ e 63,7 mg kg⁻¹, respectivamente; pH (água 1: 2,5) = 6,5; densidade global = 1,39 g cm⁻³; densidade de partículas = 2,58 g cm⁻³; e classificação textural = franco arenosa. As determinações seguiram as recomendações da EMBRAPA (1997).

As adições do material de cada tratamento foram feitas misturando-se a toda a massa de solo do pote, iniciando-se com uma porção menor e acrescentando-se aos poucos. A dose do Adubo da Independência (AIC), incorporada uma única vez, no início do experimento foi de 1,25 g pote⁻¹, equivalente a cerca de 5 t ha⁻¹. Os outros tratamentos tiveram doses equivalentes às suas quantidades no AIC.

Em cada pote foram semeadas 10 sementes do sorgo forrageiro IPA- 467-4-2, fazendo-se o desbaste para 6 plantas por pote, 15 dias após o plantio. As plantas foram cultivadas por 47 dias, com adição diária de água destilada para manter a umidade próxima à capacidade de campo (pote). A

cada colheita eram retiradas apenas as partes aéreas que foram secas em estufa a 60 °C, até alcançar peso constante, moídas em moinho Wiley e digeridas com mistura de ácido sulfúrico e água oxigenada (Bremner & Mulvaney, 1982). Os teores de P e K nos extratos foram analisados por colorimetria e por fotometria de chama, respectivamente (EMBRAPA, 1997).. O cultivo do sorgo foi repetido por mais três vezes consecutivas, seguindo-se os mesmos procedimentos, exceto a adição dos compostos correspondentes aos tratamentos, que só foram feitos no plantio inicial. Ao final do experimento foram coletadas amostras de solo para a determinação do pH, P e K extraíveis (EMBRAPA 1997).

N, P e K do AIC, do esterco e do vermicomposto foram determinados após digestão com ácido sulfúrico e água oxigenada (Bremner & Mulvaney, 1982) e o C foi determinado segundo Snyder & Trofymow (1984). O N total foi analisado pelo método semi-micro Kjeldahl, o fósforo pela metodologia de Murphy & Riley (1962) e o potássio por fotometria de chama (EMBRAPA, 1997). O AIC apresentou as seguintes características: N = 3,33 g kg⁻¹; P = 7,8 g kg⁻¹; K = 11,75 g kg⁻¹; e C = 103,8 g kg⁻¹. As do esterco foram: N = 10,33 g kg⁻¹; P = 3,0 g kg⁻¹; K = 49,07 g kg⁻¹; e C = 148,5 g kg⁻¹. As do vermicomposto foram: N = g kg⁻¹; P = 4,77g kg⁻¹; K = 3,97 g kg⁻¹.

Os resultados de massa seca e concentrações e conteúdos de P e de K de

cada cultivo foram submetidos, isoladamente, a análise de variância com um delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, com 31 tratamentos e 4 repetições. Devido à grande quantidade e complexidade de tratamentos, as médias de grupos destes tratamentos que formavam conjuntos coerentes foram comparadas às demais médias pelo teste de F em contrastes ortogonais, aos níveis de 5 e 1 % de probabilidade usando o programa Statistica (Statsoft, 1995). Apenas os resultados significativos são apresentados.

3. Resultados e Discussão

3.1 Produção de massa seca nos quatro cultivos

Os acréscimos na produção de massa seca das plantas, mesmo nos tratamentos que deram o melhor resultado, foram relativamente pequenos, em todos os quatro cultivos sucessivos (Figura 1). Enquanto na testemunha a produção acumulada dos quatro cultivos foi de 1,77 g vaso⁻¹, no tratamento com a melhor produção foi de 2,44 g vaso⁻¹ (tratamento número 2 sem batata doce, fermento e mel de cana de açúcar), um acréscimo de apenas 38 %. Esta ausência de efeito não foi um resultado da alta fertilidade do solo usado como testemunha. As análises deste solo indicam que ele era pobre (N total = 532 mg kg⁻¹; P extraível = 3,74 mg kg⁻¹ e K 63,7 mg kg⁻¹) e o decréscimo na produção, do primeiro ao último cultivo, mostra que a capacidade de fornecer nutrientes foi

diminuindo com as sucessivas retiradas. Em experimento em vasos realizado por Silva & Menezes (2008), as produções de massa seca de sorgo, obtidas com a incorporação de esterco, em dois cultivos sucessivos (4,54 e 1,22 g de massa seca vaso⁻¹), foram mais do dobro das obtidas no presente estudo. Portanto, a contribuição das adições dos tratamentos é que foram pequenas, ou pela baixa quantidade dos nutrientes que eles aportaram ou pela sua baixa disponibilidade ou, ainda, pelo desequilíbrio no fornecimento.

