

AVALIAÇÃO DE FERTILIZANTES PRODUZIDOS A PARTIR DO BENEFICIAMENTO DE BIO-ÓLEO E COMPOSTOS NITROGENADOS

EVALUATION OF FERTILIZER PRODUCED FROM BIO-OIL AND NITROGENOUS COMPOUNDS PROCESS

JUSSARA B. FANTINATTI^{1*}

JUAN M. MESA-PEREZ²

JOSÉ D. ROCHA³

LUÍS A. B. CORTEZ⁴

MARINA M.MORALES⁵

ROSA H. AGUIAR⁶

ROBSON C. MARTINS⁷

RESUMO

A produção agrícola no Brasil tem aumentado devido à crescente demanda por alimentos, gerando grandes quantidades de resíduos agrícolas, necessitando práticas de reciclagem para diminuir os débitos econômicos e ambientais causados. O objetivo do estudo proposto foi avaliar fertilizantes de liberação lenta (F1 e F2) produzidos a partir de bio-óleo. Para isso, bio-óleo produzido de serragem foi submetido a reações termoquímica com $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (F1) e bio-óleo com NH_4OH mais biocarvão (F2). O crescimento do hipocótilo de plântulas de milho foi monitorado com adição de F1 em areia nas doses 1,2, 2,4, 4,0, 8,0, 16,0, 24,0, 32,0 e 40,0 t ha⁻¹ e as mesmas doses para F2, além da testemunha. Ambos os fertilizantes são fontes de nitrogênio e potássio para nutrição das plantas. No entanto, F2 apresentou melhor desenvolvimento das plântulas de milho quando comparado com o F1.

Palavras-Chaves: LIBERAÇÃO LENTA, BIOMASSA, PIRÓLISE.¹

¹ - Bióloga* - Dra. em Engenharia Agrícola, BIOWARE LTDA, Barão Geraldo, Campinas /SP, e-mail: jussara@bioware.com.br

² - Engenheiro Químico - Dr. em Engenharia Agrícola, BIOWARE

³ - Engenheiro Químico – Dr. em Engenharia Mecânica, BIOWARE

⁴ - Engenheiro Agrônomo, Prof. Dr., UNICAMP / FEAGRI

⁵ - Química, Dra. Agronomia - BIOWARE

⁶ - Engenheira Civil - Doutoranda em Engenharia Agrícola – UNICAMP / FEAGRI

⁷ - Graduando em Química - BIOWARE

ABSTRACT

Agricultural production in Brazil is increasing due to growing demand for food, in response to this agricultural residues increase proportionally, requiring a recycle practices to decrease economics and environmental debits. The purpose of the study was to evaluate slow release fertilizers (F1 and F2) produced from bio-oil. Bio-oil produced from sawdust was submitted to thermochemical reactions with $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (F1) and bio-oil with NH_4OH plus biochar (F2). The hypocotyls growth in maize seedling were monitored in mixtures of sandy and fertilizer additions equivalent to 1.2, 2.4, 4.0, 8.0, 16.0, 24.0, 32.0 e 40.0 t ha⁻¹, plus a treatment with sandy by itself. Both fertilizers are nitrogen and potassium sources for plant nutrition. However F2 presented better development for maize seedlings than fertilizer F1.

Keywords: Slow-release, biomass, pyrolysis.

INTRODUÇÃO

O crescimento na demanda por alimentos e mais recentemente, ao desenvolvimento das tecnologias dos biocombustíveis, que almejam um crescimento no setor primário para culturas que gerem diretamente matérias primas energéticas, aumenta as perspectiva de ampliação das áreas de produção agrícola, assim como a utilização de fertilizantes.

O Brasil é o quarto consumidor mundial de fertilizantes e para um país que tem como ponto forte da economia a agricultura, a utilização progressiva de fertilizantes podem causar grandes prejuízos ambientais e econômicos. Os gastos com fertilizantes são preocupantes, segundo o Índice de Preços por Atacado (IPA) da Fundação Getúlio Vargas (FGV) o preço do fertilizante em reais subiu 73% em 12 meses e mais de 40% no ano de 2009. Os custos variáveis da produção agrícola oriundas das necessidades de compensação de nutrientes no solo chegam a 40% na despesa final da produção (SILVA et. al. 2008).

