

EFEITOS DE MATERIAIS ORGÂNICOS E VERMICULITA SOBRE A SEQUÊNCIA FEIJÃO-MILHO-FEIJÃO¹

ANTONIO CARLOS DE SOUZA ABOUD² e FERNANDO FARIA DUQUE³

RESUMO - Estudou-se o efeito da aplicação ao solo dos seguintes materiais na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), em casa-de-vegetação, e na seqüência cultural feijão-milho-feijão no campo: massa verde de mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum* Pip. & Trac.) e de crotalária (*C. juncea* L.), bagaço de cana, casca de arroz, composto de lixo urbano e vermiculita. Na casa-de-vegetação avaliou-se o efeito dos materiais e de estirpes de *Rhizobium* na fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro. A mucuna proporcionou nodulação mais eficiente e maior acúmulo de N e matéria seca nas plantas de feijão. No campo, no primeiro plantio, a aplicação de materiais com altos teores de N não inibiu a nodulação e atividade da nitrogenase, como ocorreu com a adubação com 50 kg N/ha. Para a produção de feijão, a incorporação dos materiais foi superior à aplicação em cobertura; maior produção foi obtida com a inoculação do feijão e incorporação de crotalária. No segundo plantio houve efeito residual da mucuna e da adubação nitrogenada na produção de milho. No terceiro plantio não houve efeito residual dos materiais na produção de feijão.

Termos para indexação: adubos orgânicos, *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays*, práticas culturais, fixação biológica de nitrogênio, *Stizolobium aterrimum*, *Crotalaria juncea*, bagaço de cana, casca de arroz, composto de lixo.

EFFECTS OF APPLICATION OF ORGANIC MATTERS AND OF VERMICULITE IN BEAN-MAIZE-BEAN ROTATION

ABSTRACT - Two experiments were performed with dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and a dry bean-maize (*Zea mays* L.)-dry bean rotation to study the effect of incorporation into soil of the following materials: velvet bean (*Stizolobium aterrimum* Pip. & Trac.) and sunnhemp (*Crotalaria juncea* L.), sugarcane bagasse, rice straw, town trash compost and vermiculite. The effects of the materials and strains of *Rhizobium phaseoli* on biological nitrogen fixation in bean was evaluated in an experiment under greenhouse conditions. Velvet bean incorporation produced the most efficient nodulation and the greatest N and dry matter accumulation. Under field conditions, the application of materials with higher N contents did not inhibit nodulation and nitrogenase activity as did the fertilization with 50 kg N/ha. Incorporation of the organic matter was more effective than its application as mulch on bean yield. Incorporation of sunnhemp, where bean was inoculated, increased grain production at the first planting. The residual effect on maize at the second planting was largest in the treatment with velvet bean and N fertilization. At the third planting no residual effect on bean yield was observed.

Index terms: manures, crop management, biological nitrogen fixation, *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays*, *Stizolobium aterrimum*, *Crotalaria juncea*, sugar cane bagasse, rice straw, trash compost.

INTRODUÇÃO

A alta capacidade produtiva dos solos é geralmente associada ao seu teor em matéria orgânica (Lal & Kang 1982). Esta tem efeito direto sobre a fertilidade do solo, como fonte de nutrientes liberados no processo de mineralização, sobre as

propriedades físicas, como capacidade de retenção de água e porosidade, e sobre as propriedades biológicas (Krishnamoorthy & Kothandaraman 1982), além de efeitos fisiológicos diretamente sobre as plantas (Lee & Bartlett 1976).

Em vista do alto custo dos fertilizantes minerais e do decréscimo constantes do teor de matéria orgânica dos nossos solos cultivados, torna-se de vital importância que práticas agrícolas sejam adotadas no sentido de preservar o potencial produtivo do solo ao longo de vários anos, garantindo uma exploração economicamente rentável, e que sejam

¹ Aceito para publicação em 11 de setembro de 1985.

² Eng. - Agr., Bolsista/EMBRAPA/UAPNPBS, km 47 Seropédica, CEP 23851 Rio de Janeiro, RJ.

³ Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/UAPNPBS.

de caráter permanente e adaptadas às nossas condições ecológicas.

Neste sentido, muitos pesquisadores têm dado atenção ao estudo da adubação verde e orgânica, chegando a resultados que comprovam que esta prática, além de benéfica do ponto de vista agrônômico (Benincasa 1972, Allison 1973, Relatório técnico anual 1979, Agboola 1982, Miyasaka et al. 1983), é justificada também pelo lado econômico (Bhardwaj et al. 1981, Martin et al. 1984, Rao et al. 1983).

