



Desempenho agronômico do lodo de esgoto como fonte de nitrogênio em bananeiras

Agronomic performance of sewage sludge as a source of nitrogen in banana plant

Hugo Alexandre Coelho¹, Hélio Grassi Filho¹, Júlio César Thoaldo Romeiro¹, Guilherme Verdicchio Pompermayer¹, Rodrigo Domingues Barbosa¹, Thomaz Figueiredo Lobo¹

¹Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA), Campus de Botucatu, Rua José Barbosa de Barros, nº 1780, Caixa Postal 237, CEP: 18610-307, Botucatu, SP.
E-mail: hugoalexandrecoelho@bol.com.br

Recebido em: 18/12/2009

Aceito em: 01/06/2010

Resumo. O objetivo foi avaliar o desenvolvimento de bananeiras cv. IAC2001, no terceiro ciclo de cultivo, bem como as mudanças promovidas na fertilidade do solo em função da substituição da adubação mineral de nitrogênio pelo equivalente em lodo de esgoto, de acordo com o teor de N presente no material orgânico. O delineamento estatístico inteiramente casualizado consistiu em seis tratamentos e 12 repetições, perfazendo um total de 72 plantas. Os tratamentos variam de 1 a 6, substituindo em 0, 25, 50, 75, 100 e 125 % o N requerido pela cultura de acordo com análise de solo pelo equivalente deste elemento presente no lodo de esgoto. Os resultados permitiram concluir êxito na substituição da adubação nitrogenada química pela adubação nitrogenada com o lodo de esgoto em regime de sequeiro, já que os tratamentos que apresentaram maiores dosagem de lodo de esgoto obtiveram os resultados melhores ou semelhantes à adubação totalmente mineral nas avaliações feitas como parâmetros biométricos e produtivos, análises químicas do solo e da análise foliar. Além disso, a agricultura representa uma excelente opção de disposição final deste resíduo, melhorando o sistema produtivo agrícola e reduzindo custos com fertilizantes minerais.

Palavras-chave. Adubação orgânica, *Musa* spp, nutrição mineral, produção.

Abstract. The objective was to evaluate the development of banana cv. IAC2001 in the third crop cycle, as well as the changes made in soil fertility due to the substitution of mineral fertilizer at equivalent nitrogen in sewage sludge, according to the concentration of N present in organic material. The completely randomized experimental design consists of six treatments and 12 repetitions, for a total of 72 plants. Treatments range from 1 to 6, substituting 0, 25, 50, 75, 100 and 125 % N required by crop according to soil analysis for the equivalent of that element present in sewage sludge. The results indicate the successful replacement of nitrogen by chemical nitrogen fertilization with sewage sludge under rainfed, since the treatments that had higher doses of sewage sludge obtained the best results similar to or completely mineral fertilization on assessments made as biometric parameters and production, chemical analysis of soil and leaf analysis. Moreover, agriculture is an excellent option for disposal of this waste, improving the system of agricultural production and reducing costs with mineral fertilizers.

Keywords. Mineral nutrition, *Musa* spp., organic fertilization, production,

Introdução

A banana é uma das frutas mais consumidas no mundo e cultivadas na maioria dos países tropicais, importante fonte de alimento, podendo ser utilizada verde ou madura, crua ou processada (cozida, frita, assada e industrializada) (Borges & Souza, 2004).

Do ponto de vista nutricional, a bananeira requer fertilização adequada, não só por ser

elevada a quantidade de nutrientes absorvida pela planta e exportada pelo fruto (Lopez & Espinosa, 1985), como também porque os solos da maioria das regiões produtoras são geralmente pobres em nutrientes, além de acidez elevada (Borges & Costa, 2002). Para esta fertilização adequada são necessários investimentos na melhoria das técnicas de cultivo.



Neste contexto, o estudo de adubos alternativos como o lodo de esgoto representa uma opção que visa à diminuição de custos com fertilizantes, alterações benéficas nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e avanços no desempenho da cultura para obtenção de frutos de qualidade diferenciada visando à valorização do produto brasileiro no mercado externo.

A população está crescendo de uma forma muito rápida e conseqüentemente a produção de resíduos acompanha este crescimento, aumentando cada vez mais a produção de lodo de esgoto e água residuária nas Estações de Tratamentos de Esgotos (ETEs). Estes resíduos de uma forma geral são depositados em aterros sanitários e lançados nos mananciais, sendo pouco aproveitados, tendo em vista que estes resíduos são ricos em nutrientes para as plantas e que de uma maneira ou outra estão sendo perdidos sem nenhum tipo de aproveitamento.