O crescimento na produção de alimento e biocombustíveis é significativo no Brasil e no mundo, aumentando também a geração de resíduos agroindústrias, que podem ser utilizados como matéria prima para produção de energia e fertilizantes, agregando valores econômicos e ambientais ao setor.

Diante disto, a utilização destes resíduos pelo processo de pirólise rápida é uma alternativa viável, pois minimiza o volume dos resíduos ainda gerando bio-óleo e carvão vegetal em pó (biocarvão), ambos alternativas para elaboração de um fertilizante de liberação lenta, a partir de processo de reações termoquímicas; tecnologia que permite o retorno dos nutrientes ao solo podendo refletir em diminuição no custo final da lavoura.

Como a função dos fertilizantes é devolver ao solo os elementos exportados pelas culturas, com a finalidade de manter ou mesmo ampliar o potencial produtivo do solo, sua participação é fundamental para o aumento da produtividade.

Grande variedade de resíduos agrícolas podem ser pirolisados como: palha de cana; cana integral; capim elefante; casca de arroz e amendoim; resíduos florestais e também resíduos de frigoríficos (farinha de ossos). A tecnologia para a pirólise é baseada em leito fluidizado, onde pequenas partículas de biomassa são aquecidas rapidamente à temperatura de $\pm 500^\circ\text{C}$ e convertidas em três produtos: extrato ácido, carvão vegetal em pó e o bio-óleo, sendo esse último de cor negra e viscosidade fluída em temperatura ambiente (MESA-PÉREZ et. al., 2003).

Um projeto da União Européia *Recycling of agricultural materials as a novel slow release fertiliser* testou o bio-óleo de pirólise rápida na produção de fertilizante de liberação lenta com três rotas exploradas: a reação de compostos nitrogenados com o bio-óleo; a adição de compostos nitrogenados a biomassa antes de ser pirolisada e a reação direta de compostos nitrogenados durante a pirólise (BRIDGWATER et. al., 2000). As abordagens descritas são, portanto, métodos sustentáveis de reciclagem de materiais agrícolas. Os resultados obtidos pelos testes com plantas são encorajadores, mostrando que o produto não apresenta toxicidade às plantas (RADLEIN et. al., 1997).

O bio-óleo que é submetido à conversão termoquímica com sais ricos em nitrogênio se transformando em pó, pode também ser misturado ao carvão vegetal em pó, material rico em potássio entre outros nutrientes, aumentando o poder de troca iônica e atividade microbiana do solo (SCHMIDT & NOACK, 2000). A adição de matéria orgânica termicamente tratada pelo e enriquecida com nitrogênio ao solo é benéfica e facilita a retenção de umidade, aumenta a aeração e libera nutrientes lentamente para a solução do solo (NICOLINI, 2009).

O beneficiamento do bio-óleo com sais de nitrogênio é uma alternativa de grande valia na aplicação como fertilizante, uma vez que o nitrogênio é um nutriente que está intimamente ligado à produção de proteínas, elemento importante no desenvolvimento inicial do embrião durante a germinação das sementes, intervém em diversas outras características da planta, relacionadas ao crescimento e desenvolvimento, as quais, direta ou indiretamente, afetam a produtividade da cultura (MELGAR et. al., 1991).

A recomendação da adubação nitrogenada em cobertura para a cultura do milho, de modo geral, varia para sequeiro de 40 a 80 kg de N/ha e irrigada de 100 a 150 kg/ha. (COELHO et. al., 2006).

Depois do nitrogênio, o potássio é o elemento absorvido em maiores quantidades pelo milho e sua absorção ocorre nos estágios iniciais de crescimento. Quando a planta acumula 50% de matéria seca (60 a 70 dias), esta absorve cerca de 90% da sua necessidade total de potássio. As quantidades de potássio recomendadas na adubação do milho, após análise do solo para respostas muito baixa é de 90-120 kg/ha; baixa 60-90 kg/ha; média 30-60 kg/ha e alta 30 kg/ha. (COELHO et al., 2006).

Nesse contexto, fertilizantes de liberação lenta a base de bio-óleo propõe soluções, por ser um produto orgânico e que gera energia em seu processo de produção, possuindo como co-produtos extrato ácido e carvão, que vem ganhando espaço na produção agrícola como insumo natural (BIOCARBO, 2003, LEHMANN, 2007).

Os experimentos descritos nessa pesquisa tiveram como objetivo avaliar fertilizantes de liberação lenta (F1 e F2) produzidos a partir de bio-óleo mediante análises fisiológicas em cultura de milho (*Zea mays*).