O feijoeiro, por ser planta frágil, dotada de sistema radicular superficial (Miyasaka et al. 1966), com 90% das raízes até a profundidade de 20 cm (Vieira 1978), é por demais vulnerável às mudanças físicas e químicas ocorridas na superfície do solo e, por isso, o uso de adubação orgânica e adubação verde tem grande efeito no aumento de produção dessa cultura (Miyasaka et al. 1965, Mascarenhas et al. 1967, Norris et al. 1970, Nogueira et al. 1973, Waters Junior et al. 1980, Araújo et al. 1982). Além disso, a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas deverá influir benéficamente sobre a nodulação e fixação biológica do nitrogênio. Esta, apesar de sofrer muitas oscilações em condições de campo, decorrentes de vários fatores - como destacam Pessanha et al. (1972), Saito & Ruschel (1978) e Duque et al. (1982) -, tem-se mostrado eficiente em experimentos recentes, em que produções de feijão da ordem de 1.200 kg/ha têm sido obtidas com inoculação de *Rhizobium*, sendo 30-40 kg de N fixados biologicamente. Tais efeitos só foram observados quando se usaram estirpes de *Rhizobium* e cultivares adequados (Programa Nacional de Feijão - Experimento de rede, dados não publicados, 1983). Araújo et al. (1982) e Bonilla et al. (s.n.t.) verificaram efeito benéfico da adubação orgânica na nodulação, fixação do nitrogênio e produção de feijão. Sendo o milho freqüentemente produzido em consórcio ou em seqüência ao feijão, poder-se-iam estender os benefícios da adubação orgânica e adubação verde também a esta cultura, aumentando, com isso, a eficiência econômica da prática.

O presente trabalho visa estudar os efeitos da aplicação de diversos materiais orgânicos e da vermiculita na seqüência cultural de feijão-milho-feijão.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido um experimento em casa de vegetação, em vasos contendo 3 kg de solo Podzólico Vermelho-Amarelo (PVA) série Itaguaí, cuja análise química revelou: pH = 5,3; Al^{3+} = 0,0; Ca^{++} = 2,5 meq/100 g; Mg^{++} = 1,2 meq/100 g; K^+ = 0,25 meq/100 g e P = 2 ppm. Utilizou-se um esquema fatorial 6 x 5 (seis materiais aplicados x cinco inoculantes), com vasos dispostos em blocos ao acaso e com quatro repetições. Os tratamentos incluíram: casca de arroz, composto de lixo urbano, bagaço de cana, mucuna-preta, vermiculita, testemunha e os inoculantes: BR 266, BR 274, BR 275, BR 281 e testemunha.

A composição dos materiais aplicados encontra-se na Tabela 1. Os materiais foram incorporados com sua umidade original, na quantidade proporcional a 8 t/ha de matéria seca, 30 dias antes do plantio, época em que também foi feita a adição de 500 kg/ha de calcário dolomítico. A adubação realizada no dia do plantio constou de 120 kg de P_2O_5 , na forma de superfosfato simples, e 60 kg/ha de K_2O , na forma de cloreto de potássio. A cultivar de feijão usada foi a Venezuela 350.

Foi conduzido um segundo experimento no campo experimental da UAPNBS - km 47, em solo PVA série Itaguaí, cuja análise revelou: pH = 5,1, Al^{3+} = 0,1 meq/100 g, Ca^{++} + Mg^{++} = 2,6 meq/100 g, K^+ = 0,11 meq/100 g, e P = 2 ppm. Utilizou-se um ensaio fatorial 5 x 2 no delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. O tamanho das parcelas foi de 8 x 3 m, com seis linhas de feijão espaçadas de 50 cm. As quatro linhas centrais foram usadas para as determinações, desprezando-se 50 cm nas extremidades. Nas parcelas foram estudados os efeitos de cinco materiais: mucuna-preta, *Crotalaria juncea* L., composto de lixo urbano, bagaço de cana e vermiculita, em duas formas de aplicação: incorporação e cobertura. Nas subparcelas foram estudadas duas fontes de N: inoculação e adubação mineral. O tratamento vermiculita em cobertura é representado no delineamento pela testemunha, visto ser a aplicação de vermiculita em cobertura um tratamento inoperante.

A mucuna-preta e a crotalária foram plantadas nas respectivas parcelas, no período das águas do ano agrícola de 1981/82, após a aplicação de 500 kg/ha de calcário dolomítico. Por ocasião da floração, as leguminosas foram cortadas, picadas em máquina para forragem e aplicadas ao solo ainda verdes, na mesma ocasião em que o lixo, e os demais tratamentos, na quantidade de 7 ton/ha de matéria seca. A incorporação foi feita a uma profundidade de 15 cm, com auxílio de enxada rotativa.

A adubação nitrogenada foi feita, na metade da parcela, com sulfato de amônio, utilizando-se 30 kg/ha de N no sulco de plantio e 20 kg/ha em cobertura, aos 25 dias após a emergência. Na outra metade, foi feita inoculação com uma mistura de estirpes de *Rhizobium phaseoli* L. usadas no experimento 1.

No primeiro plantio, utilizou-se a cultivar de feijão Rio Tibagi, semeada 30 dias após a incorporação dos

TABELA 1. Teores de carbono e nitrogênio dos materiais orgânicos utilizados nos experimentos.

Materiais usados	C (%)	N (%)	Relação C/N	N adicionado ao solo pelos materiais no experimento de campo (kg/ha)
Mucuna-preta	38	3,0	12,5	210
Crotalária*	44	1,9	26,5	119
Lixo	8	1,0	8,0	70
Bagaço de cana	37	0,2	177,0	14
Casca de arroz**	17	0,4	43,0	28

* Utilizado somente no experimento de campo.