A forma de fixação de N industrial depende de alta pressão e temperatura que apresenta um custo elevado e para atingir estes quesitos depende da queima do petróleo e cada vez mais a queima do petróleo terá um custo maior na retirada por ter que atingir maiores profundidades para obter este recurso.

O lodo é o resíduo do tratamento de esgoto e a sua disposição final é um problema discutido em vários países. Sua utilização em áreas produtivas, reservada para a agropecuária e a colocação em aterros sanitários são as formas predominantes de disposição adotadas pelos países desenvolvidos (Luduvic, 2000).

Machado et al. (2004) em um levantamento de dados sobre produção de lodo de esgoto em estação de tratamentos de efluentes de 17 estados brasileiros e do distrito federal, realizado em 2001, relataram que baseados nas informações obtidas pode-se dizer que os lodos de esgotos são de boa qualidade e que poderiam ser utilizados na agricultura, porém cerca de 50 % do lodo produzido pelos sistemas informados são dispostos em aterros.

A utilização do lodo de esgoto em solos agrícolas tem como principal benefício, a incorporação dos macronutrientes (N e P) e dos micronutrientes (Zn, Cu, Fe, Mn e Mo) (Betiol & Camargo, 2007). Pode-se dizer que normalmente o lodo de esgoto fornece ao solo nutrientes

adequados para as culturas. No entanto, é preciso conhecimento da sua composição, para se calcular a quantidade adequada a ser incorporada, sem correr o risco de toxicidade as plantas e em certas situações aos animais e ao homem, como também não poluir o ambiente (Cetesb, 1999).

O lodo de esgoto pode liberar, à solução do solo, grande quantidade de N mineral nos primeiros dias após a aplicação, se houver condições propícias à mineralização da matéria orgânica (Boeira, 2004).

Os metais não acumularam como efeito residual da aplicação do lodo, ou seja, ao final de três anos de avaliações, não houve aumento da absorção pelas plantas, assim como não aumentou a disponibilidade no solo ao longo do tempo (Trindade, 2007).

O efluente coletado e levado às Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) apresenta em média, uma mistura de água (99,9 %) e sólidos (0,1 %), sendo que do total de sólidos, 70 % são orgânicos (proteínas, carboidratos, gorduras, etc.) e 30 % inorgânicos (areia, sais, metais, etc.) (Andreoli, 1999). A grande vantagem deste resíduo é a liberação dos nutrientes de forma lenta, garantindo o suprimento mais uniforme e prolongado às plantas (Kiehl, 1985).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desenvolvimento de bananeiras cv. IAC2001, no terceiro ciclo de cultivo, bem como as mudanças promovidas na fertilidade do solo em função da substituição da adubação nitrogenada pelo equivalente em lodo de esgoto, de acordo com o teor de N presente no material orgânico, por ocasião das adubações de cobertura.

Material e Métodos

O solo da área segue classificação de terra roxa estruturada – unidade Lageado, álico, textura argilosa (Carvalho et al., 1983), atualmente denominado Nitossolo Vermelho, segundo critérios da Embrapa (1999). Foram retiradas dez amostras simples da camada de 0 - 20 e 20 - 40 cm de profundidade, sendo encaminhadas posteriormente ao laboratório para determinação dos parâmetros pH (CaCl₂), M.O., CTC, V %, P, H+Al, Al, K, Ca, Mg e S, B, Cu, Fe, Zn e Mn, segundo metodologia descrita por Raij et al., (2001). Os resultados se encontram na Tabela 1.



Tabela 1. Análise química inicial do solo da área experimental, nas profundidades de 0 - 20 e 20 – 40 cm.

| Profundidade (cm) | Nutrientes | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------------|----|----|----|-----|----|
| | pH | M.O. | P _{resina} | K | Ca | Mg | SB | CTC | V% |
| | CaCl ₂ | g dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | -----mmolc dm ⁻³ ----- | | | | | |
| 0 - 20 | 5,4 | 26 | 15 | 1,5 | 35 | 16 | 52 | 81 | 64 |
| 20 - 40 | 5,2 | 23 | 8 | 1,3 | 30 | 15 | 47 | 81 | 59 |

O delineamento estatístico inteiramente casualizado consistiu em seis tratamentos e 12 repetições, perfazendo um total de 72 plantas. Os tratamentos variam de 1 a 6, substituindo em 0, 25, 50, 75, 100 e 125 % o N requerido pela cultura de acordo com análise de solo pelo equivalente deste elemento presente no lodo de esgoto.

