

CULTIVO DA SOJA APÓS INCORPORAÇÃO DE ADUBO VERDE E ORGÂNICO¹

ROBERTO TETSUO TANAKA, HIPÓLITO ASSUNÇÃO ANTONIO MASCARENHAS², OTAVIO SOUZA DIAS³,
CLAUDIO CAMPIDELLI⁴ e EDUARDO ANTONIO BULISANI²

RESUMO - No período 1987/89 foram conduzidos dois experimentos em Latossolo-Verme-lho-Amarelo, fase arenosa, de baixa fertilidade, com o objetivo de verificar o efeito de resíduos vegetais dos quatro adubos verdes, *Crotalaria juncea* L. (crotalária), *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland (mucuna-preta), *Cajanus cajan* (L.) Millsp. (guandu) e *Dolichos lab-lab* L. (lab-lab) incorporados, sobre a cultura subsequente de soja *Glycine max* (L.) Merrill, comparados à monocultura de soja e à aplicação de esterco de galinha. A amplitude da produção de fitomassa verde variou de 12,3 t/ha para crotalária a 36,5 t/ha para a mucuna-preta. As plantas de soja da área em monocultivo apresentaram sintomas de deficiência hídrica, o que não foi observado nos tratamentos que receberam os adubos verdes e o esterco de galinha. Apesar da menor produção de matéria verde de crotalária, no tratamento onde se cultivou esta leguminosa foi obtida a maior produtividade de grãos de soja, cujos resultados não diferiram dos obtidos nas parcelas onde foram incorporadas mucuna-preta e esterco de galinha. Nos tratamentos com lab-lab e guandu, que produziram quantidades intermediárias de massa verde, foram obtidos rendimentos de soja iguais aos da testemunha (soja contínua).

Termos para indexação: fertilidade dos solos, adubo verde, produção de soja, fitomassa.

GROWING SOYBEANS AFTER GREEN AND ORGANIC MANURE

ABSTRACT - During the 1987/89 growing seasons two experiments were carried out in a Red-Yellow Latosol (Oxisol) sandy phase of low fertility to verify the effect of incorporated chicken manure and these four green manure crops: velvet bean (*Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland), sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.), (*Dolichos lab-lab* L.) and pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) on the yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). The check treatment was continuous soybean crop. The yield of green manure (fresh weight) varied from 12.3 t/ha for sunn hemp to 36.5 t/ha for velvet bean. In spite of the low sunn hemp yield, the average of soybean yield at the two locations was highest after this previous crop, and no difference on yield were obtained between plots where the previous crop was velvet bean and chicken manure was applied. The soybean yields after *Dolichos lab-lab* or pigeon pea were no different to that of continuous soybean plots.

Index terms: soil fertility, green manure, soybean yield.

INTRODUÇÃO

O efeito dos adubos verdes sobre algumas características físicas do solo depende da quantidade e qualidade da fitomassa, que são: função da espécie, época do cultivo, fertilidade do solo, sistema de produção, etc. Fisicamente, a função mais importante da matéria orgânica é a estabilização dos agregados do solo, melhorando suas condições de aeração e infiltração de água, di-

¹ Aceito para publicação em 13 de fevereiro de 1992.

Trabalho apresentado na III Reunião Centro-Sul da Adubação Verde e Rotação de Culturas, Cascavel, PR, 25 a 27 de junho de 1991.

² Eng. - Agr., Dr., Instituto Agronômico de Campinas, Caixa Postal 28, CEP 13001 Campinas, SP. Bolsista do CNPq.

³ Eng. - Agr., Caixa Postal 289, CEP 19800 Assis, SP.

⁴ Eng. - Agr., Capivara, Agro-Pecuária S/A, CEP 19700 Paraguaçu Paulista, SP.

minuindo a perda pela evaporação e permitindo maior penetração do sistema radicular (Igue 1984). Por outro lado, Joffe, citado por Kiehl (1960), observou que o efeito benéfico da incorporação de volumes apreciáveis de fitomassa a um solo não é devido à estabilização da estrutura, mas, simplesmente ao aumento do volume do solo medido pela redução no valor da densidade aparente. Dessa forma, haveria aumento na porosidade do solo em favor da permeabilidade.