Apesar da pequena contribuição dos tratamentos, eles diferiram significativamente. O grupo de tratamentos de melhor produção (tratamentos 1 a 6) incluiu o Adubo da Independência completo e as formulações sem batata doce, mel, terra de barranco, carvão vegetal, pó de telha, farinha de ossos e fermento. A ausência de diferenças dentro deste grupo indica que estes compostos não fazem grande diferença no crescimento das plantas. Alguns deles correspondem a quantidades muito pequenas (batata doce, 10 kg, mel, 3 L e fermento 0,2 kg), aportando poucos nutrientes à formulação total (com cerca de 1175 kg de massa), e outros a material de baixa liberação de nutrientes (carvão, telha e farinha de ossos), com predomínio de poucos nutrientes: carvão (Ca, Mg) e farinha de ossos (P e Ca). Os microrganismos do fermento ou não se desenvolveram no solo ou não foram eficientes em promover a liberação de nutrientes adicionais aos já liberados pela

microbiota nativa.

Não há recomendações de doses de farinha de ossos, carvão e pó de telha para a cultura do sorgo. Com relação à farinha de ossos sabe-se que, em horticultura e em floricultura, aplicam-se aproximadamente 180 g m⁻² de solo, antes da semeadura (Malavolta et al., 2002) e, no caso das frutíferas, as doses propostas variam de 150 a 200 g m⁻² de solo ou nas covas das fruteiras (Fornari, 2002). A menor destas doses indicadas equivale a 1,5 t ha⁻¹ e a dose aplicada com o adubo da independência foi de apenas 213 kg ha⁻¹, possivelmente insuficiente para suprir as necessidades nutricionais do sorgo.

Fornari (2002) afirmou que, apesar de ser muito utilizada como ativador em compostos, a farinha de ossos pode ser substituída pelo fosfato natural ou termofosfato. Como o fosfato natural já faz parte da formulação do adubo da independência, é possível que a farinha de ossos pudesse ser retirada, sem afetar significativamente seu desempenho.

A utilização do pó de carvão parece proporcionar apenas maior aeração no processo de compostagem (SIMAS, 1998), uma vez que sua composição química não é muito rica em nutrientes (EMBRAPA, 2006; Silva et al., 2007b; Assis, 2008). No caso do pó de telha, vários autores indicam que mais de 50 % da sua composição é de óxidos de silício, tendo, portanto, um valor nutricional muito baixo (Vieira et al., 2003; Dias, 2004).