** Utilizado somente no experimento de casa-de-vegetação.

materiais (março 1982), recebendo uma adubação de 120 kg/ha de P_2O_5 e 80 kg/ha de K_2O , na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, e 40 kg/ha de FTE BR 9 como fonte de micronutrientes, no sulco de plantio.

O segundo plantio foi feito no período das águas no ano agrícola de 1982/83, sendo plantado o milho Sintético IPEACS, na população de 40.000 plantas/ha, visando verificar o efeito residual dos materiais aplicados no primeiro plantio. A colheita de grãos foi realizada aos quatro meses após o plantio. O solo foi amostrado para determinações de macro e microporosidade e densidade aparente, aos oito meses após a aplicação dos materiais, isto é, no início da cultura do milho, usando-se cilindros de PVC de 8 cm de altura e 7,5 cm de diâmetro, seguindo-se a metodologia descrita por Khier (1979). Somente as subparcelas submetidas a inoculação foram amostradas.

Após o arranque e a retirada de todo o resto cultural do milho do segundo plantio, foi feito um terceiro plantio de feijão, cultivar Venezuela 350, em sulcos feitos manualmente, sem preparo do solo, no período da seca de 1982/83. Utilizaram-se as mesmas parcelas, fazendo-se nova adubação no sulco, idêntica à do primeiro plantio.

As determinações de atividade da nitrogenase foram feitas usando-se três plantas, cujas raízes com nódulos foram incubadas em recipientes de 270 ml (20 dias após emergência), para o primeiro plantio, e de 1.000 ml (32 dias após emergência), para o terceiro plantio, durante uma hora, com acetileno a 10%. As plantas e os nódulos foram secos em estufa a 60°C para se determinar a matéria seca. O N total foi determinado pelo método Kjeldahl. Para análise do carbono dos materiais aplicados, tomou-se 0,5 g de material seco e moído, adicionaram-se 10 ml de $K_2Cr_2O_7$ (1 N) e 20 ml de H_2SO_4 concentrado, deixando-se em repouso por 30 minutos; adicionaram-se, então, 170 ml de água destilada, 1,0 ml de H_3PO_4 a 85%, 30 gotas do indicador difenilamina sulfonato de bário e titulou-se com solução de alumínio ferroso 0,5 N.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No experimento de vasos, onde a umidade foi mantida constante, os tratamentos com vermiculita e testemunha, seguidos daquele com casca de arroz, deram o maior número de nódulos (Tabela 2), porém isto não refletiu na matéria seca e N total da parte aérea. Já a mucuna proporcionou maior peso de nódulos e atividade da enzima nitrogenase, refletindo-se significativamente em maior acúmulo de matéria seca e N total na parte aérea, mostrando-se mais eficiente em fixar N_2 e confirmando resultados obtidos por Dobereiner (1966), que encontrou correlação positiva entre esses parâmetros. Os benefícios proporcionados pela incorporação de mucuna, seguida, também, da do lixo, de materiais de baixa relação C/N e de fácil decomposição, podem estar relacionados ao suprimento de nutrientes (Tabela 1). A melhoria das condições físicas do solo proporcionadas pela aplicação destes materiais pode ter sido favorável a uma simbiose eficiente, benefício este também constatado por Miyasaka et al. (1967) e Ruschel & Saito (1977). A inoculação com *Rhizobium* não mostrou efeito, provavelmente por causa da presença de *Rhizobium* nativo e/ou em decorrência da disponibilidade de N no solo. Na Tabela 3 encontram-se os dados de análise de variância do experimento.

No experimento de campo, tentou-se confirmar os resultados obtidos sob condições controladas e os efeitos da aplicação dos materiais na produção de grãos de três culturas em seqüência.

TABELA 2. Efeito dos diferentes materiais incorporados ao solo na nodulação, atividade da N_2 -ase, matéria seca e N total da parte aérea do feijão, em casa-de-vegetação*.

Tratamentos	Nódulos/planta**		Atividade da N_2 -ase	Parte aérea/planta	
	Número	Matéria seca (mg)	($\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \cdot \text{pl}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	Matéria seca (g)	N total (mg)
Casca de arroz	68ab	46ab	0,68b	0,50d	7d
Vermiculita	86a	50ab	0,86b	0,89c	12c
Lixo	46c	53ab	2,70a	1,30b	24b
Bagaço de cana	45c	33b	0,62b	0,28e	6d
Mucuna-preta	51bc	63a	3,30a	1,72a	39a
Testemunha	75a	50ab	0,65b	0,96c	13c

* As plantas foram coletadas aos 38 dias após a emergência, e os dados referem-se à média de 60 plantas (3 plantas x 5 estirpes x 4 repetições).