A composição química de alguns solos do Estado do Paraná determinada por Pavan e mencionada por Igue (1984), mostra que a capacidade de retenção de cátions no solo aumenta em função do conteúdo da matéria orgânica. Franco & Souto (1984), citando o trabalho de Feliker & Bandarshi, relataram que, de maneira geral, as culturas toleram melhor as condições de acidez nos solos quando o teor de matéria orgânica é elevado, proporcionando melhor desenvolvimento das plantas e que as leguminosas poderiam ajudar no controle da erosão e propiciar reciclagem às camadas superficiais do solo de alguns nutrientes que são perdidos por lixiviação, principalmente o potássio (K^+) e o nitrogênio (NO_3^-). Além de reciclagem, as plantas utilizadas como adubo verde podem também funcionar como fontes de nutrientes de baixa disponibilidade e de pequena mobilidade no solo como o fósforo e molibdênio.

Conforme Johnson (1962), há evidência de que o aumento do teor de matéria orgânica do solo pode reduzir substancialmente as perdas de produção em face do ataque de nematóides. Os adubos verdes mucuna-preta (Ferraz et al. 1977) e *Crotalaria juncea* L. (crotalária) (Silva et al. 1989) podem controlar não apenas os nematóides mas também algumas plantas daninhas.

No Estado de São Paulo, a utilização da crotalária, guandu, lab-lab, mucuna-preta e tefrósia (*Tephrosia candida* D.C.) como adubo verde possibilitou obter aumentos significativos nas produções de milho, feijão e soja (Neme 1959, Miyasaka et al. 1966 e Mascarenhas et al. 1980).

Numa propriedade agrícola localizada no município de Paraguaçu Paulista, SP, há vários

anos, muitas glebas vem sendo cultivadas com a soja e as produtividades obtidas não são tecnicamente satisfatórias, apesar das aplicações anuais de quantidades apreciáveis de nutrientes, como: 80 kg/ha de P_2O_5 e de K_2O . A análise do solo mostrou baixos teores de potássio, consequência provável da lixiviação propiciada pela textura arenosa do solo, a sua baixa CTC e à erosão. O solo ainda apresentava baixo teor de matéria orgânica.

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da incorporação de restos culturais de quatro espécies de adubo verde e esterco de galinha sobre a produção de soja, em solo acima caracterizado.

MATERIAL E MÉTODOS

No município de Paraguaçu Paulista, Fazenda San Martin, nas glebas 238 e 241, cujos solos apresentavam as características físicas e químicas constantes na Tabela 1, foram semeados, em novembro de 1988, soja e os adubos verdes mucuna-preta, crotalária juncea, lab-lab e guandu. Cada parcela constou de oito linhas de 10 m de comprimento, com espaços, entre si, de 0,5 m. Exceto a crotalária, que foi semeada na densidade de 1 g de sementes/m de sulco, os outros adubos verdes foram semeados com 10 sementes/m, e a soja

TABELA 1. Análise física e química da camada arável de dois latossolos vermelho-escuros das glebas 238 e 241, antes da instalação dos experimentos. Paraguaçu Paulista, 1987.

Análise do solo	Latossolo vermelho-escuro	
	Gleba 238	Gleba 241
Areia grossa	44,90	43,50
Areia fina	40,99	39,22
Limo	4,48	4,30
Argila	9,63	8,63
pH	CaCl ₂ 5,30	4,60
Mat. Org.	% 1,7	1,80
P	μ g/cm ³ 8,0	21
K ⁺	meq/100 cm ³ 0,02	0,08
Ca ⁺²	meq/100 cm ³ 1,20	1,40
Mg ⁺²	meq/100 cm ³ 0,90	0,40
Sat. de bases	% 58	41

foi semeada de modo a se obterem, após desbaste, 20 plantas/m de sulco. Todas as parcelas receberam uma adubação nos sulcos de semeadura de 60 kg de P_2O_5 e de 60 kg de K_2O /ha.