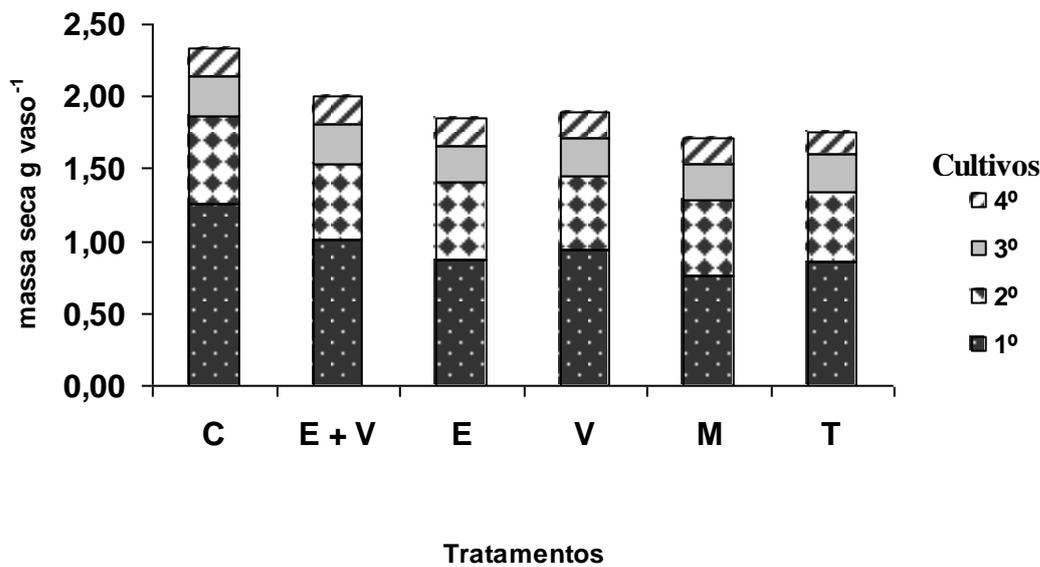
A superioridade dos tratamentos 1 a 6

indica que em sua composição trazem compostos cuja ausência implica em redução da produção das plantas. A análise conjunta dos resultados mostra que estes compostos foram as três fontes de matéria orgânica de maior peso: vermicomposto, esterco e farelo de trigo. A retirada de qualquer um deles da formulação implicou na redução significativa da produção de matéria seca das plantas (Figura 1). Como são compostos complexos, não é possível atribuir seus efeitos ao aporte de um ou até mesmo mais nutrientes. O efeito poderia até vir da melhoria nas condições físicas do solo, um fato comprovado com adições de resíduos orgânicos, como esterco e vermicomposto (Peavy & Greig, 1972; Silva et al., 2004; Santos et al., 2006; Severino et al. 2006). No entanto, a condição em vasos, com suprimento adequado de água, aponta mais para um efeito químico. Este pode ser atribuído ao aporte de N e, talvez, S. Guedes et al. (2008) afirmaram que o N e o S exercem um papel fundamental no aumento da produção do sorgo. Eles verificaram aumentos na produção com a aplicação de nitrogênio associada à adubação sulfatada, com as doses de 80 kg ha⁻¹ de S mais 100 kg ha⁻¹ de N.

A posição de outros grupos com produções significativamente maiores que a da testemunha reforça esta conclusão do efeito dos compostos orgânicos. Os tratamentos com adição de esterco e outros componentes (tratamentos 11, 12, 13, 14, 15 e 25) e de vermicomposto e outros

componentes (tratamentos 16, 17, 18, 19, 20 e 26) tiveram maior produção que a dos tratamentos semelhantes, mas sem adição dos dois compostos orgânicos (tratamentos 27, 28, 29, 30 e 31). Ademais, o grupo com esterco não diferiu do grupo com vermicomposto. Também não diferiram estes dois grupos do grupo que recebeu tanto esterco quanto

vermicomposto e os outros mesmos componentes (tratamentos 7, 8, 9 e 10). Portanto, a adição de um único dos três compostos orgânicos de maior peso e mesmo a adição de dois deles (esterco e vermicomposto) resultou em aumentos de produção, ainda que inferiores aos obtidos quando os três foram aplicados juntos.



Tratamentos: C: os mais completos (do 1º ao 6º); E + V: esterco mais vermicomposto e outros componentes minerais (do 7º ao 10º); E: esterco e outros componentes minerais (do 11º ao 15º e 25º); V: vermicomposto e outros componentes minerais (do 16º ao 20º e 26º); M: adubação mineral e calcário (do 21º ao 24º e do 27º ao 30º); e T: testemunha (31º).

Figura 1. Produção de matéria seca, em quatro cultivos sucessivos, da parte aérea do sorgo forrageiro IPA 467-4-2 cultivado em vasos com 700 g de solo e 1,25 g pote⁻¹ de Adubo da Independência (equivalente a cerca de 5 t ha⁻¹) e quantidades de seus componentes equivalentes às suas proporções na formulação do Adubo da Independência.

Nenhum dos tratamentos que não recebeu qualquer uma das três fontes orgânicas, isoladamente ou analisados em bloco, diferiu da testemunha. Portanto, a adição isolada ou conjunta de fosfato natural, rocha potássica, calcário e MB-4 não trouxe ganhos à produção das plantas. Esta ausência

de efeito pode ter ocorrido pela disponibilidade relativamente alta destes nutrientes minerais no primeiro cultivo, o que produziu mais matéria seca e influenciou mais a produção integrada dos quatro cultivos. Para esta disponibilidade podem ter contribuído as próprias fontes orgânicas, todas com teores

razoáveis de um ou mais dos nutrientes minerais. O esterco é sabidamente rico em P e K (Kiehl, 1985; Mavalota et al., 2002) e o vermicomposto em Ca (Kiehl, 1985; Mavalota et al., 2002). Depois do primeiro cultivo, a deficiência em N e/ou S pode ter mascarado a contribuição dos nutrientes destas fontes minerais e também qualquer contribuição das fontes orgânicas.

3.2 Produções de massa seca nos cultivos isolados

3.2.1 Primeiro Cultivo

O Adubo da Independência original e as suas formulações mais completas (tratamentos 1 a 6) resultaram, de maneira geral, em produções de massa seca (1,2 a 1,32 g vaso⁻¹) maiores que as dos demais tratamentos (-----). No entanto, tais valores estão muito abaixo do encontrado (4,54 g vaso⁻¹) por Silva & Menezes (2008) em vasos adubados com o equivalente a 15 t ha⁻¹ esterco.