MATERIAL E MÉTODOS

O bio-óleo e biocarvão foram produzidos a partir da pirólise de serragem (*Pinus taeda* L.), proveniente da região de Campinas, pela unidade de pirólise rápida de 200 kg/h de processamento PPR-200 da Bioware (Figura 1). As condições médias de operação foram: temperatura do leito na faixa de 450 a 500°C, pressão estática de 120 a 250 mmH₂O, em meio parcialmente oxidante (10% de ar em relação ao estequiométrico) e tempo médio de residência do carvão de 8 segundos e do bio-óleo de 2 segundos.



Figura 1. PPR-200, matéria-prima e produtos

O bio-óleo foi submetido a reações termoquímicas, com adição de compostos nitrogenados (NH_4OH e $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), até ser transformado em sólido granulado. Este processo foi realizado em duas rotas:

A Rota 1 foi preparada reagindo 150 g de bio-óleo, pré-aquecido a 60°C com 36 g de uréia ($\text{NH}_2)_2\text{CO}$, o equivalente a 16,8 g de N, sob agitação contínua a 400 rpm e aumento gradual de temperatura, de aproximadamente $3,5^\circ\text{C min}^{-1}$, até 150°C por 30 minutos. A massa reacional foi resfriada à temperatura ambiente formando um sólido negro e em seguida macerado até formar pó (Figura 2a), chamado F1.

A Rota 2 foi preparada reagindo 240 g de bio-óleo pré-aquecido a 60°C com 300 g hidróxido de amônio (NH_4OH) a 30%, o equivalente a 36 g de N e 100 g de biocarvão (subproduto da produção de bio-óleo), sob agitação contínua a 100 rpm mantendo a temperatura constante a 60°C por 45 minutos. A massa reacional foi levada a estufa a 105°C até peso constante, formando pó (Figura 2b), denominado F2.



Figura 2a. Fertilizante F1 processado com uréia (Rota 1).



Figura 2b. Fertilizante F2 processado com hidróxido de amônio (Rota 2)

As análises químicas foram realizadas em parceria com o Instituto Agrônomo de Campinas - IAC no Centro de P&D de Solos e Recursos Ambientais. Os fertilizantes F1 e F2 foram analisados para os compostos: Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), por análise elementar.

No laboratório de Pós-Colheita da Faculdade de Engenharia Agrícola - FEAGRI / UNICAMP, foram realizados testes preliminares do desempenho dos fertilizantes F1 e F2 nas dosagens (0,75; 1,5; 2,5; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0 e

25,0 g kg⁻¹ o equivalente a 1,2; 2,4; 4,0; 8,0; 16,0; de milho (*Z. mays*) do cultivar AL - Bandeirante peneira 22 foram submetidas à avaliação fisiológica através de teste de germinação em areia para medida de hipocótilo das plântulas, segundo (BRASIL, 2009).

Os dados de altura do hipocótilo das plântulas foram submetidas à Análise de Variância (ANOVA), complementada pelo teste Tukey a nível de 5% de significância, com o programa estatístico STATSOFT- STATISTICA 7.



Figura 3. Teste de germinação em areia com sementes de milho para avaliação do desempenho dos fertilizantes F1 e F2

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fertilizante F1 apresentou 21,4% de perda do N que foi adicionado à massa reacional no processo de síntese, decorrente das altas temperaturas a que foi submetido, uma vez que o nitrogênio volatiliza a temperatura acima de 60°C (BHOYAR et al.1979). Entretanto, mesmo ocorrendo essa perda, o balanço de nitrogênio do fertilizante foi positivo ao final do processo, aumentando 6,3% seu teor de N (passando de 90 g.kg⁻¹ para 96,1 g.kg⁻¹), devido à perda de massa do fertilizante (26%) ao longo do processo, concentrando N no fertilizante.

O fertilizante F2 diminuiu o teor de N que foi adicionado à massa reacional em 72% no processo de síntese, decorrente da temperatura de secagem em estufa. No entanto, o N contido no fertilizante ao final do processo decresceu 50% (passando de 56 g.kg⁻¹ para 27,8 g.kg⁻¹), isso porque houve perda de massa (45%) no processo, consequentemente concentrando o N do fertilizante.

O F2 apesar de apresentar menor teor de N possui vantagens em relação ao F1 quando

comparado ao teor de K (720 g.kg^{-1}), decorrente da adição de BC que contém alto teor de K presentes nas cinzas, fazendo dele uma fonte em potencial de K, Tabela 1.