A soja IAC-8 foi colhida em março de 1988, com produtividade média de 1.600 kg/ha na gleba 238, e 1.790 kg/ha na 241. No período de florescimento das leguminosas (abril-maio) foram colhidas amostras representativas para se estimar a produção de fitomassa verde da parte aérea; esta, logo a seguir, foi ceifada e deixada a secar sobre o terreno. Após a secagem natural dos adubos verdes e dos restos culturais da soja, em junho, todos foram incorporados ao solo com arado de disco.

Foram considerados como tratamentos o monocultivo da soja (testemunha), e a sucessão com mucuna-preta, crotalária, guandu, lab-lab e a aplicação a lanço de 4 t/ha de esterco de galinha, este incorporado com antecedência de um mês à semeadura. No ano anterior, o solo do último tratamento permaneceu em pousio com vegetação espontânea.

Em novembro de 1989 foi efetuada a semeadura da mesma cultivar de soja com sementes devidamente infectadas com rizóbio específico e adubada com 400 kg/ha da formulação 0:20:20.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Foi efetuada a análise de variância de: produtividade de fitomassa da parte aérea dos adubos verdes, produtividade de grãos de soja e teores de nutrientes nas folhas de soja. Foram amostradas, para a análise química, as terceiras ou quartas folhas trifoliadas com pecíolo a partir do ápice das plantas no estágio de florescimento, R^2 na escala de Fehr et al. (1971).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Plantas de todas as espécies tiveram desenvolvimento normal, não necessitando de capinas, mas apenas a chegada de terra. Aos 45 dias após a germinação, observou-se, no sistema radicular, nodulação abundante, mesmo sem inoculação das sementes. Internamente, os nódulos mostraram coloração avermelhada, o que indica que eram simbioticamente ativos. Em janeiro de 1988, o guandu e a crotalária tinham atingido uma altura média de 1,7 e 2,5 m, respectivamente, e a cobertura do solo com estas leguminosas impedia o desenvolvimento de ervas da-

ninhas. Por outro lado, a mucuna e o lab-lab, além de cobrirem a área de parcela, estavam invadindo as parcelas adjacentes e também controlavam bem as invasoras. As únicas parcelas que necessitaram de controle de invasoras foram as semeadas com a soja.

As produções de massa verde (Tabela 2) foram satisfatórias e semelhantes a valores obtidos em Pindorama, também em solo arenoso (resultado médio de 13 anos), onde se produziu a maior quantidade de massa verde entre os experimentos conduzidos em várias localidades do Estado de São Paulo (Mascarenhas et al. 1984). Segundo Werner (1979), também na Índia estas quatro leguminosas adaptaram-se melhor em solos arenosos bem drenados do que em solos argilosos.

Os rendimentos de soja (Tabela 2) nas duas glebas podem ser considerados baixos, apesar do nível tecnológico e dos insumos utilizados, o que revela que outros fatores, além do genético, da adubação, etc., estavam limitando a produtividade. A ocorrência de um veranico de dez dias no início de fevereiro também deve ter afetado o rendimento da soja, principalmente por ter sido cultivada em solo arenoso, e, portanto, com baixa capacidade de retenção de água disponível.

Nos estádios iniciais da cultura de soja do segundo ano agrícola, foi observado que a má distribuição da precipitação pluvial afetou o crescimento de plantas, especialmente nas par-

TABELA 2. Produção de fitomassa verde da parte aérea das espécies empregadas como adubo verde e de grãos de soja. Paraguaçu Paulista, 1987/88.