A aplicação de vermicomposto com ou sem esterco (tratamentos 7, 8, 9, 10, 16, 17, 18 e 20), apresentou produções médias de massa seca superiores aquelas encontradas nos tratamentos contendo apenas o esterco como fonte orgânica (do tratamento 11 ao 15).

Não houve efeito da adubação mineral (tratamentos 21 ao 24) na produção de massa seca do sorgo. Estes tratamentos apresentaram médias inferiores à produção da testemunha (tratamento 31). Ribeiro et al. (2000)

avaliaram o efeito de adubos orgânicos com ou sem adubação química na produção de pimentão e concluíram que a adição de fertilizantes químicos poderia ser dispensada. Da mesma forma que a adubação mineral, a utilização de calcário combinado com fontes orgânicas ou minerais, de maneira geral, resultou em médias de massa seca menores do que a da testemunha. A única exceção foi o tratamento 26 que consistia na combinação do calcário com vermicomposto (média de 0,96 g vaso⁻¹).

3.2.2 Segundo Cultivo

No segundo cultivo, de maneira geral, houve queda na produção em todos os tratamentos (cerca de metade da biomassa do primeiro cultivo). Contudo, os seis primeiros tratamentos continuaram a apresentar os melhores resultados (médias variando de 0,53 a 0,66). Silva & Menezes (2008), em um segundo cultivo em vasos, obtiveram valores de biomassa seca de sorgo variando de 0,43 a 1,22 g vaso⁻¹. Os tratamentos contendo apenas o vermicomposto como fonte orgânica (tratamentos 16, 17, 18, 19, 20 e 26) apresentaram médias variando de 0,49 a 0,57 g vaso. Por outro lado, a adição de esterco com ou sem vermicomposto (tratamentos 7 a 15 e 25, respectivamente), tiveram um melhor desempenho. Aparentemente, a incorporação do vermicomposto produziu melhores rendimentos no curto prazo, já no primeiro cultivo, enquanto o esterco apresentou um melhor efeito residual. Tais resultados

sugerem que a combinação das duas fontes orgânicas contribui para um melhor fornecimento de nutrientes.

3.2.3 Terceiro Cultivo

No terceiro cultivo houve queda ainda maior na produção, que foi apenas de cerca da metade da obtida no 2º cultivo e, aproximadamente um quarto da do 1º cultivo. De maneira geral, houve pouca diferença entre os tratamentos, prevalecendo aqueles mais complexos (do tratamento 1 ao 6).

Não houve diferença estatística com relação à utilização do esterco isolado ou combinado com o vermicomposto. Os tratamentos contendo vermicomposto como fonte orgânica apresentaram médias inferiores àquelas encontradas quando o esterco foi utilizado, mas superiores às do tratamento controle (tratamento 31).

3.2.4 Quarto Cultivo

Persistiu a queda na produção, mas em menor proporção do que vinha ocorrendo, com valor médio de 70 % da biomassa do 3º cultivo. Os seis primeiros tratamentos ainda apresentaram um desempenho melhor, principalmente, os tratamentos 1 e 2. Contudo, não houve diferença entre esses tratamentos e aqueles com a mistura de esterco, vermicomposto e adubos minerais (tratamentos 7 a 10).

3.3 Nutrientes no sorgo nos quatro cultivos

O adubo da independência original e

suas formulações mais completas proporcionaram os maiores teores e conteúdos de P no sorgo forrageiro durante os quatro cultivos sucessivos. Tais tratamentos apresentaram teores médios variando de 0,77 a 2,82 mg de P g de planta⁻¹, no primeiro e quarto cultivo, respectivamente. Provavelmente, a adição das fontes orgânicas de maior peso (esterco, vermicomposto e farelo de trigo) associadas à farinha de ossos e ao fosfato natural contribuiu para um fornecimento mais equilibrado desse nutriente para o sorgo.

Os teores de P, em todos os tratamentos, foram inferiores aos valores foliares considerados ideais para sorgo por Malavolta et al. (1997) que são de 4 a 8 mg de P g⁻¹. Isso indica que a dose utilizada no experimento (5 t ha⁻¹) não foi suficiente para suprir a necessidade de P do sorgo e, como os outros tratamentos foram proporcionais a formulação original, conseqüentemente apresentaram resultados semelhantes ou inferiores.

Maiores teores e conteúdos de potássio no sorgo também foram encontrados nas plantas cultivadas nos seis primeiros tratamentos. Mas, da mesma forma que para o fósforo, os teores de K foram inferiores àqueles citados como adequados por Malavolta et al. (1997), que seriam de 25 a 30 mg g⁻¹.