** Os números seguidos de letras diferentes diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P = 0,05$).

TABELA 3. Resultados da análise de variância do experimento de casa de vegetação.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios				
		Atividade da N_2 -ase	Nº de nódulos	Matéria seca dos nódulos	Matéria seca da parte aérea	N total da parte aérea
Materiais	5	29,17**	16494**	2,8*	16,40**	7072,6**
Estirpes	4	1,08	640	1,56	0,035	14,3
Mat. x Estirpes	20	0,57	1124	0,76	0,053	38,80
Res.	87	0,63	1254	1,03	0,101	41,28
CV (%)		54,0	33,0	35,0	19,3	20,4

* Valores significativos a nível de $P = 0,05$

** Valores significativos a nível de $P = 0,01$.

TABELA 4. Atividade da nitrogenase ($\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \cdot \text{pl}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) e matéria seca dos nódulos (mg/pl) aos 20 dias após emergência do primeiro plantio do experimento de campo*.

Tratamentos	Matéria seca dos nódulos (mg/planta)		Atividade da N_2 -ase ($\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \cdot \text{pl}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	
	Inoculação	N mineral	Inoculação	N mineral
Mucuna-preta	9,2bc	1,4c	0,19cd	0,015d
Crotalária	15,2bc	0,6c	0,50bcd	0,002d
Lixo	23,7ab	1,4c	1,36a	0,022d
Bagaço de cana	22,4ab	2,2c	0,75abc	0,007d
Vermiculita/testemunha	35,2a	3,8c	1,08ab	0,028d

* Para cada parâmetro, os números seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P = 0,05$).

Na Tabela 4, observa-se o efeito dos materiais e fontes de N na nodulação e atividade da nitrogenase do feijão do primeiro plantio no campo. Na presença de inoculação, o peso da matéria seca dos nódulos e atividade da nitrogenase, com a aplicação de lixo e bagaço de cana, não diferiram significativamente da testemunha, ao passo que com a mucuna-preta e a crotalária foram inferiores. Esta diminuição deve ter sido acarretada pelo N incorporado ao solo pelas duas leguminosas (Tabela 1). Entretanto, com a aplicação de N mineral houve uma forte inibição destes parâmetros, para todos os materiais.

Houve efeito dos materiais e da sua forma de aplicação na matéria seca da parte aérea (Fig. 1). As parcelas que receberam crotalária apresentaram

as maiores médias, e a incorporação dos materiais proporcionou maior produção de matéria seca do que a aplicação em cobertura. Houve interação significativa ($P = 0,05$) entre formas de aplicação dos materiais e fontes de nitrogênio. Observa-se, aí, que o efeito da inoculação foi maior quando os materiais foram incorporados, e, com N mineral, as médias praticamente se equivaleram. Para o N total da parte aérea não se observaram diferenças estatísticas entre os materiais, embora a média da crotalária tenha sido bem maior que as demais. Houve efeito da fonte de N, tendo as plantas adubadas com a fonte mineral acumulado mais N do que as inoculadas. Não houve efeito significativo das formas de aplicação dos materiais, e houve, como para a matéria seca, interação significativa

