



EFEITO DA ROTAÇÃO DE CULTURA COM ADUBOS VERDES, NA PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR

Edmilson José Ambrosano¹, Patricia Prati¹, Celina Maria Henrique¹, Fabio Luis Ferreira Dias¹; Fabrício Rossi²; Silvio Tavares¹; Gláucia Maria Bovi Ambrosano³

RESUMO

A rotação de cultura tem como objetivo manter ou melhorar a fertilidade do solo para cultivos subsequentes. É possível usar, na rotação de culturas, diferentes plantas, inclusive, gramíneas, porém o uso de leguminosas constitui prática mais difundida para essa finalidade, visto que, em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, têm a capacidade de fixarem nitrogênio do ar em quantidade suficiente para satisfazer suas necessidades e gerar excedentes para a cultura que se sucede, além de formarem relações simbióticas mutualísticas com fungos, dando origem às micorrizas. Estudou-se a produtividade de biomassa dos adubos verdes, a produtividade da cana-de-açúcar em toneladas de colmos por hectare (TCH) e toneladas de pol por hectare (TPH). O experimento realizado na cidade de Piracicaba – SP foi conduzido no período de novembro de 2006 a agosto de 2008 em um Argissolo Vermelho Escuro. Utilizou-se delineamento experimental de blocos casualizados com cinco repetições e 14 tratamentos: Amendoim IAC-Tatu, Amendoim IAC-Caiapó, Crotalária Juncea IAC-1, Soja IAC-23, Mucunas (Preta, Cinza e Verde), Girassol IAC-Uruguai, Girassol IAC-Iarama, Feijão-Mungo, Guandu IAC-Fava Larga, Guandu IAC-Anão e dois tratamentos testemunhas, sem adubo verde, sendo um capinado, através de 3 capinas manuais, e outro com a presença do mato. Os adubos verdes Crotalária Juncea, as Mucunas, e os Guandus (IAC-Anão e IAC-Fava Larga) foram os tratamentos que mais apresentaram produção de material vegetal fresco e seco. Já para produção de colmos e de açúcar os melhores resultados foram a Crotalária, Soja, Mucuna Preta e Mucuna Cinza, produzindo em média 40% a mais que o tratamento sem adubo verde.

Palavras chaves: adubação verde, agricultura ecológica, sustentabilidade, bioenergia.

CROP ROTATION WITH GREEN MANURE, AND ITS EFFECT ON SUGARCANE YIELD

SUMMARY

¹ Doutor, Pesquisador, Polo Centro Sul, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Rodovia SP 127 km 30 CP 28, CEP 13400-970 – Piracicaba/SP, e-mail: pprati@apta.sp.gov.br.

² Docente, Universidade de São Paulo, USP/FZEA-Pirassununga-SP. Av. Duques de Caxias Norte, 225. CEP 13 635-900-Pirassununga-SP-Brasil.

³ Docente, UNICAMP/FOP Departamento de Odontologia Social, Bioestatística, C.P. 52, CEP: 13414-903 - Piracicaba, SP, Brasil.



The crop rotation aims to maintain or improve soil fertility for subsequent crops. You can use in crop rotation, different plants, including grasses, however the use of legumes is most widespread practice for this purpose, whereas, in symbiosis with bacteria of the genus *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*, have the ability to fix nitrogen from the air in sufficient quantity to satisfy your needs and generate surpluses to the culture that if succeeds, in addition to form symbiotic relationships with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). He studied the biomass productivity of green manures, the productivity of sugarcane in tons of culms per hectare (TCH) and tons of pol per hectare (TPH). The experiment conducted in the city of Piracicaba-SP was conducted during the period from November 2006 to August 2008 in a Arenic Hapludult. We used experimental design of randomized blocks with five repetitions and 14 treatments: Peanuts IAC-Tatu, Peanuts IAC-Caiapó, Crotalaria Juncea IAC-1, Soybean IAC-23, dark, gray and green Velvet Bean, Sunflower IAC-Uruguai, Sunflower IAC-larama, Mung Bean, Pegeon Pea IAC-Fava Larga, Pegeon Pea IAC-Anão and two control, no green fertilizer treatments, being a weeded through 3 hoeing and another with the presence of weeds. The green manures Crotalaria Juncea, the Velvet Beans, and the Pegeon Peas (IAC-Anão e IAC-Fava Larga) were the most treatments showed production of fresh and dry vegetal mater. Sugarcane yield increased more than 40%, in average, due to the rotational crops as compared with the control treatment. The best results were the rotational crops with Crotalaria, Soybean, dark Velvet Bean and gray Velvet Bean.