De maneira geral, os tratamentos orgânicos apresentaram teores e conteúdos de P e de K superiores ou semelhantes aos tratamentos com adubação mineral, que por

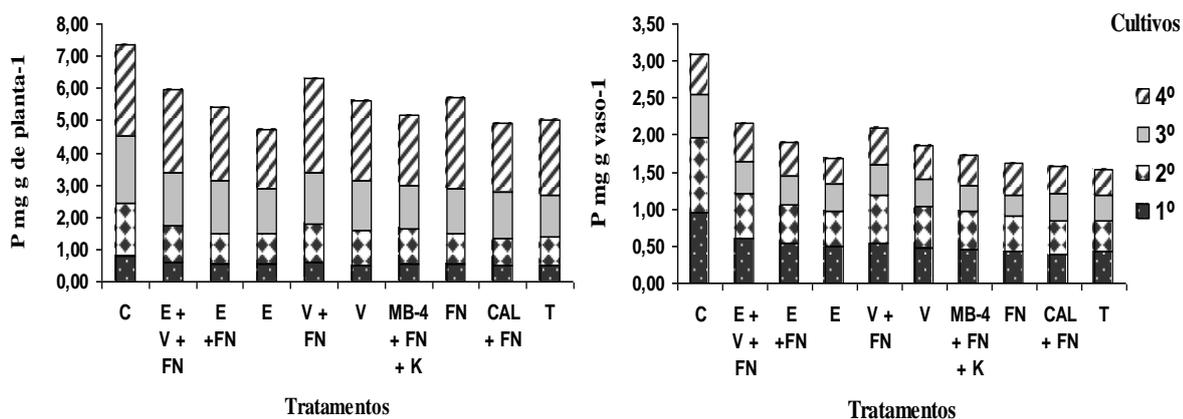
sua vez não diferiram da testemunha.

3.4 Nutrientes no sorgo nos cultivos isolados

3.4.1 Primeiro cultivo

Os tratamentos mais completos (1 a 6) apresentaram teores médios (0,77 mg g⁻¹ planta) e conteúdos médios (0,96 mg vaso⁻¹) de P superiores aos dos demais tratamentos

(Figura 2). Possivelmente, a combinação das três fontes orgânicas (esterco, vermicomposto e farelo de trigo) mais o fosfato natural (Fosbahia, com 24 % de P₂O₅) e a farinha de ossos (24 % de P de acordo com Malavolta et al., 2002 e Fornari, 2002) contribuíram para a maior disponibilidade desse nutriente.



Tratamentos: C: os mais completos (do 1º ao 6º); E + V+ FN: esterco mais vermicomposto e fosfato natural e outros componentes minerais (do 7º ao 9º); E + FN: esterco, fosfato natural e outros componentes minerais (11º e 13); E: só esterco (15); V + FN: vermicomposto, fosfato natural e outros componentes minerais (16 e 18); V : só vermicomposto (20); MB-4 + FN + K: MB-4, fosfato natural e potássio (21); FN: fosfato natural (23); CAL + FN: calcário mais fosfato natural (27 e 29); e T: testemunha (31º).

Figura 2. Concentrações e conteúdos de fósforo na parte aérea do sorgo, em quatro cultivos sucessivos, em vasos contendo 700 g de um Neossolo Regolítico e 1,25 g pote⁻¹ de Adubo da Independência (equivalente a cerca de 5 t ha⁻¹) e quantidades de seus componentes equivalentes às suas proporções na formulação do Adubo da Independência.