A adubação em cobertura com lodo de esgoto (base seca) foi realizada 30 dias antes do florescimento, de acordo com seus respectivos tratamentos, sendo considerada a taxa de mineralização de 30 % do N da matéria orgânica,

segundo as normas da Cetesb (1999) e do Conama (2006).

Utilizou-se o lodo de esgoto proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Jundiaí, SP. Foram retiradas as amostras composta do lodo, que apresentou as seguintes características na Tabela 2 (Lanarv, 1988). A análise foi realizada no Laboratório de Fertilizantes e Corretivos do Departamento de Recursos Naturais - Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômica de Botucatu, SP.

Tabela 2. Características químicas do lodo de esgoto utilizado no experimento.

| N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Umid. | MO | C | Ca | Mg | S | Na | Cu | Fe | Mn | Zn | C/N | pH |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------|--------------------------------|-----|-----|------|-----|------|------|-----|-------|------|------|------|-----|
| -----g kg ⁻¹ ----- | | | -----mg kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | | | | | |
| 31,8 | 17,2 | 1,8 | 675,8 | 55, | 306 | 12,5 | 2,2 | 45,6 | 1520 | 812 | 31650 | 3400 | 2150 | 10/1 | 4,3 |

Adotou-se o seguinte cálculo para determinação da dose de lodo de esgoto a ser utilizada nos tratamentos:

- Para cada 100 kg de lodo de esgoto na base seca contém 3,18 kg de N.
- Considerando o teor de umidade de 67,58%, ou seja 32,42% base seca, tem-se 1,03% de N na base úmida.
- Considerando que 30 % seria mineralizado de lodo de esgoto, (Cetesb, 1999) tem-se 0,31 % de N mineralizado.
- A necessidade da bananeira em N é de 500 kg ha⁻¹ para atingira uma produtividade superior a 60 t ha⁻¹ (Raij et al., 1996).
- A quantidade de lodo de esgoto destinada para cada tratamento foi: 25 % (lodo de esgoto) – 40.322 kg ha⁻¹; 50 % (lodo de esgoto) – 80.645 kg ha⁻¹; 75 % (lodo de esgoto) – 120.967 kg ha⁻¹; 100 % (lodo de esgoto) – 161.290 kg ha⁻¹; 125 % (lodo de esgoto) – 201.613 kg ha⁻¹.

Foram realizadas as seguintes avaliações: parâmetros biométricos (altura e diâmetro do

pseudocaule); análise química do solo; análise química do tecido vegetal e os parâmetros produtivos (números de pencas, frutos por penca, peso do cacho, comprimento e diâmetro de frutos).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo Teste de Tukey a 5%.

Resultados e Discussão

Parâmetros Biométricos: os resultados obtidos verificaram que nenhum dos tratamentos diferiu significativamente entre si, para variável diâmetro, no entanto o tratamento 5 (0 % N químico + 100 % de N da forma orgânica do lodo de esgoto) foi o que obteve o maior média de diâmetro do pseudocaule. O diâmetro do pseudocaule variou de 20,79 - 23,71 cm. Esses valores foram semelhantes aos encontrados por Silva et al. (2000). Segundo Moreira (1987), geralmente há uma correlação positiva entre diâmetro de pseudocaule e tamanho do cacho.

Para a altura da planta o tratamento 5 (0 % N químico + 100 % de N da forma orgânica do lodo de esgoto), também obteve a maior média de



altura entre os tratamentos, diferindo estatisticamente do tratamento 6 (0 % N químico + 125 % de N da forma orgânica do lodo de esgoto). Em contraste, Alves & Oliveira (1999), verificaram que nem sempre os genótipos que apresentaram maior altura de planta, apresentaram maior diâmetro do pseudocaule e concluíram que a altura de planta é um caráter muito importante no melhoramento da cultura e influi na densidade

de plantio, manejo e na produção. Em trabalho conduzido por Damatto Júnior (2005) com a finalidade de avaliar os efeitos da adubação com composto orgânico no desenvolvimento de bananeiras “Prata-Anã”, mostrou que diferentes doses de composto não influenciaram significativamente os parâmetros (altura da planta e diâmetro do pseudocaule).

