



Adubação, plantio e sulcamento numa só operação.

A produtividade desta cultura neste sistema varia de 1.400 a 2.200 kg/ha.

#### PLANTA x IRRIGAÇÃO

Tendo em vista o pouco uso da irrigação na cultura do feijão no Brasil, entretanto, com boas perspectivas de aumento agora nas áreas do PROVÂRZEAS, uma série de observações deve ser feita para o produtor, dado as características desta planta.

- Ao irrigar nos sulcos, devem-se evitar inundações ou empoçamento de áreas, pois, assim ocorrendo, as sementes ou plantas sucumbirão; a água correrá nos sulcos o suficiente para umedecer o solo na zona das raízes.

- Como dentro dos sulcos geralmente ficam alguns torrões, na primeira irrigação o produtor deverá acompanhar o percurso da água no sulco com uma enxada até o final deste. Nas irrigações que serão feitas posteriormente, a água fluirá normalmente, não necessitando de acompanhamento.

- Não colocar muita água dentro do sulco, pois, a irrigação deverá ser paulatina.

- Não deverá faltar água à cultura 15 dias antes da floração, bem como durante a floração, formação das vagens e maturação das primeiras vagens.

- O total de irrigações vai depender da temperatura, tipo de solo e chu-

vas caídas.

#### MILHO E FEIJÃO CONSORCIADOS

Uma prática que está fazendo muito sucesso entre os produtores, pela sua alta rentabilidade, é o plantio de feijão consorciado ao milho (Fig. 3). Há nesta consorciação uma diferença de esquema (Fig. 2) quando o feijão é solteiro.

No consórcio, plantam-se duas linhas de milho espaçadas de 1 m. Entre o espaço de 1 m deixado pelas fileiras, planta-se o feijão, manualmente ou a tração animal. A irrigação tem que ser bem controlada, pois o feijão não admite excesso de água, isto é, inundação ou empoçamento.

## Fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro

Pedro Antônio Arraes Pereira  
Pesquisador/EMBRAPA-CNPAF

#### INTRODUÇÃO

A importância das plantas leguminosas na agricultura é reconhecida por todos. Uma das principais características dessa família é a capacidade de associar-se com bactérias do gênero *Rhizobium*. Essa simbiose propicia a mobilização do N<sub>2</sub> do ar nas partes componentes das plantas. A fixação do nitrogênio pelas plantas leguminosas contribui com 20% do N<sub>2</sub> fixado biologicamente na terra (Quispel 1974). Outro ponto de extrema importância é que o processo de fixação biológica do N<sub>2</sub> utiliza energia solar em vez de combustíveis fósseis (Dobereiner 1979). Essa característica proporciona uma diminuição da necessidade de investimentos, tornando a agricultura dos países em desenvolvimento competitiva com as dos países industrializados.

O feijão (*Phaseolus vulgaris*) é a leguminosa de maior importância para a alimentação protéica do povo brasileiro, principalmente para as camadas de baixa renda. Hoje, a pesquisa em fixação biológica de nitrogênio em feijão é um grande desafio, pois essa leguminosa é uma das poucas cultivadas atualmente que não conseguem suprir totalmente suas necessidades

de nitrogênio através da simbiose com o *Rhizobium*.

No presente trabalho serão discutidos alguns aspectos e perspectivas mais relevantes da fixação biológica do N<sub>2</sub> em feijão.

#### FATORES NUTRICIONAIS QUE AFETAM A SIMBIOSE *Rhizobium* - FEIJÃO

Grande parte do feijão plantado no Brasil encontra-se em solos ácidos, freqüentemente com níveis altos de Al e baixo teores de Ca, Mg e principalmente P (Tabela 1), além de apresentar deficiência em um ou mais micronutrientes. Para o pleno funcionamento da simbiose, a planta de feijão tem que estar em solo sob condições favoráveis de nutrição. Como foi demonstrado por Franco & Day (1980), a aplicação de cálcio e molibdênio é fundamental para a simbiose (Tabela 2).