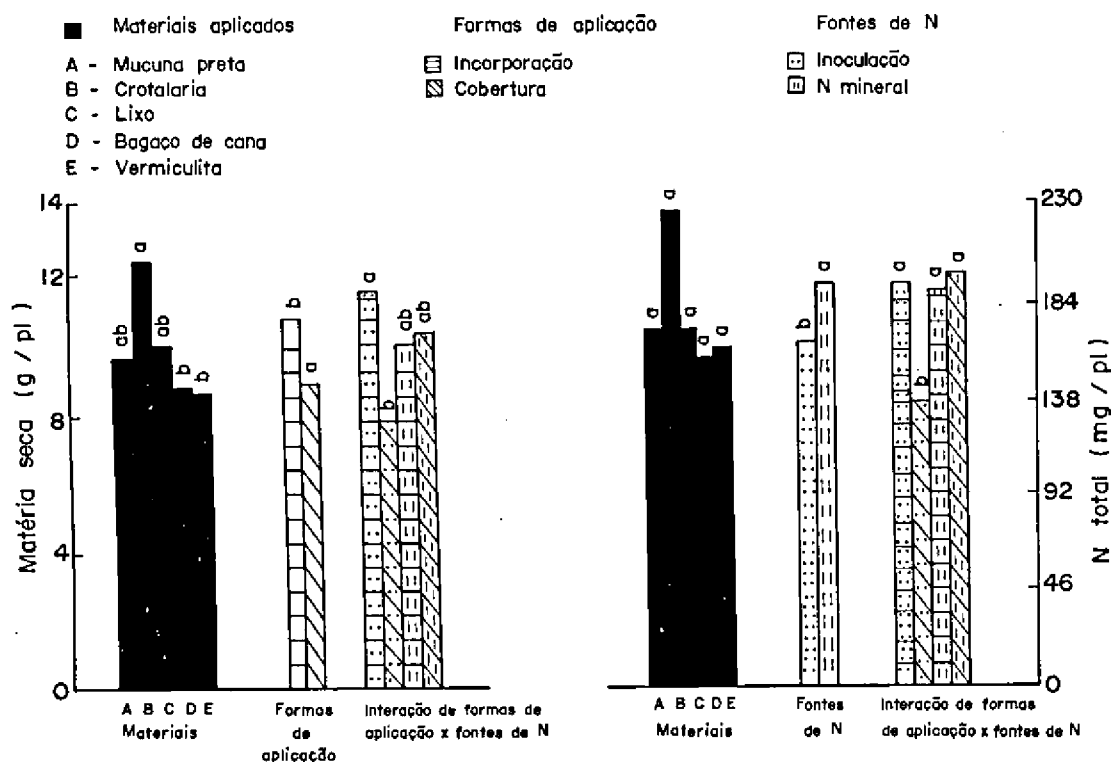


FIG. 1. Médias de matéria seca (g/pl) e N total da parte aérea (mg/pl) de 5 plantas de feijoeiro do primeiro plantio do experimento 2 aos 52 dias após a germinação.

Dentro de cada histograma, os valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p = 0,05$).

($P = 0,01$) entre formas de aplicação e fontes de N, com efeito maior da inoculação quando materiais foram incorporados.

Para a produção de grãos (Fig. 2), a aplicação de crotalária proporcionou a maior média, significativamente superior à do bagaço de cana. Novamente, a incorporação foi a forma de aplicação que proporcionou as maiores médias, confirmando a sua superioridade em relação à cobertura. As parcelas que receberam crotalária incorporada e inoculação alcançaram as maiores produções de grãos, embora só tenham sido estatisticamente superiores aos tratamentos com lixo e bagaço de cana em cobertura e à testemunha, na presença de inoculação.

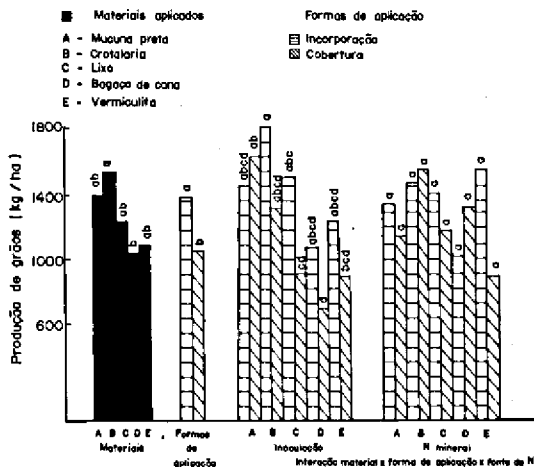


FIG. 2. Produção de grãos de feijão (kg/ha) no primeiro plantio do experimento 2.

Dentro de cada histograma, os valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p = 0,05$).

O fato de a incorporação ter sido a forma de aplicação dos materiais que resultou em maior acúmulo de matéria seca e maior produção de grãos pode estar associado às mudanças nas características físicas e biológicas do solo ocorridas durante a decomposição dos materiais incorporados. Segundo Miyasaka et al. (1966), tais efeitos têm grande influência no rendimento desta cultura. De fato, como mostra a Fig. 3, ainda havia efeito dos materiais na macroporosidade e densidade aparente do solo, aos oito meses após a sua aplicação.

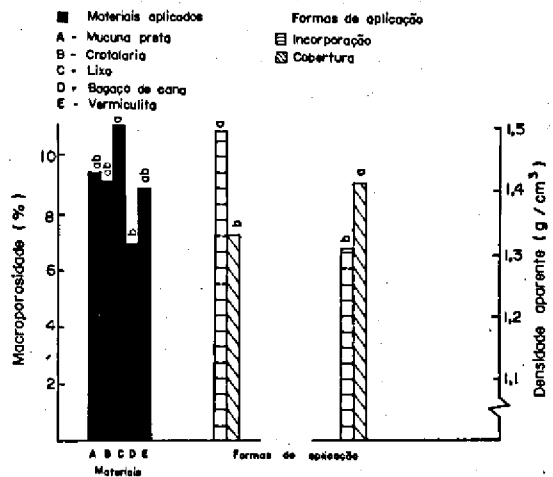


FIG. 3. Macroporosidade e densidade aparente do solo medidas aos 8 meses após a aplicação dos materiais ao solo.

Dentro de cada histograma, os valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p = 0,05$).

Nota-se, aí, mais uma vez, o efeito benéfico da incorporação, que, aumentando a macroporosidade e diminuindo a densidade aparente do solo, criou ambiente mais favorável ao desenvolvimento radicular, o que pode explicar a superioridade da inoculação em presença da incorporação e, conseqüentemente, maior produção de matéria seca e acúmulo de N total na parte aérea (Fig. 1).

É também interessante notar que, mesmo tendo havido efeito das fontes de N no acúmulo deste elemento na parte aérea das plantas, a matéria seca e a produção de grãos não foram influenciadas pelo efeito destas fontes (Fig. 1 e 2). Apesar de a crotalária apresentar médias superiores desses três parâmetros, ela não é o material com maiores teores de N e não é o que possui a menor relação C/N. Este fato parece indicar que o N não foi o principal fator limitante à cultura. Outra hipótese seria a presença de efeitos deletérios proporcionados pela mucuna-preta ao feijoeiro.