Tabela 3. Resultados médios de altura de plantas e diâmetro do pseudocaule de bananeiras

| Tratamentos | Altura (m) | Diâmetro do pseudocaule (cm) |
|--|------------|------------------------------|
| 100 % nitrogênio químico + 0 % lodo (T1) | 2,68 ab | 21,3 a |
| 75 % nitrogênio químico + 25 % lodo (T2) | 2,89 b | 23,02 a |
| 50 % nitrogênio químico + 50 % lodo (T3) | 2,82 ab | 21,93 a |
| 25 % nitrogênio químico + 75 % lodo (T4) | 2,89 b | 22,57 a |
| 0 % nitrogênio químico + 100 % lodo (T5) | 2,96 b | 23,71 a |
| 0 % nitrogênio químico + 125 % lodo (T6) | 2,50 a | 20,79 a |
| Média | 2,79 | 22,22 |
| CV (%) | 11,3 | 12,21 |
| F | 3,635 | 1,942 |

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Turkey a 5% de probabilidade

Análise química do solo: Os resultados serão discutidos baseados nas análises de amostras na profundidade de 0-20 cm, foram analisados: pH, Matéria Orgânica, P, $H^+ + Al^{+3}$, K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Soma de Bases, Capacidade de Troca Catiônica, e Saturação por Base. Já em relação aos micronutrientes foram avaliados os nutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn.

Foi observado (Tabela 4) para o pH que não houve diferença estatística entre os tratamentos, porém verificar-se a análise de solo inicial (Tabela 1) verifica-se que todos os tratamentos ocorreram um abaixamento do pH do solo, isto pode ser explicado que ocorrendo o processo de nitrificação do N, passando este de NH_4^+ para NO_2^- e posteriormente para NO_3^- , através das bactérias nitrossomonas e nitrobacter respectivamente, foi liberado H para a solução do solo, com o aumento da dosagem de lodo que é rico em N (NH_4^+) então foi liberado mais H com o aumento da dose de lodo. A produção de ácidos orgânicos durante o processo de biodegradação da fração orgânica (Camargo et al., 1999) e a nitrificação (Boeira et al., 2002) pode contribuir

para a acidificação de solos tratados com lodo de esgoto.

Mas já para matéria orgânica, houve diferença significativa entre os tratamentos, sendo a maior média encontrada no tratamento 6 (0 % N químico + 125 % de N da forma orgânica do lodo de esgoto), enquanto a menor média foi no tratamento 1 (100 % N química e 0 % de lodo de esgoto). A adição de lodo em doses de 50 $Mg\ ha^{-1}$ aumentou o teor de C orgânico, como observado por Melo et al. (1994) que, ao avaliarem as frações da matéria orgânica do solo de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar, com adição de 4, 16, 32 $Mg\ ha^{-1}$ de lodo, verificaram que apenas a maior dose promoveu aumento significativo no C do solo.

Não houve diferença estatística nas observações feitas referentes à: P, $H^+ + Al^{+3}$, K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , SB, CTC e V % entre os tratamentos.

Quanto ao P verifica-se que os tratamentos que receberam lodo de esgoto embora não houve diferença estatística apresentaram valores superiores aos iniciais passando do valor considerados baixo para teor médio de P no solo (Raij et al., 2001). Barbosa et al., (2002)



verificaram aumento nos teores de P à medida que aumentaram as doses de lodo de esgoto, acima de 24 t ha⁻¹ em relação à análise inicial do solo.

Já em relação aos micronutrientes os elementos químicos que obtiveram diferença significativa entre os tratamentos foram: B, Cu e Zn; já os elementos Fe e Mn não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. O tratamento 6 (0 % N químico + 125 % de N da forma orgânica do lodo de esgoto) foi o que apresentou as maiores quantidades do elemento B, Cu e Zn. Este tratamento diferiu estatisticamente em relação ao tratamento 1 (100 % N químico + 0 % lodo) e 2 (75 % N químico + 25 % de N da forma orgânica do lodo de esgoto) para o elemento B; para o elemento Cu o tratamento 6 diferiu no tratamento 1 (100 % N químico + 0 %

lodo), 2 (75 % N químico + 25 % de N da forma orgânica do lodo de esgoto) e 5(0% N químico + 100% de N da forma orgânica do lodo de esgoto); já para o elemento Zn, o tratamento 6 (0 % N químico + 125 % de N da forma orgânica do lodo de esgoto) diferiu de todos os outros tratamentos.