Adubos verdes	Produção de fitomassa verde	
	Gleba 238	Gleba 241
	kg/ha	
Mucuna preta	36.500	30.200
Lab-lab	18.500	24.000
Crotalária	12.300	16.800
Guandu	22.300	15.200
Soja (grãos)	1.600	1.790

celas do monocultivo da soja. Conforme Arruda et al. (1976), geralmente as necessidades de água durante o período vegetativo de soja são menos importantes do que durante o período de florescimento e frutificação. Por outro lado, Fukui & Ojima (1957) verificaram que o excesso ou deficiência hídrica entre germinação e florescimento retardam apenas o crescimento vegetativo. Estes mesmos autores mostraram que a deficiência hídrica, duas a quatro semanas imediatamente após a diferenciação de botão floral, reduz o crescimento vegetativo e causa grande queda das flores e vagens.

A partir de janeiro, com o restabelecimento da precipitação pluvial, as plantas recuperaram-se e houve um bom desenvolvimento na fase vegetativa em todos os tratamentos exceto na monocultura da soja, que apresentou desenvolvimento menor. A possível explicação para este fenômeno foi que a incorporação de matéria orgânica agregou as partículas do solo, assim melhorando as condições de aeração e infiltração e diminuindo a perda da água por evaporação (Igue 1984). Fahad et al. (1982) em solo argiloso observaram que a monocultura da soja por seis anos foi prejudicial para a estrutura do solo, diminuindo a macroporosidade e a estabilidade dos agregados que se refletiu em menor fluxo de infiltração de água.

As produtividades de soja dos dois locais (Tabela 3) analisadas individualmente, revelaram diferenças significativas entre os tratamentos. Na média, os melhores tratamentos foram a crotalária, esterco de galinha e mucuna-preta. Apesar da grande quantidade de massa vegetal produzida por lab-lab e guandu, nestes tratamentos o rendimento de soja foi igual ao do monocultivo da parcela testemunha. A análise conjunta revelou uma interação significativa entre os tratamentos e locais. Apesar da maior produção de massa de mucuna na gleba 238 (20%), foi observado menor rendimento de soja do que na gleba 241. Em termos de produção relativa média de grãos de soja, a ordem decrescente foi: crotalária, esterco de galinha, mucuna-preta, guandu e lab-lab, os quais produziram, respectivamente, 30, 22, 20, 9 e 2% a mais do que o monocultivo da soja.

TABELA 3. Efeito da incorporação de fitomassa de adubos verdes e esterco de galinha sobre a produtividade de soja em Paraguaçu Paulista, 1988/89.

Adubos verdes	Produção de grãos ¹		Média	Produção relativa
	Gleba 238	Gleba 241		
	----- kg/ha -----			%
Mucuna	2.300bB	2.690aA	2.495a	120
Lab-lab	2.211bA	2.028bA	2.120b	102
Crotalária	2.776aA	2.668aA	2.722a	130
Guandu	2.370abA	2.175bA	2.273b	109
Esterco	2.502abA	2.593aA	2.548a	122
Soja continua	2.303bA	1.868bA	2.086b	100

CV = 8,2%

¹ Letras minúsculas na coluna referem-se às diferenças entre os tratamentos, e letras maiúsculas na linha referem-se às diferenças entre as glebas do mesmo tratamento, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Pelas Tabelas 4 e 5, nota-se que os teores de macro e micronutrientes nas folhas de soja estão em níveis apontados como adequados por Trani et al. (1983), exceto para os de N e os de Cu e em alguns tratamentos, os de P. O baixo teor do N deve ser devido à acidez do solo, que diminui a atividade simbiótica, e portanto a eficiência de fixação de N pela soja. As variações das produtividades de soja em função dos teores de nutrientes nas folhas não resultaram em coeficientes de correlação significativas, indicando que a incorporação de adubos verdes e esterco de galinha não influenciaram a nutrição das plantas.