O nitrogênio é outro fator que afeta diretamente a simbiose de várias formas: como NO<sub>3</sub> ele inibe a nodulação (Nutman 1954 e Raggio et al. 1965) e como amônia inibe a síntese e a atividade da enzima responsável pela redução de N<sub>2</sub> → NH<sub>3</sub>, a nitrogenase. Segundo Graham (comunica-

**TABELA 1 – Frequência da Deficiência em N e P na América Latina.**

Local	Ensaio	Respostas		Fonte
		N	P	
América Central	110	83	73	Franzbender et al. (1968)
Brasil	232	67	103	Malavolta (1972)
Venezuela	12	6	5	Barrios (1970)
Colômbia	5	3	4	CIAT (1972/76)

propícias para sobrevivência e eficiência do *Rhizobium phaseoli* tais como: maior teor de água, menor temperatura do solo etc.

**Leucaena leucocephala x FIXAÇÃO BIOLÓGICA N<sub>2</sub> EM FEIJÃO**

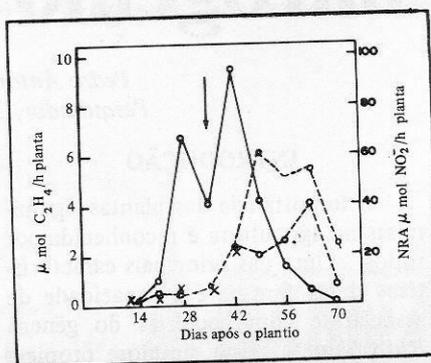
Como foi visto no primeiro tópico, um dos problemas principais para maximização da fixação biológica de nitrogênio é a baixa fertilidade natural dos solos brasileiros. Em trabalho recente mostrou-se o efeito benéfico tanto do microclima como da incorporação da *Leucaena leucocephala* na produção do feijoeiro (Kluthcouski 1980). Assim a adição de matéria orgânica e de outros nutrientes, que essa leguminosa tem capacidade de reciclar, além do microclima produzido, parece também favorecer a simbiose do feijão com *Rhizobium phaseoli*, quando este é plantado dentro das fileiras de *Leucaena*. Procurando confirmar essa hipótese, um estudo foi realizado em solo de cerrado em Goiânia, verificando-se um incremento substancial na massa nodular do feijoeiro quando este foi plantado no microclima da *Leucaena* (Fig. 3). A produção de grãos neste sistema de cultivo foi muito elevada, e observou-se que a simbiose supriu a planta de nitrogênio com mais eficiência que a adubação nitrogenada (Tabela 3).

**TABELA 2 – Efeito do Calcário e Molibdênio na Produção de Grãos de Feijão *P. vulgaris* L. em um Solo Podzólico Vermelho-amarelo\*.**

Calcário t/ha	pH na Colheita	Mo (kg/ha) como Ácido Molibdico							
		0		0,25		0,50		2,00	
		g/vaso	% aum.	g/vaso	% aum.	g/vaso	% aum.	g/vaso	% aum.
0	4,9	4,1	—	7,0	71	9,2	124	6,4	56
1	5,3	7,6	85	22,5	448	24,5	494	19,6	376
2	5,6	14,2	246	31,1	657	31,0	653	29,7	623
4	6,4	37,2	807	39,6	864	41,6	913	40,5	885

\* Plantas crescidas em vasos contendo 9 kg de solo. Cada valor é média de quatro vasos.

do pessoal), nos ensaios realizados no CIAT, doses baixas de 15 kg de N/ha no plantio reduziram a taxa de fixação biológica de N<sub>2</sub> em até 40%. Porém, pode-se complementar parte do nitrogênio requerido pela planta com nitrogênio mineral; para isto é necessário um conhecimento do metabolismo de N da planta para que essa complementação com adubo nitrogenado venha a ser utilizada com a máxima eficiência. Nesta linha de pesquisa, Franco (1977) mostrou que a atividade máxima da nitrogenase ocorreu na floração e, por outro lado, que a redução de NO<sub>3</sub>, medida através de nitrato redutase, tinha o pico exatamente no período reprodutivo da planta (Fig. 1). Este resultado indica que o feijão (*P. vulgaris* L.) pode-se beneficiar dos dois processos de obtenção de nitrogênio porque o início do período reprodutivo é a época em que a utilização do NO<sub>3</sub> tem a máxima eficiência.