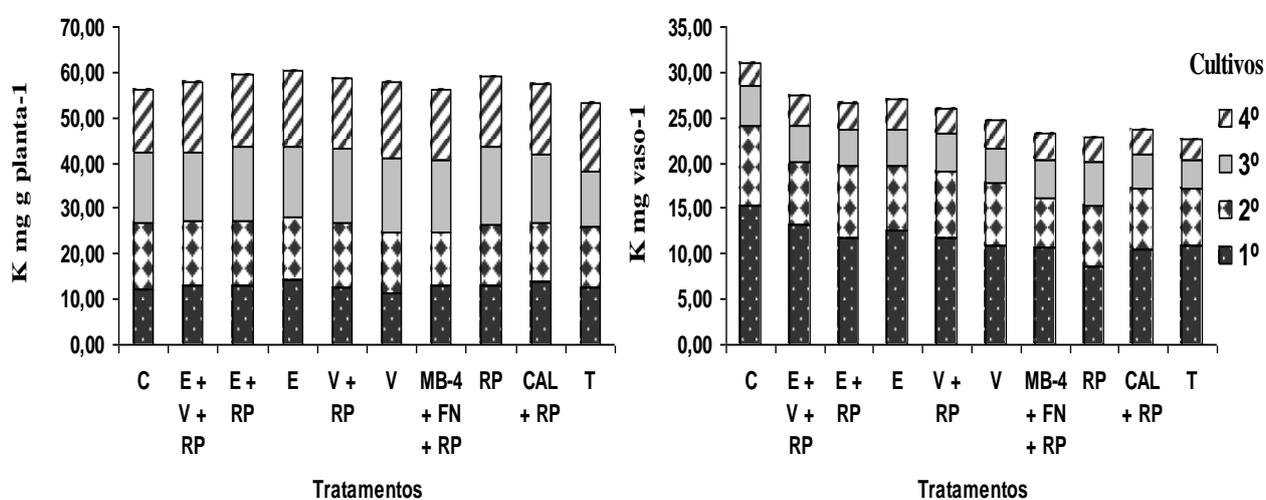
Os teores de P no sorgo forrageiro proporcionados pelos tratamentos que continham apenas o vermicomposto como fonte orgânica (tratamentos 16 a 20 e 26) não diferiram significativamente dos tratamentos que tinham o vermicomposto juntamente com o esterco (7 a 10), com teores médios de 0,57 e 0,62 mg de P g⁻¹ planta, respectivamente. No entanto, a união dessas duas fontes

orgânicas favoreceu o maior conteúdo de P no sorgo, que diferiu estatisticamente (5 % de probabilidade) dos tratamentos com a adição do vermicomposto e outros componentes. Constatou-se que adição de esterco ou vermicomposto e outros componentes proporcionaram teores e conteúdos de P nas plantas semelhantes e que ambos resultaram em conteúdos superiores aos da adubação

mineral e da testemunha.

O maior teor de K na parte aérea do sorgo forrageiro (Figura 3) foi proporcionado pelos tratamentos com esterco (13,4 mg g de planta⁻¹) e outros componentes (tratamentos 11 a 15 e 25) que por sua vez não diferiram dos tratamentos com adubação mineral (21 a 24 e 27 a 31) e a mistura de esterco mais vermicomposto e outros componentes (7 a

10). Esse resultado possivelmente está relacionado ao conteúdo de K no esterco (49 mg g⁻¹) e na rocha potássica – biotita xisto (10 % de K₂O). Os tratamentos mais completos apresentaram um maior conteúdo de K na parte aérea do sorgo (14,6 mg vaso⁻¹). Isto ocorreu devido à maior produção de massa seca proporcionada por este tratamento.



Tratamentos: C: os mais completos (do 1º ao 6º); E + V + RP: esterco mais vermicomposto, rocha potássica e outros componentes minerais (7º e 8º); E + RP: esterco mais rocha potássica (11 e 14); E: só esterco (15º); V + RP: vermicomposto mais rocha potássica (16º e 19º); V: só vermicomposto (20º); MB-4 + FN + RP: MB-4 mais fosfato natural e rocha potássica (21º); RP: rocha potássica (24); CAL + RP: calcário mais rocha potássica (27 e 30) e T: testemunha (31º).

Figura 3. Concentrações e conteúdos de potássio na parte aérea do sorgo, quatro cultivos sucessivos, em vasos contendo 700 g de um Neossolo Regolítico e 1,25 g pote⁻¹ de Adubo da Independência (equivalente a cerca de 5 t ha⁻¹) e quantidades de seus componentes equivalentes às suas proporções na formulação do Adubo da Independência.

3.4.2 Segundo cultivo

Houve aumentos nas concentrações de P na parte aérea do sorgo em todos os tratamentos quando comparados aos do primeiro cultivo. Isto indica a limitação por outro nutriente (talvez N ou S), uma vez que

ocorreu uma queda de aproximadamente 50 % da produção de massa seca. Os tratamentos mais completos ainda apresentaram os maiores teores (1,68 mg g⁻¹ planta) e conteúdos de P (1,01 mg P vaso⁻¹). Os tratamentos com vermicomposto e outros

componentes (16° ao 20° e 26°) proporcionaram um teor médio de 1,22 mg de P g⁻¹ planta, destacando-se com relação aos teores obtidos com o esterco (0,99 mg de P g⁻¹ planta).

A maior concentração de K no sorgo foi obtida com os tratamentos mais completos (média de 14,6 mg g de planta⁻¹). No entanto, não houve diferença entre estes tratamentos e aqueles que continham o esterco e o vermicomposto, combinados ou não. Os seis primeiros tratamentos também proporcionaram os maiores conteúdos deste nutriente (média de 8,82 mg vaso⁻¹).