Em contraste a estes resultados, Damatto Júnior (2005) observou que os micronutrientes não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, sendo que os teores no solo foram considerados altos, com exceção do boro, que apresentou teor médio quando adubados com diferentes doses de composto orgânico. Para o B todos os tratamentos apresentaram teores adequados e o Cu, Fe, Mn e Zn apresentaram altos teores em todos os tratamentos (Raij et al., 2001).

Tabela 4. Resultados médios da análise de solo de bananeira

| Tratamentos | Nutrientes | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------|---|--------|-------|-------|------|-------|-------|--------|
| | pH CaCl ₂ | M.O. g/dm ³ | P _{resina} mg/dm ³ | H+Al | K | Ca | Mg | SB | CTC | V% |
| 100% N químico+0% lodo (T1) | 4,05a | 21,0 b | 14,0a | 72,5 a | 4,70a | 7,00a | 2,0a | 13,5a | 85,5a | 16,0 a |
| 75% N químico+25% lodo (T2) | 4,50a | 23,0ab | 24,0a | 59,5 a | 6,65a | 13,0a | 3,0a | 23,0a | 82,5a | 29,0 a |
| 50% N químico+50% lodo (T3) | 4,30a | 24,0ab | 23,5a | 66,5 a | 4,90a | 17,0a | 4,0a | 25,5a | 92,0a | 28,0 a |
| 25% N químico+75% lodo (T4) | 4,50a | 23,5ab | 24,0a | 55,0 a | 3,55a | 18,5a | 5,0a | 25,0a | 80,5a | 31,5 a |
| 0% N químico+100% lodo (T5) | 4,65a | 25,0ab | 35,0a | 50,5 a | 1,85a | 22,0a | 5,0a | 29,0a | 79,5a | 36,5 a |
| 0% N químico+125% lodo (T6) | 4,35a | 26,0 a | 20,0a | 66,5 a | 3,05a | 17,0a | 2,5a | 22,5a | 89,0a | 25,0 a |
| Média | 4,39 | 23,45 | 29,59 | 61,75 | 4,11 | 15,8 | 3,3 | 23,1 | 84,8 | 27,67 |
| CV(%) | 5,22 | 5,01 | 50,54 | 19,3 | 42,9 | 36,3 | 27 | 20,1 | 9,41 | 29,03 |
| F | 1,654 | 4,2 | 2,136 | 0,951 | 1,79 | 1,64 | 2,8 | 2,53 | 0,77 | 1,475 |

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Turkey a 5% de probabilidade



Tabela 5. Resultados médios da análise química de solo de micronutrientes de bananeira

| Tratamentos | Nutrientes | | | | |
|-----------------------------|----------------------|---------|---------|--------|---------|
| | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
| | mg dm ⁻³ | | | | |
| | Profundidade 0-20 cm | | | | |
| 100% N químico+0% lodo (T1) | 0,26 b | 11,6 b | 56,0 a | 44,8 a | 6,65 b |
| 75% N químico+25% lodo (T2) | 0,25 a | 11,9 b | 55,5 a | 41,1 a | 11,05 b |
| 50% N químico+50% lodo (T3) | 0,43 ab | 13,3 ab | 78,5 a | 68,4 a | 20,40 b |
| 25% N químico+75% lodo (T4) | 0,40 ab | 12,5 ab | 63,5 a | 48,8 a | 32,10 b |
| 0% N químico+100% lodo (T5) | 0,31 ab | 11,6 b | 63,0 a | 31,6 a | 38,00 b |
| 0% N químico+125% lodo (T6) | 0,49 a | 13,8 a | 105,0 a | 33,3 a | 82,30 a |
| Média | 0,36 | 12,45 | 70,25 | 44,67 | 31,75 |
| CV(%) | 13,46 | 3,56 | 21,11 | 28,27 | 28,17 |
| F | 8,444 | 8,736 | 3,264 | 2,241 | 18,913 |

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Turkey (p>0,05)

Análise química do tecido vegetal: foram analisados teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn na matéria seca foliar. Observando os valores referentes aos macronutrientes, verificou que apenas o elemento químico Ca diferiu estatisticamente entre os tratamentos empregados. Sendo que o tratamento 4 (25 % N químico + 75

% de N da forma orgânica do lodo de esgoto) obteve as maiores concentrações de matéria seca foliar, diferindo estatisticamente apenas do tratamento 1 (100 % N químico + 0 % lodo) e 6 (0 % N químico + 125 % de N da forma orgânica do lodo de esgoto) (Tabela 6).