**Fig. 1 – Relação entre fixação de N<sub>2</sub> e assimilação de NO<sub>3</sub> de plantas de *P. vulgaris* L. crescidas no campo (—), atividade da nitrogenase (---), atividade da nitrato redutase (NRA) (O), sem adubo nitrogenado; x 20 kg de N no plantio + 40 kg N/ha na floração. A flecha indica a data da floração.**

porém o cultivo simultâneo não prejudicou o período ativo dos nódulos. Em condições brasileiras, com feijão do tipo arbustivo, encontra-se um comportamento diferenciado. O plantio simultâneo do feijão prejudicou a nodulação, principalmente devido à competição que o milho faz por nutrientes, luz e água (Alvim & Alvim 1969 e Rocha comunicado pessoal). Entretanto, quando o feijão foi plantado após a maturação fisiológica do milho, a nodulação foi maior dentro do ambiente produzido pelo milho. Outro fato de grande importância foi a manutenção dos nódulos por mais tempo no sistema radicular do feijoeiro (Fig. 2). Este fenômeno pode ser explicado pelas condições mais

**TABELA 3 – Efeito da Incorporação e do Microambiente Produzido pela *Leucaena leucocephala* na Produção de Grãos de Duas Cultivares de *P. vulgaris* L.**

Tratamentos*	Carioca kg/ha	Black Turtle Soup kg/ha
PK + L + Mo	1972 a	1630 a
PK + L	1332 ab	1420 ab
PK	1312 ab	1207 abc
NPK + L	1285 b	1099 abcd
NPK	822 bc	999 bcd
L	607 c	686 cd
Testemunha	523 c	533 d

L – 3 t de leucaena seca/ha 15 dias antes do plantio.

\* Feijão plantado entre fileiras de Leucena com espaçamento de 5 m.

**VARIEDADE DE FEIJÃO (*P. vulgaris* L.) x FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE N<sub>2</sub>**

O melhoramento de feijão foi conduzido através dos anos sem que se levasse em consideração a capacidade de

**FEIJÃO CONSORCIADO x FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE N<sub>2</sub>**

Na América Latina, mais de 70% do feijão produzido provém de cultivos associados, principalmente com o milho (Gutierrez et al. 1975). Em trabalho publicado por Graham & Rosas (1978) com feijão trepador, esses autores mostraram que a associação do feijão e milho reduziu a produção de matéria seca em ambos os cultivos,