3.4.3 Terceiro cultivo

As concentrações de P no sorgo foram superiores às dos dois primeiros cultivos, em todos os tratamentos, com médias variando de 1,30 a 2,09 mg g de planta⁻¹, para a testemunha e os tratamentos mais completos (1 a 6), respectivamente. Os tratamentos com vermicomposto, associado ou não ao esterco, apresentaram teores de P superiores aos que continham apenas o esterco como fonte orgânica. Embora tenha resultado em teores médios de P no sorgo superiores aos obtidos com a adubação mineral, a adição de esterco proporcionou conteúdos semelhantes.

Quanto ao K no sorgo, a adubação mineral (tratamentos 21 a 24 e 27 a 30) proporcionou os maiores teores (16,1 mg g de planta⁻¹) e conteúdos (mg vaso⁻¹). No entanto, tais tratamentos diferiram apenas da testemunha (1% de probabilidade).

3.4.4 Quarto cultivo

No último cultivo, a concentração de P no sorgo foi ainda maior do que nos cultivos anteriores, o que sugere um efeito de concentração pois a produção da massa seca foi muito baixa nesse cultivo. Os tratamentos mais completos continuaram a proporcionar maiores teores e conteúdos desse nutriente na parte aérea do sorgo. Os tratamentos com vermicomposto continuaram superiores aos com esterco, que não diferiram dos tratamentos apenas com adubação mineral ou da testemunha.

Não houve diferença significativa com relação aos teores e conteúdos de K no sorgo entre os tratamentos com a adição isolada ou conjunta de esterco e vermicomposto que por sua vez apresentaram teores superiores àqueles fornecidos pelos tratamentos mais completos.

4. Conclusões

O desenvolvimento do sorgo não foi prejudicado pela retirada, da composição original do Adubo da Independência, dos ingredientes: batata doce, mel, terra de barranco, carvão vegetal, pó de telha, farinha de ossos e fermento. A dose equivalente a 5 t ha⁻¹ do Adubo da Independência não foi suficiente para suprir a demanda nutricional do sorgo forrageiro. Os tratamentos orgânicos proporcionaram teores e conteúdos de P e de K no sorgo forrageiro superiores ou semelhantes aos tratamentos com adubação mineral.

5. Agradecimentos

Ao CNPQ pelas bolsas de doutorado e de Iniciação Científica concedidas ao primeiro e segundo autor, respectivamente.

6. Referências

Assessoria e Serviços a Projetos de Tecnologia Alternativa- AS-PTA. (2003). Cultivos ecológicos: um roçado de alimentos para a vida. Esperança, AS-PTA – Paraíba. (Cartilha). 36p.

Assis, C. F. C. de. (2008). Caracterização de carvão vegetal para sua injeção em altos-fornos a carvão vegetal de pequeno porte. Minas Gerais. Ouro Preto, Universidade Federal de Ouro Preto. 113p.:il. (Dissertação Mestrado).

Barreto, S. B. (1998). A farinha de rochas MB-4 e o solo. 66p

Bremner, J. M. & Mulvaney, C. S. Nitrogen-Total. In: Page, A.L.; Miller, R. H.; Keeney, D. R. (eds). (1982). Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties. Part. 2. Madison, ASA-SSSA. p. 595-624. (Agronomy Monograph, 9).

Dias, J. F. (2004). Avaliação de resíduo da fabricação de telha cerâmica para seu emprego em camada de pavimento de baixo custo — São Paulo. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade Federal de São Paulo. 251p. (Tese Doutorado)

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. (2006). Centro nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. Carvão vegetal como condicionador de solo para arroz de terras altas (cultivar Primavera): um estudo prospectivo. (Comunicado Técnico, 125)

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. (1999). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 412p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. (1997). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2^a ed. Rio de Janeiro. 212p.

Holanda, J. S. (1990). Esterco de curral: composição, preservação e adubação. Natal, EMPARN. 69P.(Documentos,17)

Fornari, E. (2002). Manual prático de agroecologia. São Paulo, Aquariana. 240 p.

Garrido, M. S.; Sampaio, E. V. S. B.; Menezes, R. S. C. Potencial de adubação orgânica com esterco no Nordeste do Brasil. In: Menezes, R. S. C.; Sampaio, E. V. S. B.; Salcedo, I. H. (orgs). (2008). Fertilidade do solo e produção de biomassa no semi-árido. Recife: Editora Universitária UFPE, p. 123-140.