Tabela 6. Resultados médios da análise foliar de macronutrientes de bananeira

| Tratamentos | Nutrientes | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | N | P | K | Ca | Mg | S |
| | g kg ⁻¹ | | | | | |
| 100% N químico +0% lodo (T1) | 24,5a | 2,1a | 40,0a | 12,5 b | 3,0a | 3,45a |
| 75% N químico + 25% lodo (T2) | 23,5a | 1,95a | 38,5a | 15,0ab | 3,1a | 3,35a |
| 50% N químico + 50% lodo (T3) | 23,5a | 2,05a | 40,5a | 13,0ab | 3,65a | 3,5a |
| 25% N químico + 75% lodo (T4) | 22,5a | 1,9a | 42,0a | 16,5 a | 4,35a | 3,25a |
| 0% N químico + 100% lodo (T5) | 25,0a | 2,05a | 44,0a | 14,0ab | 3,5a | 3,35a |
| 0% N químico + 125% lodo (T6) | 24,0a | 1,95a | 43,5a | 12,5 b | 2,55a | 3,55a |
| Média | 23,83 | 2 | 41,41 | 13,92 | 3,36 | 3,4 |
| CV(%) | 5,42 | 4,08 | 7,6 | 6,88 | 18,01 | 6,17 |
| F | 0,92 | 1,8 | 0,916 | 5,545 | 2,118 | 0,562 |

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Turkey (p>0,05)



Em relação aos micronutrientes, apenas os elementos Cu e Mn apresentaram diferença significativa. Para o elemento Cu as maiores concentrações foram encontradas no tratamento 1 (100 % N químico + 0 % lodo); já para o elemento Mn foi o tratamento 2 (75 % N químico + 25 % de N da forma orgânica do lodo de esgoto), diferindo estatisticamente exceto do tratamento 1 (100 % N químico + 0 % lodo). Os teores dos nutrientes da matéria seca foliar da banana Nanicao IAC “2001”, obedeceram à seguinte ordem de concentração:

K>N>Ca>S>Mg>P>Mn>Fe>B>Zn>Cu.

Em outro estudo realizado por Fontes (2003) a ordem encontrada foi de K>N>Cl>Ca>Mg>S>P>Mn>Fe>B>Zn>Cu.

Os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, considerados adequados para a cultura da bananeira são respectivamente 27 – 36 g kg⁻¹; 1,8 – 2,7 g kg⁻¹; 35 – 54 g kg⁻¹; 2,5 – 12 g kg⁻¹; 3 – 6 g kg⁻¹; 2 – 3 g kg⁻¹; 10 – 25 mg kg⁻¹; 6 – 30 mg kg⁻¹; 80 – 360 mg kg⁻¹; 200 – 2000 mg kg⁻¹ e 20 – 50 mg kg⁻¹, respectivamente (Malavolta et al., 1997). Quanto ao N e Zn pode reparar que todos os tratamentos apresentaram teores abaixo do adequado. Para o P, K, Mg, B, Cu, Fe, Mn todos os tratamentos apresentaram teores adequados. Para o Ca e S todos tratamentos apresentaram acima do adequado.

Tabela 7. Resultados médios da análise foliar de micronutrientes

| Tratamentos | Nutrientes | | | | |
|-------------------------------|------------|-------|---------------------------|---------|-------|
| | B | Cu | Fe mg kg ⁻¹ | Mn | Zn |
| 100% N químico +0% lodo (T1) | 22,5a | 10 a | 280a | 1653bc | 17a |
| 75% N químico + 25% lodo (T2) | 17,5a | 9,5ab | 308a | 2025a | 16a |
| 50% N químico + 50% lodo (T3) | 18,5a | 10,5b | 246a | 949ab | 16a |
| 25% N químico + 75% lodo (T4) | 18,5a | 9,5ab | 255a | 676 c | 18a |
| 0% N químico + 100% lodo (T5) | 16a | 9ab | 218a | 624c | 15a |
| 0% N químico + 125% lodo (T6) | 23a | 8b | 263a | 521c | 19,5a |
| Média | 19,34 | 9,42 | 261,5 | 1074,34 | 16,92 |
| CV(%) | 32,3 | 5,31 | 19,17 | 22,12 | 7,04 |
| F | 0,403 | 5,933 | 0,745 | 13,619 | 3,729 |

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Turkey (p>0,05)

Parâmetros Produtivos: nenhum dos tratamentos diferiu entre si (p>0,05) para as variáveis números de pencas, frutos por penca, peso do cacho, comprimento e diâmetro de frutos.