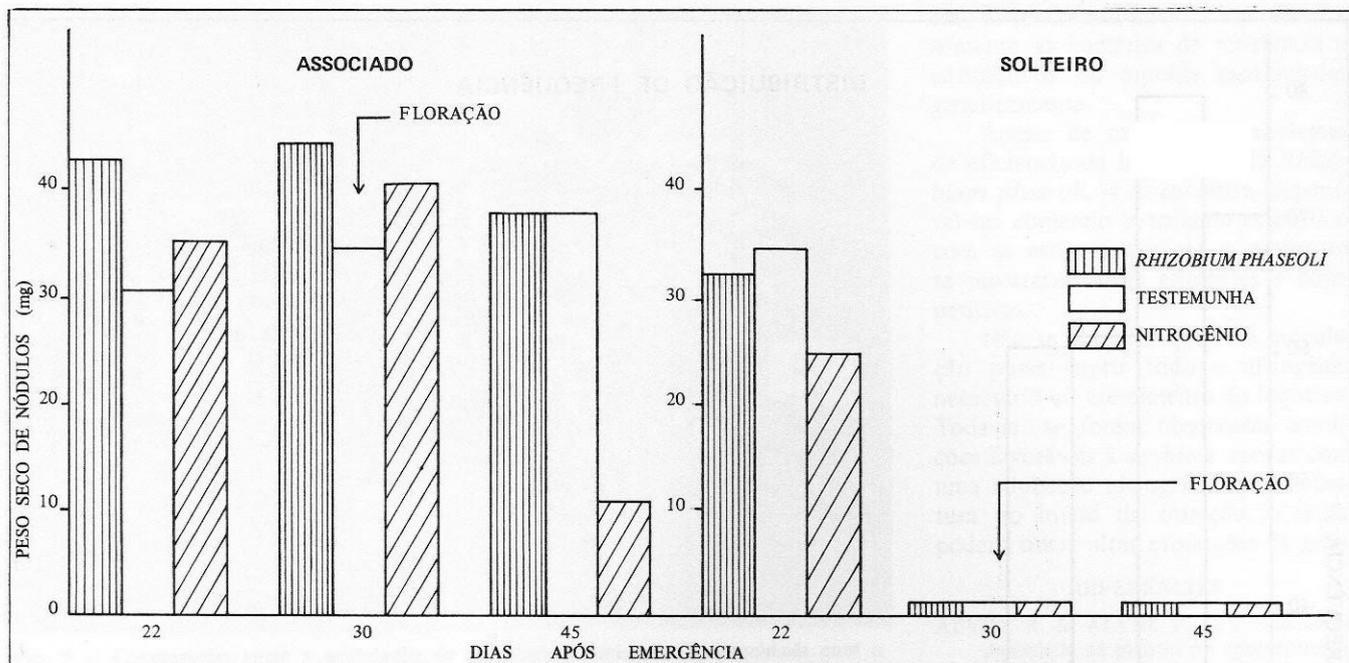


Fig. 2 - Efeito da consorciação com milho na nodulação do feijoeiro. Cada coluna é média de cinco variedades de *P. vulgaris* L. com três repetições.

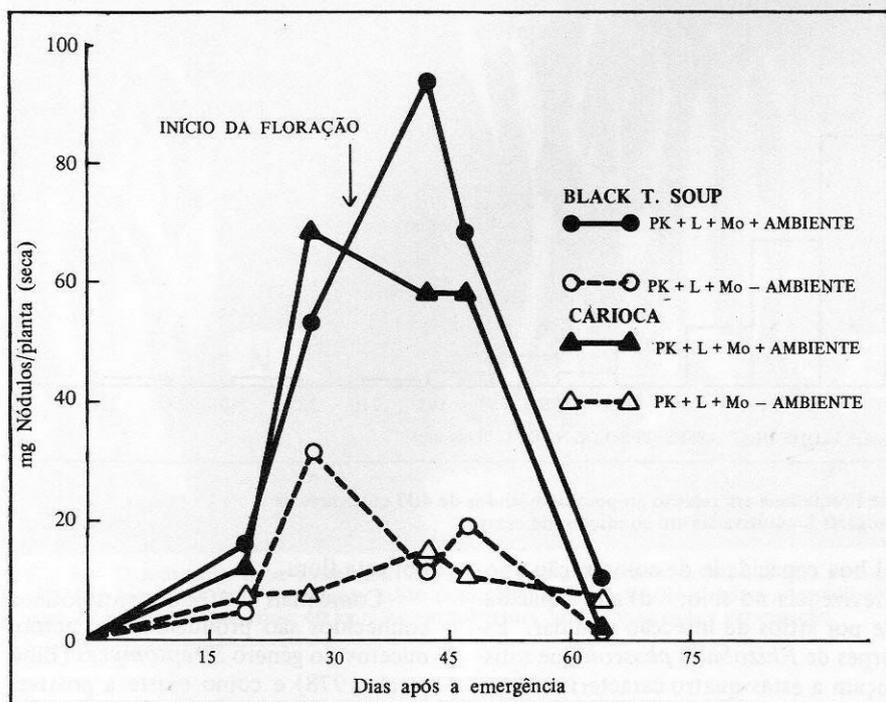


Fig. 3 - Efeito do microclima e da incorporação de *Leucaena leucocephala* na nodulação do feijoeiro. Cada ponto é média de 3 repetições. L - com a incorporação de 3 t de *Leucaena* seca/ha. Mo - 0,5 kg molibdato de amônia/ha.

feijão de se associar com bactérias do gênero *Rhizobium*. Esse melhoramento foi feito com o uso da adubação nitrogenada. Isto provavelmente direcionou a seleção de plantas que respondessem melhor ao adubo químico. Assim é necessário que se faça uma reavaliação para fixação biológica de N<sub>2</sub> das variedades atualmente cultivadas.