Key-words: green manure, organic farming, sustainability, bio energy.

INTRODUÇÃO

O expressivo crescimento da produção de cana-de-açúcar no Brasil, nas últimas décadas, tem determinado importantes mudanças no que se refere ao aspecto agroambiental. A cana-de-açúcar ocupa hoje por volta de 9 milhões de hectares (ha) de terras, o equivalente a 1,6 % dos solos cultivados do Brasil, caracterizando um sistema de monocultivo que tem especial significado econômico e social para o país (Machado & Habib, 2009).

A prática de incorporação de plantas ao solo com o objetivo de manter ou melhorar sua fertilidade para o cultivo subsequente é denominada adubação verde. Essa prática milenar causa alterações nas características físicas, químicas e biológicas do solo, trazendo benefícios à cultura subsequente. Do ponto de vista social, a adubação verde contribui para a auto-suficiência do produtor em relação aos insumos externos utilizados para o incremento da fertilidade do solo (Wutke *et al.*, 2007).

O cultivo da cana-de-açúcar no centro sul do Brasil está apto a receber outros cultivos nas áreas de reforma ou implantação de novo canavial, que ficam meses desprovidos de vegetação, sujeita a ocorrência de elevadas precipitações pluviométricas agravando os problemas decorrentes da erosão (Cáceres & Alcarde, 1995). Dependendo do tipo de solo e da variedade utilizada, a longevidade do canavial pode chegar a quatro ou cinco cortes e



após esse período a cana é retirada e efetuada novo plantio. Como essa retirada é feita de maio a agosto é possível a semeadura dessas plantas de cobertura de outubro a novembro, com sua colheita prevista para janeiro e fevereiro e plantio de cana-de-açúcar em março do ano seguinte. Dessa forma se preserva o solo e podem-se produzir grãos, agroenergia, ou simplesmente, melhorar o solo através da adubação verde (Ambrosano *et al.*, 2005).

A razão da preferência pelas leguminosas na adubação verde é, principalmente, pelo fato destas, em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, fixar nitrogênio (N) do ar em quantidade suficiente para satisfazer suas necessidades e gerar excedentes para a cultura que se sucede. Além dessa associação, é conhecida a capacidade de leguminosas em formar relações simbióticas mutualísticas com fungos, dando origem às micorrizas. Essas relações ajudam as plantas no seu desenvolvimento e são de fundamental importância na agricultura ecológica, que não dispõe de insumos solúveis e prontamente disponíveis para as plantas. Com isso as leguminosas têm uma grande vantagem: as micorrizas proporcionam aumento na área explorada pelas raízes, colaborando para o desenvolvimento de plantas mais tolerantes à seca, com maior capacidade de nutrição, principalmente de fósforo, nitrogênio e outros elementos essenciais, e a fixação biológica do N é garantida pelas bactérias (rizóbio) (Ambrosano *et al.*, 2005).

OBJETIVO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de leguminosas utilizadas como adubos verdes em rotação de cultura, na produtividade da cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no município de Piracicaba – São Paulo, no Pólo Centro Sul - APTA, situada na latitude 22° 42'S, longitude 47° 38'W e altitude média de 560 m, em Argissolo Vermelho escuro, no período de novembro de 2006 a agosto de 2008. O solo foi caracterizado quimicamente como apresentado na TABELA 1:

TABELA 1 - Características químicas do solo na época do plantio da cana-de-açúcar, Piracicaba, 2006.

pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	S.B.	CTC	V
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³		mmol _c dm ⁻³				%
4,1	26	3	0,7	7	6	13,7	63,7	22

O delineamento foi em blocos casualizados com cinco repetições e 14 tratamentos: Amendoim IAC-Tatu (*Arachis hypogaea*), Amendoim IAC-Caiapó (*Arachis hypogaea*), Crotalária Juncea IAC-1-2 (*Crotalaria juncea*), Soja IAC-23 (*Glycine Max*), Mucuna Preta (*Mucuna aterrima*), Girassol IAC-Uruguai (*Helianthus annuus*), Feijão Mungo (*Vigna radiata*), Mucuna Cinza (*Mucuna*



cinereum), Mucuna Verde (*Mucuna pruriens*), Guandu IAC-Fava Larga (*Cajanus cajan*), Guandu IAC-Anão (*Cajanus cajan*), Girassol IAC-larama (*Helianthus annuus*) e dois tratamentos testemunhas, sem adubo verde, sendo um capinado, através de três capinas manuais, e outro com a presença do mato.