Quanto ao bagaço de cana, pela sua alta relação C/N (Tabela 1), deve ter imobilizado boa quantidade de N do solo, o que fez diminuir excessivamente a sua disponibilidade para as plantas. Era de se esperar que este efeito induzisse a uma maior

nodulação e fixação biológica de N_2 . Entretanto, isto não ocorreu, parecendo que outro fator, principalmente quando o bagaço de cana foi aplicado em cobertura, agiu negativamente, influenciando na produção (Fig. 2). Talvez os efeitos negativos proporcionados pelo bagaço de cana e mucuna-preta no feijoeiro tenham sido causados pela presença de substâncias alelopáticas nesses materiais. De fato, em experimento de rotação de culturas conduzido por um dos autores, observou-se que a incorporação de mucuna-preta e posterior plantio de feijão causou "queima" generalizada ao feijoeiro, diminuindo a produção, principalmente em períodos de escassez de chuvas.

No segundo plantio, notou-se efeito residual dos materiais e das fontes de N na produção do milho (Fig. 4). A mucuna-preta teve maior efeito, promovendo aumento significativo de produção em relação à testemunha; a aplicação desse material em cobertura tendeu a maior efeito. Houve efeito residual do N aplicado no plantio anterior, e isto pode ser explicado pelo fato de os materiais terem contribuído de alguma forma em reter o N aplicado sob forma orgânica, liberando-o lentamente nos meses seguintes. Neste plantio, nota-se que o

efeito do bagaço de cana foi semelhante ao do primeiro plantio. O efeito residual da mucuna não prejudicou a produção de milho, ou melhor, proporcionou a maior produção. Talvez, este adubo verde, na presença de milho, promova efeitos benéficos e na presença de feijão mostre efeitos alelopáticos negativos.

No terceiro plantio, notou-se no feijoeiro uma diferença na atividade da nitrogenase aos 32 dias (Fig. 5); entretanto, na produção de grãos não houve efeito dos materiais, e sim, efeito benéfico da fonte mineral de N. Parece que as condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da cultura igualaram os possíveis efeitos residuais dos tratamentos. Vieira (1967) cita que essas condições, além de acidez do solo, toxidez de alumínio e métodos de cultivo inadequados, são os principais responsáveis pelo baixo rendimento da cultura no Brasil.

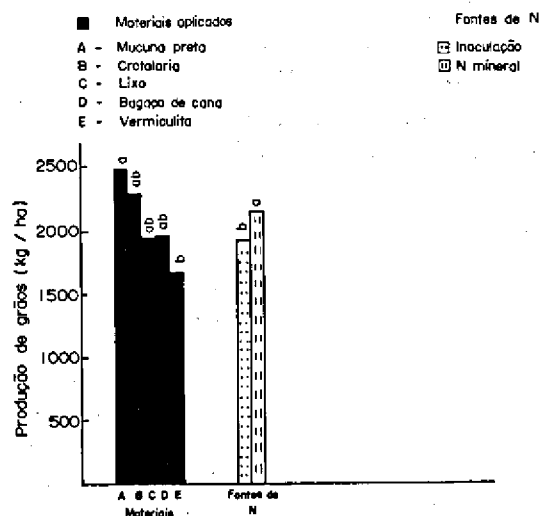


FIG. 4. Produção de grãos de milho (kg/ha) do segundo plantio do experimento 2.

Dentro de cada histograma, os valores seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p = 0,05$).

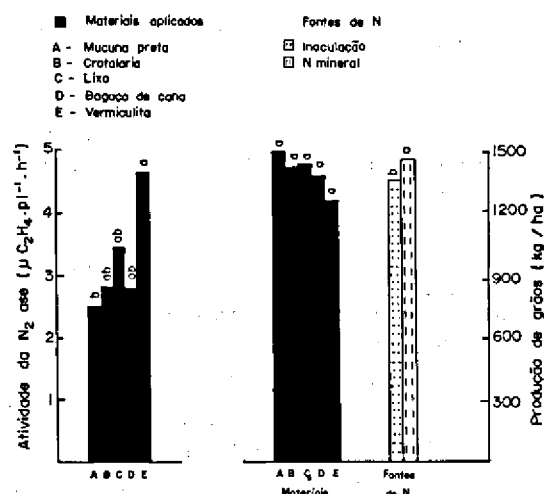


FIG. 5. Atividade da nitrogenase ($\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \cdot \text{pl}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) aos 32 dias após emergência e produção de grãos de feijão (kg/ha do terceiro plantio do experimento 2).

Dentro de cada histograma, os valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p = 0,05$).