Tabela 1. Resultados obtidos da análise elementar para os fertilizantes F1 e F2 produzidos a partir do bio-óleo

| Resultados Analíticos (g/kg) | | |
|------------------------------|------|-------|
| Elementos | F1 | F2 |
| Nitrogênio (N) | 96,1 | 27,8 |
| Fósforo (P) | 0,01 | 0,09 |
| Potássio (K) | 66,6 | 720,0 |

Os fertilizantes F1 e F2 apresentaram diferença significativa ($p>0,05$), pelo teste de Tukey, sendo o F2 o mais expressivo no desenvolvimento fisiológico das plântulas.

A adição do F2 na dosagem $2,5 \text{ g kg}^{-1}$ (equivalente a 4 t ha^{-1}) apresentou o melhor desempenho no crescimento das plântulas, fornecendo 111 kg ha^{-1} de nitrogênio e 2880 kg ha^{-1} de potássio, sendo ambas as doses muito acima do recomendado para a cultura de milho, não causando danos ao desenvolvimento da planta pois o fertilizante libera os elementos de forma lenta à solução do solo. As dosagens aplicadas, acima de 4 t ha^{-1} , apresentaram efeito depressivo ao desenvolvimento das plântulas, Figura 5.

O fertilizante F1 teve efeito decrescente ao desenvolvimento das plântulas com aumento nas doses do fertilizante, não diferenciando significativamente ($p>0,05$) entre a dose com melhor efeito ($1,5 \text{ g kg}^{-1}$ o equivalente a $2,4 \text{ t ha}^{-1}$) sobre o crescimento das plântulas e a testemunha, fornecendo teores de 230 kg ha^{-1} de nitrogênio e 159 kg ha^{-1} de potássio, sendo ambas as doses muito acima do recomendado para a cultura do milho. Isso ocorreu, provavelmente, pois o processo de beneficiamento a que foi submetido deve disponibilizar mais prontamente os nutrientes N e K à planta.

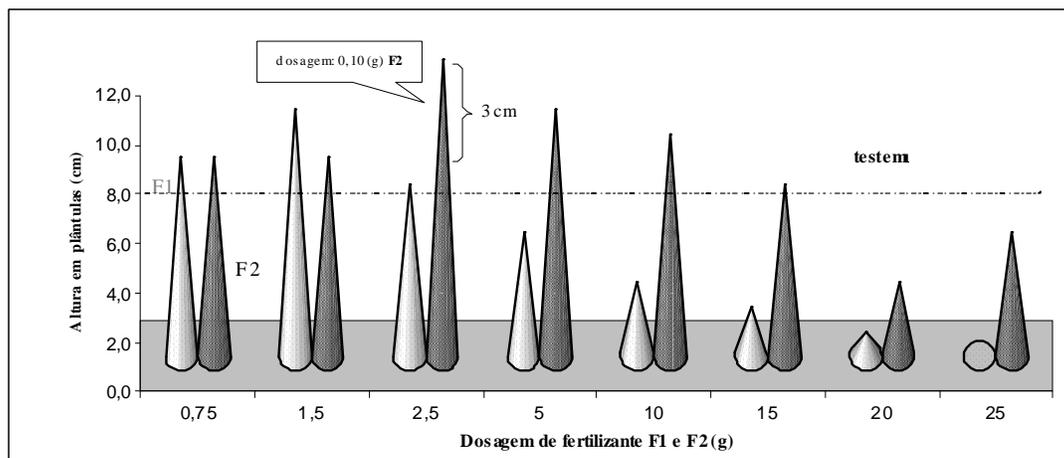


Figura 5. Dosagens de fertilizante F1 e F2 aplicados no teste de germinação em areia com sementes de milho.

CONCLUSÕES

Ambos os processos de beneficiamento do bio-óleo, Rotas I e II, para produção de fertilizantes devem ser revistos em termos das temperaturas utilizadas, para minimizar as perdas do N adicionado.

Os fertilizantes F1 e F2 são potenciais fontes dos macronutrientes N e K, entretanto suas aplicações devem ser bem assistidas, pois em dosagens elevadas podem causar danos às culturas.

O fertilizante F2 apresentou melhor eficiência no desenvolvimento das plântulas de milhos do que o fertilizante F1, sendo sua melhor dosagem igual a 4 t ha⁻¹.