Para a realização do experimento foi realizada a semeadura dos tratamentos em campo, em novembro de 2006 no espaçamento de 0,5m entre linhas. O tamanho de cada parcela foi de 7m de largura e 8m de comprimento. A colheita foi feita em uma área útil de 1m² da área central de cada parcela, em março de 2007. Após a colheita, as plantas foram trituradas e mantidas sobre o solo. Foi feito plantio da cana em cada parcela, usando espaçamento de 1,4m entre linhas e o cultivar IAC87-3396 em abril de 2007; a cana-planta foi colhida em agosto de 2008, permanecendo no campo por 16 meses.

Foi amostrada parte aérea dos adubos verdes para obtenção do peso fresco e seco, e amostras de três linhas de cana-de-açúcar de 2m de comprimento para medida de produtividade e colhidos 10 colmos sucessivos na linha para análise industrial.

Após a análise exploratória dos dados das variáveis estudadas aplicou-se análise de variância (ANOVA) para o delineamento em blocos casualizados e teste de Scott-Knott para comparar os tratamentos. O nível de significância foi de 5%, sendo utilizado o programa estatístico SISVAR, segundo Ferreira (2000). Para fins de análise de variância os dados de adubo verde e seco foram transformados em $\log(x + 1)$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se observar na TABELA 2 que a maior produção de material vegetal fresco na colheita foi obtida com a crotalária, as mucunas (preta, cinza e verde) e com os guandus (IAC-Anão e IAC-Fava Larga), concordando com Mascarenhas *et al.* (1994). As plantas alimentícias (Amendoim IAC-Tatu, Amendoim IAC-Caiapó, Feijão Mungo, soja IAC-23 e Girassol IAC-larama), por sua vez, tiveram rendimento inferior, sendo destaque obtido apenas com o Girassol IAC-Uruguaí.

Com relação à produtividade da cana-de-açúcar em termos de toneladas de colmos colhidos por hectare (TCH) e de quantidade de açúcar produzida em toneladas de pol por hectare (TPH) no primeiro corte pode-se destacar a superioridade dos tratamentos Crotalária Juncea, Soja e Mucuna Preta. A Crotalária produziu 41% e 45% a mais, respectivamente, para colmos e açúcar, e a mucuna-preta 38% e 37% a mais, respectivamente, para colmos e açúcar, indicando o grande benefício dessa rotação para o sistema de produção de cana-de-açúcar. Resultados semelhantes foram obtidos por Mascarenhas *et al.* (1994), Mascarenhas *et al.* (1998) e Cáceres & Alcarde (1995) (TABELA 2).

Em estudo realizado por Wutke & Alvarez (1968), observaram que o resíduo de Crotalária Juncea proporcionou aumento da produtividade da cana-de-açúcar e, para o primeiro corte, o efeito da leguminosa foi superior ao N mineral. Em estudo semelhante, Cáceres (1994), afirma que a adubação verde teve efeito sobre a produtividade de cana-de-açúcar apenas no primeiro corte e



observaram incremento de produtividade de 15,4 toneladas de colmos por hectare no tratamento com *Crotalaria spectabilis* em comparação com a testemunha.

A quantidade de material vegetal seco que permanecerá no solo, por sua vez, é um item indispensável para avaliação dos efeitos dos adubos verdes no solo. A *Crotalaria* continuou com o melhor rendimento de massa vegetal seca, juntamente com os guandus IAC-Anão e IAC-Fava Larga, os quais não diferiram entre si (TABELA 2).

Os aumentos de produtividade da cana-de-açúcar com a incorporação de leguminosas ao solo ocorrem devido aos diversos benefícios que advêm desta prática (Miyasaka, 1984; Miyasaka & Okamoto, 1993), e principalmente pelos teores de nutrientes essenciais que as leguminosas contêm. Estas apresentam elevados valores de N e K₂O que poderão proporcionar a total substituição da fertilização mineral para a cana-de-açúcar, pelo menos até o primeiro corte (Glória *et al.*, 1980; Albuquerque *et al.*, 1980).

Quanto às plantas alimentícias, o girassol IAC-Uruguai apresentou melhor resultado na produção de material vegetal fresco, não ocorrendo diferença entre os amendoins IAC-Tatu e IAC-Caiapó, Feijão-Mungo e Girassol IAC-Iarama (TABELA 2).