Mesmo não havendo efeito da adubação verde e orgânica na produção de grãos do terceiro plantio, constatou-se que seus benefícios se estenderam por duas culturas sucessivas, com aumentos signi-

TABELA 5. Análise de variância de alguns parâmetros do experimento de campo.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios						
		1º plantio				2º plantio	3º plantio	
		Atividade da N ₂ -ase	Matéria seca dos nódulos	Matéria seca da parte aérea	N total da parte aérea	Produção de grãos	Produção de milho	Produção de feijão
Material	4	0,8808**	1736**	882*	334702	674044*	1693857*	111911
Forma de aplicação	1	0,0006	201	1422*	334369	112787*	427196	26499
Mat. x Forma	4	0,1508	2068	670	221012	199055	853777	78455
Resíduo (a)	27	0,1597	1734	290	123393	179838	421593	52834
Fonte de N	1	11,6138**	186341**	84	416181*	37368	871113*	145863*
Forma x Fonte	1	0,0085	94	2011**	428659*	202308	279681	64
Mat. x Fonte	4	0,8329**	7760**	70	12449	206167	251690	38142
Mat. x For. x Fonte	4	0,1473	2897	316	200986	266222*	129269	73441
Resíduo (b)	30	0,1691	1869	224	101150	82597	123782	30494
CV (%)		100,8 103,5	57,7 72,1	34,9 30,7	39,7 35,9	33,3 22,8	31,2 16,9	16,3 12,2

* Valores significativos a nível de P = 0,05

** Valores significativos a nível de P = 0,01.

TABELA 6. Resultados da análise de variância de alguns parâmetros do experimento de campo^a.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios			
		Macroporosidade	Densidade aparente	Atividade da N ₂ -ase ^b	Matéria seca dos nódulos ^b
Material	4	13,98**	0,0085	5,91*	238
Forma de aplicação	1	92,22**	0,0682***	4,76	2656
Mat. x Forma	4	3,39	0,0027	4,29	376
Resíduo	27	2,94	0,0055	1,74	999
CV (%)		18,86	8,9	41,4	44,0

^a Esses parâmetros foram avaliados somente nas sub-parcelas inoculadas.^b Dados referentes ao terceiro plantio.

* Valores significativos a nível de P = 0,05

** Valores significativos a nível de P = 0,01.

ficativos na produção. Resultados semelhantes foram obtidos por Bonilla et al. (s.n.t.), que constataram efeito residual benéfico da adubação orgânica sobre a nodulação e rendimento de feijão, e por Rao et al. (1983), que avaliaram o efeito residual de uma cultura de *Cajanus* sobre o rendimento do milho. Nas Tabelas 5 e 6 encontram-se os resultados das análises de variância do experimento de campo.

CONCLUSÕES

1. Em condições de cana-de-vegetação, a incorporação de mucuna-preta proporcionou nodulação

mais eficiente e maior acúmulo de nitrogênio e matéria seca no feijoeiro.

2. A aplicação de materiais orgânicos com altos teores de N não inibiram a nodulação e atividade da nitrogenase tanto quanto com a aplicação de 50 kg N/ha.

3. Em condições de campo, no primeiro plantio, a incorporação dos materiais proporcionou maiores benefícios do que a aplicação em cobertura, na produção de matéria seca e de grãos, sendo a crota-lária o material que possibilitou as maiores médias.

4. No segundo plantio, houve efeito benéfico da aplicação de mucuna e da adubação nitrogenada.

5. No terceiro plantio não houve diferenças entre os materiais quanto ao efeito na produção

de grãos, mas houve ligeiro aumento quando a fonte de N usada foi o adubo mineral.