Referente ao peso do cacho observa que o tratamento 5 (0 % N químico +100 % de N da forma orgânica do lodo de esgoto), garantiu a maior produtividade, chegando a representar cerca de 28,15 t ha⁻¹, resultado esse que ultrapassa a média de produtividade no Brasil.

Em estudo realizado por Borges (2002), doses e fontes químicas ou orgânicas de N na

cultura da bananeira cv. Terra, não apresentou efeitos significativos sobre a produtividade.

Resultados semelhantes foram observados por Romero (1998), onde não encontrou diferença entre os tratamentos que utilizavam adubação nitrogenada mineral e adubação nitrogenada orgânica na avaliação de produtividade de bananeiras FHIA-01. Segundo Borges (2002) com a utilização da adubação orgânica houve um aumento nos número de frutos por cacho e no comprimento médio do fruto.



Tabela 8. Resultados médios dos parâmetros produtivos

| Tratamentos | Pencas (unid) | Fruto/penca unid | Peso cacho kg | Comprimento cm | Diam mm |
|-----------------------------------|---------------|------------------|---------------|----------------|---------|
| 100% nitrogênio químico + 0% lodo | 8,75a | 14,2a | 20,1a | 18,7a | 39,1 |
| 75% nitrogênio químico + 25% lodo | 8,50a | 15,5a | 20,9a | 19,3a | 36,7 |
| 50% nitrogênio químico + 50% lodo | 9,11a | 15,5a | 19,3a | 17,7a | 34,0 |
| 25% nitrogênio químico + 75% lodo | 9,00a | 16,1a | 20,3a | 19,0a | 35,2 |
| 0% nitrogênio químico + 100% lodo | 9,15a | 15,6a | 21,1a | 18,3a | 34,9 |
| 0% nitrogênio químico + 125% lodo | 8,88a | 14,3a | 19,3a | 18,2a | 38,5 |
| Média | 8,89 | 15,15 | 20,2 | 18,5 | 36,4 |
| CV (%) | 13,62 | 10,67 | 25,30 | 9,10 | 11,0 |
| F | 0,320 | 1,897 | 0,279 | 0,994 | 2,50 |

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Turkey ($p > 0,05$). Diam: diâmetro

Os resultados permitem observar êxito na substituição da adubação nitrogenada química pela adubação nitrogenada com o lodo de esgoto em regime de sequeiro, já que os tratamentos que apresentaram maiores dosagem de lodo de esgoto obtiveram os resultados melhores ou semelhantes à adubação totalmente mineral nas avaliações feitas como parâmetros biométricos e produtivos, análises químicas do solo e da massa foliar. Além disso, a agricultura representa uma excelente opção de disposição final deste resíduo, melhorando o sistema produtivo agrícola e reduzindo custos com fertilizantes minerais.

Conclusão

O aumento da dose de lodo de esgoto promoveu um aumento na matéria orgânica, boro, cobre e zinco no solo na profundidade de 0 a 20 cm.

Agradecimentos

Ao Professor Dr. Hélio Grassi Filho pelo acompanhamento do experimento e também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Referências

ALVES, E.J.; OLIVEIRA, M.A. Práticas culturais. In: **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2. Ed. Brasília: Embrapa- SPI; Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1999.p. 335-352.

ANDREOLI, C.V. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura e sua influência em características ambientais no agrossistema**. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999. 278p.

BARBOSA, G.M.C.; TAVARES FILHO, J.; FONSECA, I.C.B. Propriedades químicas de um latossolo vermelho eutroférrico após a aplicação por dois anos consecutivos de lodo de esgoto. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24 n.5, p.1501-1505, 2002.

BETIOL, W; CAMARGO O.A. **Lodo de esgoto na agricultura: potencial de uso e problemas**. TEC hoje Belo Horizonte 4p.2007.

BOEIRA, R.C.; LIGO, M. A. V.; DYNIA, J.F. Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n. 11, p. 1639-1647, nov. 2002.



BOEIRA, R.C. **Uso do lodo de esgoto como fertilizante orgânico: disponibilização de nitrogênio em solos tropical.** Comunicado técnico 12, 2004.