TABELA 2 - Produção de material vegetal fresco e seco de adubos verdes, toneladas de colmos por hectare (TCH) e toneladas de pol por hectare (TPH), Piracicaba, 2007/2008.

Tratamentos	Adubo verde fresco	Adubo verde seco	TCH	TPH
		Toneladas ha ⁻¹		
Amendoim IAC-Tatu	7,9 c	2,6 c	115,3 b	18,8 b
Amendoim IAC-Caiapó	7,2 c	1,5 c	118,5 b	19,5 b
Crotalaria Júncea IAC1	62,1 a	24,4 a	133,3 a	22,1 a
Feijão-Mungo	7,2 c	2,7 c	116,3 b	18,3 b
Girassol IAC-Iarama	15,3 b	6,5 c	114,1 b	18,3 b
Girassol IAC-Uruguai	28,2 b	9,5 b	112,2 b	18,2 b
Guandu IAC-Anão	40,6 a	14,8 a	120,7 b	19,7 b
Guandu IAC-Fava Larga	67,5 a	22,7 a	119,1 b	18,4 b
Mucuna Cinza	35,6 a	7,1 b	129,3 a	20,5 b
Mucuna Preta	46,3 a	10,4 b	131,2 a	20,9 a
Mucuna Verde	43,5 a	9,3 b	115,6 b	19,1 b
Soja IAC-23	6,2 c	3,7 c	124,1 a	19,9 a
Testemunha capinada	-	-	94,5 c	15,2 c
Testemunha com matos	-	-	114,6 b	19,0 b
CV (%)	48,81	39,56	11,82	12,89

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

CONCLUSÕES

Os resultados gerados no presente trabalho permitem concluir que: a *Crotalaria*, as Mucunas (preta, verde e cinza) e os Guandus (IAC-Anão e IAC-Fava Larga) apresentaram maior produção de material vegetal fresco; as



maiores produções de material vegetal seco foram da crotalária e dos Guandus (IAC-Anão e IAC-Fava Larga); com relação à produtividade da cana-de-açúcar, a Crotalária, a Soja e a Mucuna Preta, seguidos da Mucuna Cinza, foram os tratamentos que mais se destacaram em relação aos demais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, G.A.C. de; ARAÚJO FILHO, J.T.; MARINHO, M.L. Adubação verde e sua importância econômica. **Boletim IAA/PLANALSUCAR-COONE**, Rio Largo, p.10, 1980.

AMBROSANO, E.J.; GUIRADO, N.; CANTARELLA, H.; ROSSETTO, R.; MENDES, P.C.D.; ROSSI, F.; AMBROSANO, G.M.B.; ARÉVALO, R.A.; SCHAMMAS, E.A.; JÚNIOR, I.A.; FOLTRAN, D.E. Plantas para cobertura do solo e adubação verde aplicada ao plantio direto. **Potafos – Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato - Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.112, p.1-16, 2005.

CÁCERES, N.T. **Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum ssp.*)**. 1994. 45p. Tese (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

CÁCERES, N.T.; ALCARDE, J.C. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar. **Revista STAB**, Piracicaba, v.13, n.5, p.16-20, 1995.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...São Carlos: UFSCar**, 2000, p.255-258.

GLÓRIA, N.A. da; MATIAZZO, M. E.; PERERIRA, V.; PARO, J.M. Avaliação da produção de adubos verdes. **Saccharum-STAB**, Piracicaba, v.3, n.8, p.31-35, 1980.

MACHADO, L.A.; HABIB, M. **Perspectivas e impactos da cultura de cana-de-açúcar no Brasil**. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/Cana/index.htm. Acesso em: 20 set. 2009.

MASCARENHAS, H.A.A *et al.* **Efeito residual das leguminosas sobre o rendimento físico e econômico da cana-planta**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1994.

MASCARENHAS, H.A.A.; NOGUEIRA, S.S.S.; TANAKA, R.T.; MARTINS, Q.A.C.; CARMELLO, Q.A.C. Efeito da produtividade da rotação de culturas de



verão e crotalária de inverno. **SCIENTIA AGRÍCOLA**, Piracicaba, v.55, n.3, p.534-537, set/dez, 1998.

MIYASAKA, S.; OKAMOTO, H. **Matéria orgânica - curso sobre adubação verde no Instituto Agrônômico**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1993.

MIYASAKA, S. **Histórico do estudo de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características - Adubação Verde no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1984.

WUTKE, E.B. *et al.* **Bancos comunitários de sementes de adubos verdes: Informações técnicas**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007.