- Guedes, R. S.; Fernandes, A. R.; Souza, H. L. S. de. (2008). Crescimento e produção do sorgo para silagem em função de doses de nitrogênio e de enxofre. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA e SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL.
- Kiehl, E.J. (1985). Fertilizantes orgânicos: São Paulo: Ceres. 492p.
- Malavolta, E.; Pimentel-Gomes, F.; Alcarde, J. C. (2002). Adubos e adubações. São Paulo, Nobel, 200p.
- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. de. (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2ª ed., rev. E atual. Piracicaba: POTAFOS, 319p.
- Malavolta, E. (1989). Abc da adubação. São Paulo: Ceres, 292p.
- Menezes, R. S. C.; Sampaio, E. V. S. B.; Silveira, L. M.; Tiessen, H.; Salcedo, I. H. (2002). Produção de batatinha com incorporação de esterco e/ou crotalária no Agreste paraibano. In: Silveira, L. M.; Petersen, P.; Sabourin, E. (orgs). Agricultura familiar e agroecologia no semi-árido: avanços a partir do Agreste da Paraíba. Rio de Janeiro: AS-PTA, p. 261-270.
- Menezes, R. S. C.; Sampaio, E. V. S. B. (2000). agricultura sustentável no semi-árido nordestino. In: Oliveira, T. S. ; Assis Júnior; Romero, R. E. ; Silva, J. R. C. , eds. Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido. Fortaleza: UFC, SBSCS. P.20-46.
- Murphy, J.; Rilley, J. P. (1962). A modified simple solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta, 27:31-36.
- Peavy, W. S.; Greig, J. K. (1972). Organic and mineral fertilizers compared by yield, quality and composition of spinach. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, v. 97, n.6, p. 718-723.
- Ribeiro, L. G.; Lopes, J. C.; Martins Filho, S.; Ramalho, S. S. (2000). Adubação orgânica na produção de pimentão. Horticultura Brasileira, v. 18, n. 2, jul.
- Sampaio, E.V. S. B.; Salcedo, I. H. (1997). Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: região semi-árida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. Anais dos Simpósios. [CD-ROM]. Rio de Janeiro. 33p.
- Santos, J. F. dos; Oliveira, A. P. de; Alves, A. U. ; Brito, C. H. de; Dornelas, C. S. M.; Nóbrega, J. P. R. (2006). Produção de batata-doce adubada com esterco bovino em solo com baixo teor de matéria orgânica. Horticultura Brasileira, v. 24, n. 1, jan-mar.

Servicio de Información Mesoamericano sobre Agricultura Sostenible – SIMAS. (1998). La idea y el arte de fabricar los abonos orgánicos fermentados: aportes y recomendaciones. Colección “ Agricultura Orgánica para Principiantes”. 151p.

Severino, L. S.; Cardoso, G. D.; Viriato, J.R.; Beltrão, N. E. de M. (2006). Produtividade e crescimento da mamoneira em reposta à adubação orgânica e mineral, Brasília, Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, n.5, p. 879-882.

Silva, T. O.; Menezes, R. S. C. (2008). Crescimento e nutrição mineral do sorgo granífero após adubação orgânica e cultivo da batata. R. Caatinga, v.21, n.15 (Número Especial), p. 164-170.

Silva, T. O.; Menezes, R. S. C.; Tiessen, H.; Sampaio, E. V. S. B.; Salcedo, I. H.; Silveira, L. M. (2007a). Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*. I. Produtividade vegetal e estoque de nutrientes no sol em longo prazo. R. Bras. de Ciên. do Solo, 31: 39-49.

Silva, M. G. ; Numazawa, S. Da; Araujo, M.; Nagaishi, M. T. Y. R.; Galvão, G. R. (2007b).

Carvão de resíduos de indústria madeireira de três espécies florestais exploradas no município de Paragominas, PA. Acta Amazônica.V. 37(1). 61 – 70.

Silva, T. O.; Menezes, R. S. C. (2007). Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*. II. Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. R. Bras. de Ciên. do Solo, 31: 51-61.

Silva, J.; Silva, P. S. L. ; Oliveira, M.; Silva, K. M. B. (2004). Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. Horticultura Brasileira 22:326-331.

Snyder, J.D & Trofymow, J.A. (1984). A rapid accurate wet oxidation diffusion procedure for determining carbon in plant and soil samples. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 15:587-597.

STATSOFT, Inc. Statistica for windows; release 5.0; Statsoft, Inc. Tulsa, OK. (1995).

Vieira, C. M. F.; Soares, T. M. ; Monteiro, S. N. (2003). Massas cerâmicas para telhas: características e comportamentos de queima. Cerâmica, 49:245-250.