REFERÊNCIAS

- AGBOOLA, A.A. Organic manuring and green manuring in tropical agricultural production systems. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON SOIL SCIENCE, 12., New Delhi, India, 1982. Non-symbiotic nitrogen fixation and organic matter in the tropics. New Delhi, Indian Soc. Soil Sci., 1982. p.198-222.
- ALLISON, F.E. Soil organic matter and its role in crop production. Amsterdam, Elsevier Scientific, 1973. v.3.
- ARAÚJO, R.S.; MACHADO, N.F.; PESSANHA, G.G.; ALMEIDA, D.L. de & DUQUE, F.F. Efeitos da adubação fosfatada, do esterco de curral e da inoculação na nodulação, fixação do nitrogênio atmosférico e rendimento do feijoeiro. R. bras. Ci. Solo, 6(2): 105-12, 1982.
- BENINCASA, M. Contribuição ao estudo ecológico do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.); efeitos térmicos no solo. Jaboticabal, UNESP. Fac. Med. Vet. Agron., 1972. 113p. Tese Doutorado.
- BHARDWAJ, S.P.; PRASAD, S.N. & SINGH, G. Economizing nitrogen by green manures in a rice-wheat rotation. Indian J. Agric. Sci., 51(2):86-90, 1981.
- BONILLA, C.E.; SCHOLLES, D. & KOLLING, J. Adubação orgânica nitrogenada e técnicas de inoculação na nodulação e rendimento do feijão. s.n.t. Trabalho apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Curitiba, PR, jul. 1983.
- DÖBEREINER, J. Evaluation of nitrogen fixation in legumes by regression of total plant nitrogen with nodules weight. Nature, 210:850-2, 1966.
- DUQUE, F.F.; SALLES, L.T.G.; PEREIRA, J.C. & DÖBEREINER, J. Influence of plant genotype on some parameters of nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L. In: GRAHAM, P.H. & HARRIS, S.C., ed. Biological nitrogen fixation technology for tropical agriculture. Cali, CIAT, 1982. p.63-6.
- KHIEL, E.J. Manual de edafologia; relações solo-planta. São Paulo, Ceres, 1979. 262p.
- KRISHNAMOORTHY, K.K. & KOTHANDARAMAN, G.V. Organic manuring and green manuring in tropical soils; Indian experience. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON SOIL SCIENCE, 12., New Delhi, India, 1982. Non-symbiotic nitrogen fixation and organic matter in the tropics. New Delhi, Indian Soc. Soil Sci., 1982. p.179-88.
- LAL, R. & KANG, B.T. Management of organic matter in soils of the tropics and subtropics. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON SOIL SCIENCE, 12., New Delhi, India, 1982. Non-symbiotic nitrogen fixation and organic matter in the tropics. New Delhi, Indian Soc. Soil Sci., 1982. p.152-78.
- LEE, Y.S. & BARTLETT, R.J. Stimulation plant growth by humic substances. Soil Sci. Soc. Am. J., 40: 876-9, 1976.
- MARTIN, N.B.; SANTOS, Z.A.P.S. & ASSUMPÇÃO, R. Análise econômica da adubação verde nas culturas de algodão e soja em rotação com milho e amendoim. In: FUNDAÇÃO CARGILL. Adubação verde no Brasil. Campinas, 1984. p.133-72.
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; ALMEIDA, L.D.; FREIRE, E.S. & ALCOVER, M. Adubação verde do feijoeiro da seca com ervilha de vaca. Bragantia, 26(25):28-40, 1967.
- MIYASAKA, S.; CAMARGO, A.P.; INFORZATO, R. & IGUE, T. Efeitos da cobertura e da incorporação ao solo imediatamente antes do plantio de diferentes formas de matéria orgânica não decomposta na cultura do feijão. Bragantia, 25(32):349-63, 1966.
- MIYASAKA, S.; CAMARGO, O.A. de; CAVALERI, P.A.; GODOY, I.J. de; WERNER, J.C.; CURI, S.M.; LOMBARDI NETO, F.; MEDINA, J.C.; CERVELLINI, G. da S. & BULISANI, E.A. Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo. s.l., Fundação Cargill, 1983. 138p.
- MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S. & MASCARENHAS, H.A.A. Efeito da matéria orgânica sobre a produção do feijoeiro. Bragantia, 24(11):59-61, 1965.
- MIYASAKA, S.; INFORZATO, R.; MASCARENHAS, H.A.A. & KIHHL, A.S. Alongamento do caule do feijoeiro estimulado pela incorporação ao solo de plantas de tremoço (*Lupinus albus* L.). Bragantia, 26(6):27-32, 1967.
- NOGUEIRA, F.D.; OLIVEIRA, P. & VERDOLIN, H. Efeito da cobertura morta na produção de feijão da seca e sua análise econômica. Sete Lagoas, IPEACO, 1973. 5p. (Boletim técnico, 22).
- NORRIS, D.O.; LOPES, E.S. & WEBER, D.F. Incorporação de matéria orgânica (mulching) e aplicação de pletes de calcário (pelleting) para testar estirpes de *Rhizobium* em experimentos de campo sob condições tropicais. Pesq. agropec. bras. Sér. Agron., Rio de Janeiro, 5:129-46, 1970.
- PESSANHA, G.G.; FRANCO, A.A.; DÖBEREINER, J.; GROSZMANN, A. & BRITTO, D.P.P. de S. Correção negativa da nodulação com a produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em solos onde o nitrogênio não é fator limitante. Pesq. agropec. bras. Sér. Agron., Rio de Janeiro, 7:49-56, 1972.
- RAO, J.V.D.R.K.; DART, P.J. & SASTRY, P.V.S.S. Residual effect of pigeon pea (*Cajanus cajan*) on yield and nitrogen response of maize. Exp. Agric., 19:131-41, 1983.
- RELATÓRIO TÉCNICO ANUAL DO CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DOS CERRADOS. Brasília, EMBRAPA-CPAC, 1979. p.74-9.
- RUSCHEL, A.P. & SAITO, S.M.T. Efeito da inoculação de *Rhizobium*, nitrogênio e matéria orgânica na fixação simbiótica de N em feijão. R. bras. Ci. Solo, 1:21-4, 1977.

- SAITO, S.M.T. & RUSCHEL, A.P. O *Rhizobium phaseoli* e sua contribuição para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). s.l., s. ed., 1978. 22p. Apostila.
- VIEIRA, C. Cultura do feijão. s.l., Imprensa Universitária/UFV, 1978. 146p.
- VIEIRA, C. O feijoeiro comum; cultura, doenças e melhoramento. s.l., Imprensa Universitária/Univ. Rural do Estado de Minas Gerais, 1967. 219p.
- WATERS JUNIOR, L.; GRAHAM, P.H.; BREEN, P.J.; MACK, H.S. & ROSAS, J.C. The effect of rice-hull mulch on growth, carbohydrate content and N₂ fixation in *Phaseolus vulgaris* L. *Hortic. Sci.*, 15(2): 138-9, 1980.