A influência da leguminosa na no-

dulação inicia-se quando o *Rhizobium* se encontra na rizosfera do hospedeiro. A planta hospedeira estimula a multiplicação do *Rhizobium* com exudatos da raiz e assim indica o processo de infecção.

A variação natural entre linhagens na capacidade de fixar nitrogênio foi demonstrada em soja (Hardy et al. 1968), *Phaseolus* (Graham & Rosas 1977 e Westermann & Kolar 1978) e

em outras leguminosas temperadas, por diversos autores.

Em nossas condições foi observada uma ampla variabilidade na capacidade de nodular de 407 variedades estudadas até o momento (Fig. 4). Encontram-se também algumas cultivares que, quando inoculadas com *Rhizobium phaseoli*, produziram o mesmo de quando foram adubadas com nitrogênio mineral (Fig. 5 e 6). Este fato demonstra que existe um grande potencial a ser explorado e que com um trabalho integrado dos microbiologistas com os melhoristas, fitotecnistas, fisiologistas e pesquisadores, que trabalham com fertilidade do solo, poder-se-á, dentro de um tempo não muito longo, dispor de variedades que tenham todo o nitrogênio necessário para altas produções, suprido através da simbiose com *Rhizobium phaseoli*.

#### *Rhizobium phaseoli* x *P. vulgaris* L.

A literatura é muito controversa em relação à resposta do feijoeiro à inoculação de *Rhizobium phaseoli*.

Guss & Dobereiner (1972) observaram em um experimento, em casa de vegetação, que a aplicação de 23 ppm de nitrogênio no plantio e 20 dias após, aumentou o número e o peso de nódulos na floração. Brakel (1966) obteve aumentos significativos de até 98,6% de produção com seis estirpes de *R. phaseoli* testadas. O crescimento das plantas neste ensaio foi similar às parcelas que receberam 50 unidades de fertilizante nitrogenado.