Além do efeito da matéria orgânica sobre a física do solo, pode-se também especular que as produções de soja foram maiores com a crotalária, esterco de galinha e mucuna-preta, em decorrência da diminuição de populações de nematóides fitopatogênicos. Os solos de diversas regiões do Estado de São Paulo, por causa da utilização prolongada, apresentam infestações apreciáveis de nematóides, tornando-os problemáticos ou até inviáveis para cultivos posteriores. O trabalho de Lordello (1973) demonstrou que a diminuição da população de nematóides pode ser atribuída ao aumento da po-

TABELA 4. Efeito da incorporação de adubos verdes e esterco de galinha sobre os teores dos nutrientes nas folhas de soja¹ na gleba 238. Paraguaçu Paulista, 1988/89.

Tratamentos ²	N	P	%			ppm				
			K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
Mucuna	3,43	0,237	2,48	0,63	0,37	81	95	9,3	31	41
Lab-lab	3,29	0,274	2,58	0,62	0,39	80	104	8,6	33	43
Crotalária	3,54	0,250	2,68	0,68	0,39	86	83	9,6	33	45
Guandu	3,43	0,299	2,77	0,67	0,41	79	78	9,4	27	40
Esterco	3,48	0,238	2,79	0,71	0,41	84	77	8,5	29	37
Soja	3,39	0,228	2,54	0,67	0,38	83	90	9,5	30	39
Teste F	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6	12	7	12	16	6	20	17	15	13

¹ Folhas coletadas no estágio R₂ da escala de Fehr et al. (1971).

² Adubos verdes e esterco de galinha incorporados ao solo com antecedência respectivamente de 5 e 1 mês à semeadura da soja. Os restos culturais do monocultivo da soja foram incorporados na mesma época da dos adubos verdes.

TABELA 5. Efeito da incorporação de adubos verdes e esterco de galinha sobre os teores dos nutrientes nas folhas de soja na gleba 241. Paraguaçu Paulista, 1988/89.

Tratamentos ²	N	P	%			ppm				
			K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
Mucuna	3,65	0,309	2,21	0,88	0,47	103	36	8,4	31	56
Lab-lab	3,74	0,250	2,08	0,81	0,43	99	37	8,7	31	47
Crotalária	3,82	0,274	2,07	0,82	0,46	107	46	8,6	36	48
Guandu	3,59	0,295	2,15	0,88	0,48	97	39	10,2	33	43
Esterco	3,57	0,323	2,56	0,81	0,40	99	36	8,4	31	41
Soja	3,97	0,301	2,27	0,89	0,50	97	35	7,4	32	43
Teste F	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
CV (%)	4	12	7	6	8	7	12	16	11	12
Tukey 5%	-	--	0,34	-	-	-	--	--	--	11

¹ Folhas coletadas no estágio R₂ da escala de Fehr et al. (1971).

² Adubos verdes e esterco de galinha incorporados ao solo com antecedência respectivamente de 5 e 1 mês à semeadura da soja. Os restos culturais do monocultivo da soja foram incorporados na mesma época da dos adubos verdes.

pulação de microorganismos saprófitas na microflora natural da rizosfera, muitos deles antagonísticos aos nematóides. Além disso, produtos da própria decomposição da matéria orgânica,

como os ácidos graxos voláteis, podem ser prejudiciais aos nematóides.

A baixa produtividade de soja nos tratamentos onde o guandu e em especial o lab-lab fo-

ram incorporados como adubo verde pode ser atribuída à susceptibilidade destas espécies aos nematóides. Gridi-Papp et al. (1970) demonstraram que ataque intenso da murcha-do-algodoeiro, causado por *Fusarium* spp, quando cultivado após lab-lab, poderia ter sido causado por população elevada de nematóides, que, ferindo as raízes das plantas, favoreceriam a penetração dos fungos. Lordello & Arruda (1956) apontavam que o guandu era afetado por *Meloidogyne* sp., o que pode inviabilizá-lo como adubo verde para culturas susceptíveis a esses nematóides.

CONCLUSÕES

1. A produtividade de fitomassa dos adubos verdes variou entre 12,3 a 36,5 t/ha, respectivamente, da crotalária e mucuna-preta.