AGRADECIMENTOS

Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIOCARBO INDÚSTRIA E COMÉRCIO. *Curso prático de agricultura orgânica*. Itabirito, MG, 2003. 15p. (Apostila complementar Região do Irecê – BA).
- BHOYAR, R. V.; OLANIYA, M. S.; BHIDE, A. D. Effect of temperature on mineralisation of nitrogen during aerobic composting. *Indian Journal of Environmental Health*, Nehru Marg, Nagpur, v.21, n.1, p.23-34, 1979
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DA REFORMA AGRÁRIA. *Regras para análise de sementes*. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 398p.
- BRIDGWATER, A.V.; MEIER, D.; RADLEIN, D. An overview of pyrolyses fast for biomass, *Organic Geomestry*, Elsevier, v.3, p.1479-1493, 2000.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G. E.; ALVES, V. M. C.; HERMANI, L. C. *Nutrição e adubação do milho*. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 1.2006. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/feraduba.htm
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO DE BRASÍLIA - CONAB, *Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2008/2009 – Primeiro Levantamento – out., 2008*. 39p.
- ESECHIE, H.A.; DHALIWAL, G.S.; ARORA, R.; RANDHAWA, N.S.; DHAWAN, A.K. Assessment of pyrolygneous liquid as a potential organic fertilizer. In: ECOLOGICAL AGRICULTURE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 1997, Chandigarh, India. *Proceedings...* Chandigarh: Center for Research in Rural and Industrial Development, 1998. v.1, p. 591-595.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. IBRAM. *Ibram pede seriedade para fertilizantes*. Brasília, DF: IBRAM, 2009. Disponível em: <http://www.hojeemdia.com.br/cmlink/hoje-em-dia/colunas-artigos-e-blogs/diarios/negocios-s-a-1.11090/ibram-pede-seriedade-para-fertilizantes-1.16897>
- LEHMANN, J. Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, Washington, DC, v. 5, n. 7, p. 381-387, 2007.
- MELGAR, R.J.; SIMITH, T.J.; CRAVO, M.S.; SÁNCHEZ, P.A. Rates and dates of nitrogen fertilizer application for maize on a latossol in the central Amazonia region. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.15, n.3, p.289-296, set./dez. 1991.
- MESA-PÉREZ J.M., ROCHA J.D., OLIVARES-GÓMEZ, E., CORTEZ L.A.B., BROSSARD-PÉREZ L.E. Pirólise rápida em leito fluidizado: uma opção para transformar biomassa em energia limpa. *Revista Analytica*, São Paulo, SP p.32-36, 2003.

NICOLINI, K. P. *Produção de fertilizantes de liberação lenta a partir da torta de mamona (Ricinuscommunis) e de uréia intercalada em caulins*. Curitiba, 2009.123p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná.

PORTO, P.R.; SAKITA, A.E.N.; SAKITA, M.N. Efeito da aplicação do extrato pirolenhoso na germinação e no desenvolvimento de mudas de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. IF *Série Registros*. São Paulo, SP, n. 31, p. 15-19, jul. 2007.

RADLEIN, A.G.; PISKORZ, J.K.; MAJERSKI, P.A. *Method of producing slow-release nitrogenous organic fertilizer from biomass*. Waterloo, United States Patent. Patent Number 5,676,727, Canada, 1997.

SCHMIDT, M. W. I.; NOACK, A. G. Black carbon in soils and sediments: Analysis, distribution, implications, and current challenges. *Global Biogeochemistry Cycles*, Mainz, GDR, v. 14, p. 777-793, 2000

SHIBAYAMA, H.; MASHIMA, K.; MITSUTOMI, M.; ARIMA, S. Effects of application of pyroligneous acid solution produced in Karatsu city and growth and free sugar contents of storage roots of sweet potatoes. *Marine and Highland Bioscience Center Report*, Phukel,THA, v. 7, p.15-23. 1998.

SILVA, D. S.; SILVA, A. A. S.; FRANCA, S. C. A. *Beneficiamento do flogopitito para uso como fertilizante de liberação lenta*. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16., Rio de Janeiro: CETEM, 2008.

TSUZUKI, E.; MORIMTSU, T.; MATSUI, T. Effect of chemical compounds in pyroligneous acid on root growth in rice plants. *Japanese Journal Crop Science*, Tokyo, JPN, v. 66, n. 4, p.15-16, 2000.