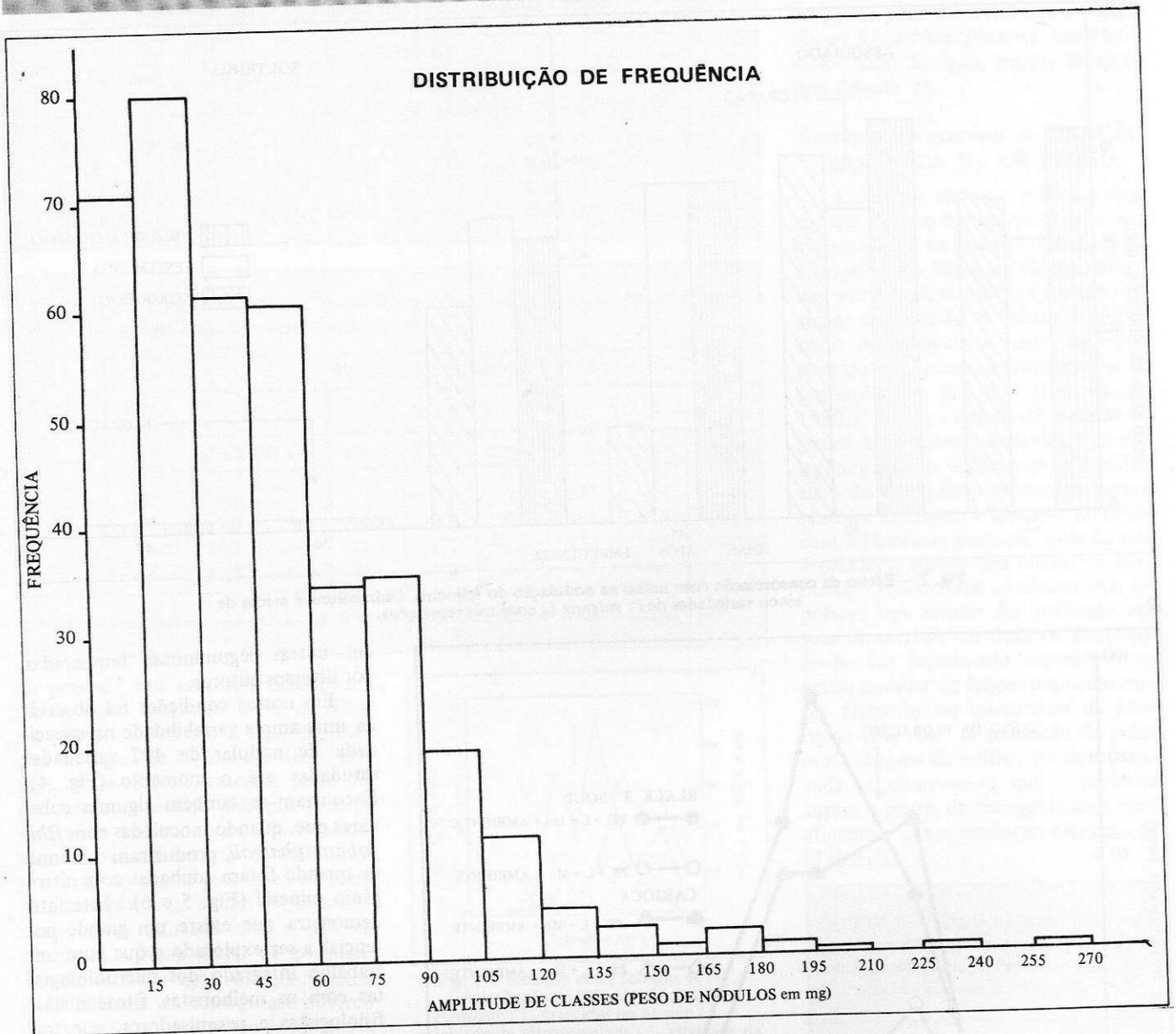


Fig. 4 - Distribuição de Frequência em relação ao peso de nódulos de 407 cultivares de *P. vulgaris* L., cultivadas em condições de campo.

Recentemente em um "screening" no campo, mais de 150 variedades foram testadas quanto à resposta à inoculação, e algumas dessas cultivares tiveram um ganho expressivo em termos de N incorporado na planta (Graham & Halliday 1977) (Fig. 7).

Um dos problemas principais da inoculação é a competição pelos sítios de infecção nodular pelas estirpes inoculadas e pelas estirpes nativas do solo (Ireland & Vincent 1968). Segundo Vidor et al. (1979), as estirpes de *Rhizobium*, a serem recomendadas aos fabricantes de inoculante, deveriam satisfazer às seguintes características: a) comprovada eficiência em experimentação de campo; b) apresentar amplo espectro de nodulação e eficiência (baixa especificidade hospedeira);

c) boa capacidade de colonização e sobrevivência no solo; d) alta capacidade por sítios de infecção nodular. Estirpes de *Rhizobium phaseoli* que satisfazam a estas quatro características seriam de grande valia ao aumento da eficiência da simbiose *Rhizobium* - feijão.

Outra linha de pesquisa que tem despertado muito interesse atualmente é a presença de actinomicetos no solo, por serem considerados um dos fatores que regulam a microflora do solo (Waksman 1961), pela sua capacidade de produzir antibióticos e pela possibilidade de serem absorvidos pelas raízes (Crowdy & Pramer 1955). Poucos trabalhos, contudo, têm procurado estudar a relação entre a flora de actinomicetos e a população de bactérias resistentes aos antibióticos produzidos

por esta flora.

Como mais de 60% dos antibióticos conhecidos são produzidos por actinomicetos do gênero *Streptomyces* (Bibb et al. 1978) e como existe a possível predominância dos actinomicetos do gênero *Streptomyces* na rizosfera após algum desequilíbrio (calagem, retirada da mata etc.), há possibilidade de que os actinomicetos criem um elevado antagonismo a diversas bactérias pela liberação de antibióticos.