2. A *Crotalaria juncea*, por proporcionar diversos efeitos benéficos, entre eles o de aumentar o rendimento da soja, é o adubo verde mais recomendado para ser cultivado e incorporado ao solo.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, F.B.; MASCARENHAS, H.A.A.; VIEIRA, S.R. Efeito hídrico na produção da soja. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1976. 23p. (Boletim Técnico, 38).
- FAHAD, A.A.; MIELKE, L.N.; FLOWERDAY, A.D.; SWARTZENDRUBER. Soil physical properties as affected by soybean and other cropping sequence. *Soil Science Society of America Proceedings*. v.46, p.377-381, 1982.
- FEHR, W.R.; CAVINES, C.E.; BURMOOD, D.T.; PENNINGTON, J.S. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Science*, v.11, p.929-931, 1971.
- FERRAZ, C.A.M.; CIA, E.; SABINO, N.P. Efeito de mucuna e amendoim em rotação com algodoeiro. *Bragantia*, Campinas, v.36, p.1-9, 1977.
- FRANCO, A.A.; SOUTO, S.M. Contribuição da fixação biológica de N² na adubação verde. In: ADUBAÇÃO verde no Brasil. Campinas: Fundação Cargill, 1984, p.199-215.
- FUKUI, J.; OJIMA, M. Influence of soil moisture content on the growth and yield of soybeans. (V) Changes of carbohydrate and nitrogen in soybean plants as affected by deficient or excessive soil moisture contents at various growing periods. *Crop Science Society, Japan*, v.26, p.40-42, 1957.
- GRIDI-PAPP, I.L.; FUZZATTO, M.G.; FERRAZ, A.M. Seleção do algodoeiro para resistência à fusariose em área onde ocorreu doenças semelhantes em plantas de lab-lab (*Dolichos lab-lab*). *Bragantia*, Campinas, v.29, p.67-72, 1970.
- IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: ADUBAÇÃO verde no Brasil. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.232-267.
- JOHNSON, L.F. Effect of the addition of organic amendment to soil on root knot of tomatoes. II. Relation of soil temperature, moisture and pH. *Phytopathology*, v.52, p.410-413, 1962.
- KIEHL, J.E. Contribuição para o estudo da poda e da decomposição de adubos verdes. Piracicaba: ESALQ, 1960. 113p.
- LORDELLO, L.G. Nematóides das plantas cultivadas. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1973. p.59-60.
- LORDELLO, L.G.; ARRUDA, H.V. Nematóides parasitando guandu. *Bragantia*, v.15, p.V-VII, 1956.
- MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A.; BRAGA, N.R. Rotação de culturas. In: SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA - REGIÃO CENTRO SUL DO BRASIL, 1984, Campinas. *Anais...* Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.89-112.
- MASCARENHAS, H.A.A.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M.A.C.; FEITOSA, C.T.; BATAGLIA, O.C. Efeito de adubos verde e orgânicos na produção de soja. Campinas: Instituto Agrônomo, 1980. 12p. (Boletim Técnico, 63).
- MIYASAKA, S.; MASCARENHAS, H.A.A.; NERY, C.; CAMPANA, M.; SORDI, G. Efeito de adubação verde com uma gramínea e quatro leguminosas sobre a produção do feijoeiro "de seca" em terra roxa misturada. *Bragantia*, Campinas, v.25, p.277-289, 1966.

- NEME, N.A. **Ensaio comparativos de adubos verdes.** Campinas: Instituto Agronômico, 1959. 10p. Relatório da Seção de Leguminosas, 1958/59. Mimeografado.
- SILVA, G.S.; FERRAZ, S.; SANTOS, J.M. Atração, penetração e desenvolvimento de larvas de *Meloidogyne javanica* em raízes de crotalária spp. **Nemat. Brasileira**, v.13, p.151-163, 1989.
- TRANI, P.E.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C. **Análise foliar, amostragem e interpretação.** Campinas: Fundação Cargill, 1983. 18p.
- WERNER, J.C. O potencial do guandu. (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) como planta forrageira. **Zootecnia**, Nova Odessa, v.17, n.2, p.73-100, 1979.