BORGES, A.L.; COSTA, E.L. Banana. In: BORGES, A.L.; COELHO, E.F.; TRINDADE, A.V. **Fertirrigação em fruteiras tropicais.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. p.77-84.

BORGES, A.L.; SILVA, T. O. SILVA; Caldas, R. C.; Almeida, I. E. Adubação nitrogenada para bananeira Terra (Musa sp. AAB, subgrupo Terra) **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 1, p. 189-193, abril 2002.

BORGES, A.L.; SOUZA, L.S.; **O cultivo da bananeira.** Cruz das Almas – BA: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, 2004. 279 p.

CAMARGO, F.A.O; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; VIDOR, C. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F.A. de (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 117-137.

CARVALHO, W.A.; ESPÍNDOLA, C.R.; PACCOLA, A.A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado - Estação Experimental “Presidente Médici”. **Boletim Científico - Faculdade de Ciências Agrônômicas**, v.1, p. 1-95, 1983.

CETESB – Companhia de Tecnologia Ambiental. Aplicação de lodo de esgoto em áreas agrícolas: Critérios para Projetos e Operação. São Paulo. Norma p. 4230. 1999.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2006. **Resolução Conama n° 380.** Disponível em: <www.mma.conama.gov.br/conama> Acesso em 26/02/2009.

CURI, P.R. **Relações entre evaporação média pelo tanque IA - 58 e evapotranspiração calculada pelas equações de Thornthwaite e Camargo para o município de Botucatu.** 1972.

88f. Tese (Doutorado)-Faculdade de Ciências médicas e Biológicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1972.

DAMATTO JÚNIOR, E.R. **Efeitos da adubação com composto orgânico na fertilidade do solo, desenvolvimento, produção e qualidade de frutos de bananeira “Prata-Anã” (Musa AAB).** 70f. Tese (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA/SOLOS, 1999. 412 p.

FONTES, P.S.F.; CARVALHO, A.J.C.; CEREJA, B.S.; MARINHO, C.S.; MONNERATT, P.H. Avaliação do estado nutricional e do desenvolvimento da bananeira-prata-anã (*Musa spp.*) em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n. 1. p. 156-159. Abril 2003.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos.** Piracicaba: Agrônoma Ceres. 1985. 492p.

LANARV. Laboratório Nacional de Referência Vegetal. **Análise de Corretivos, fertilizantes e Inoculantes.** Métodos Oficiais. 103p. 1988.

LOPEZ, A.; ESPINOSA, J. **Manual de nutrición y fertilization del banano.** Quito: Corbana – INPOFOS, 82p. 1985.

LUDUVICE, M. **Experiência da Companhia de Saneamento do Distrito Federal na reciclagem agrícola de biossólidos.** In: BETIOL, W.; CAMARGO, O.A. Impacto ambiental do uso do lodo de esgoto. Jaguariúna, SOP: EMBRAPA, p. 153-162, 2000.

MACHADO, M.F.; FIGUEIREDO, R.F.; FILHO, B.C. **Produção brasileira de lodos de esgotos .** Sanare, v.22, p. 66-75, 2004.

MALAVOLTA, E., VITTI G. C., OLIVEIRA S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios, métodos e técnicas de**



avaliação do estado nutricional. 2ª edição.
Piracicaba – SP. Editora Potafos, 1997. 319p.

MELO, W. J et al. Efeito de doses crescentes de resíduo orgânico sobre frações de matéria orgânica e CTC de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Campinas, v.18, n. 3, p.449-455, 1994.

MOREIRA, R. S. **Banana:** teoria e prática de cultivo. Campinas: Fundação Cargill, 335p. 1987.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A. - **Análise Química para fertilidade de solos tropicais** 1ª Edição, INSTITUTO AGRONOMICO – FUNDAÇÃO IAC, 285p. 2001.

ROMERO, J. O. Fertilizantes Orgânicos y su aplicación em el cultivo de banano. **Taller internacional sobre producción de banano orgánico y, o, ambientalmente amigable.** Colima – México, p . 82-88, 1998.

SILVA, S. **Melhoramento genético da bananeira.** In: Simpósio Brasileiro de Melhoramento de Fruteiras, 2., 2000, Viçosa. *Anais...* Viçosa: Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Fitotecnia, 2000. p. 21-48.

TRINDADE, A.V. **Lodo de esgoto: resíduo ou recurso?** Edição 3 EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007