Esse antagonismo limitaria a colonização da rizosfera e do rizoplane por bactérias, influenciando a infecção de raízes principalmente no estágio inicial de desenvolvimento da planta. Assim, a introdução de microorganismo de interesse agrônomico, como bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico

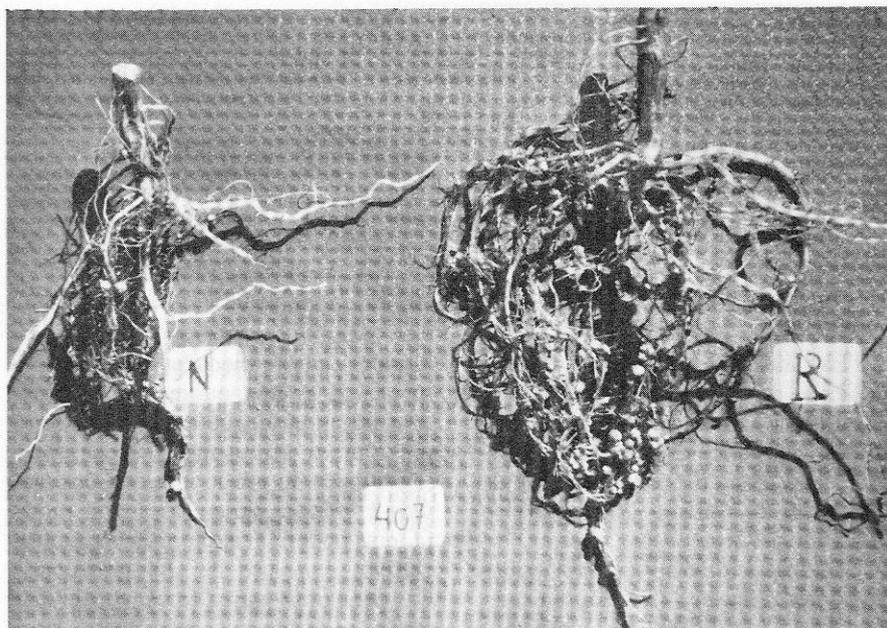


Fig. 5 - Comparação entre a nodulação de variedade promissora (R) inoculada com o inoculante misto com cinco estirpes de *Rhizobium phaseoli*, (N) - com 20 kg N/ha no plantio e 40 kg N/ha em cobertura aos 25 dias após a germinação.

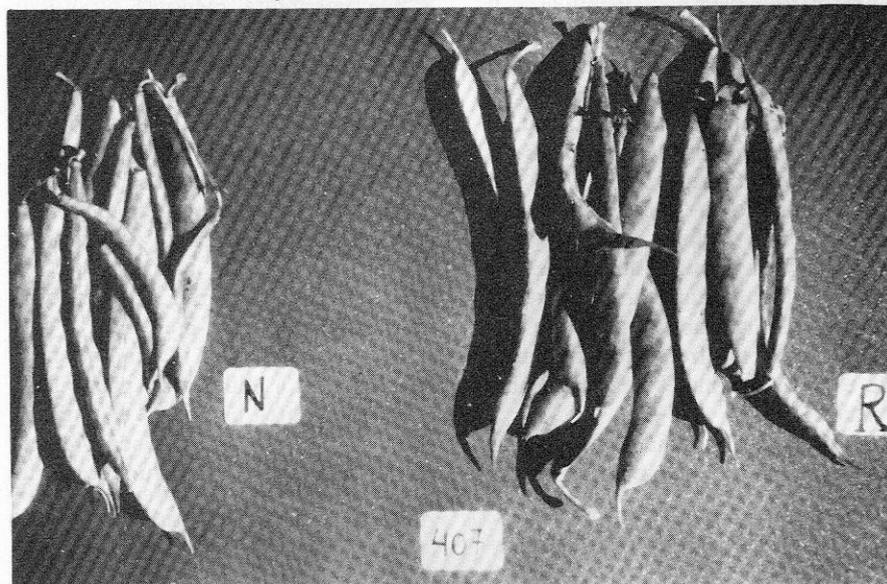


Fig. 6 - Comparação entre a produção de vagens de uma variedade promissora para nodulação. (R) inoculada com inoculante misto com cinco estirpes de (*Rhizobium phaseoli*) (N) com 20 kg N/ha no plantio e 40 kg N/ha em cobertura, aos 25 dias após a germinação.

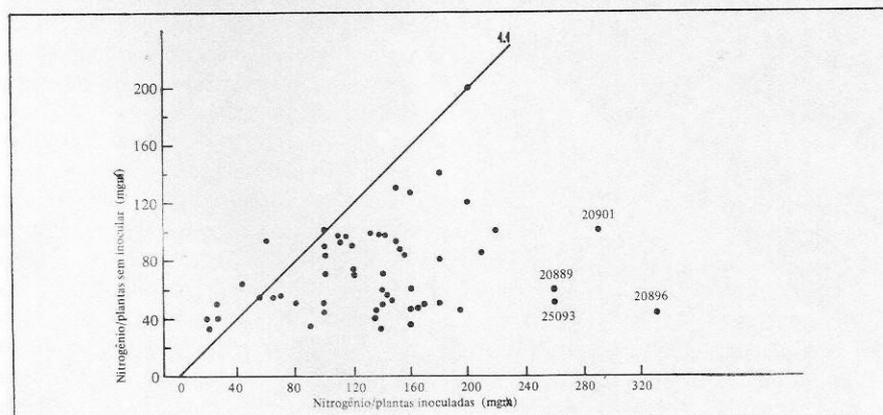


Fig. 7 - Resposta à inoculação de 53 variedades de *P. vulgaris*. Reação varietal indicada pelo total de nitrogênio/planta (mg) de plantas sem inoculação x plantas inoculadas. As variedades abaixo da linha foram beneficiadas pela inoculação.

em diversas culturas, ficava restrita somente às bactérias de resistência a antibióticos ou àquelas manipuladas geneticamente.

Apesar de todos esses problemas de eficiência da inoculação de *Rhizobium phaseoli*, já se encontra disponível no comércio inoculante específico com as estirpes que até o momento se mostraram mais eficientes e competitivas.

Não se acredita que essa inoculação possa suprir todo o nitrogênio necessário ao crescimento do feijoeiro. Todavia, se forem observadas condições favoráveis à simbiose apenas com uma adubação nitrogenada em cobertura no início da floração, o feijão poderá obter altas produções de grão.

#### REFERÊNCIAS

- ALVIM, R. & ALVIM, P. de T. Efeito da densidade de plantio no aproveitamento da energia luminosa pelo milho (*Zea mays*) e pelo feijão (*Phaseolus vulgaris*) em culturas exclusivas ou consorciadas *Turrialba*, 19 (3): 389-93, 1969.
- ANNUAL Report of the Bean Production Production Program. Cali, CIAT, 1976. 85 p.
- BARRIOS, A. Resultados de ensayos de fertilization en caraota (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomia Tropical*, Venezuela, 20 (5) : 355-69, 1970.
- BIBB, M.M.; WARD, J.M. & HOPWOOD, D.A. Transformation of plasmid DNA into streptomycetes at high frequency. *Nature*, 274: 398-400, 1978.
- BRAKEL, K. La fixation symbiotique chez le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) comparison de L'ativite fixatrice de diverses souches de *Rhizobium*. *Bull. Rech. Agron. Gembloux N.S.*, 1: 525-33, 1966.
- CROWDY, S.H. & PRAMER, S. Movement of antibiotics in higher plants. *Chem. and Industry*, p. 160-2, 1955.
- DOBEREINER, J. Fixação de nitrogênio em gramíneas tropicais. *Interciência*, 4 (4): 200-5, 1979.
- FRANCO, A.A. Nutritional restraints for tropical grain legume symbiosis. In: VINCENT, J.M., ed. *Exploiting the legume Rhizobium symbiosis in tropical agriculture*. s.e., Univ. of Hawaii College of Tropical Agriculture, 1977. p. 237-55 (Misc. public., 145).
- FRANCO, A.A. & DAY, J.M. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acids soils of Brazil. *Turrialba*, 30 (1): 99-105, 1980.
- FRANZBENDER, H.W.; MULLER, L. & BALERDI, F. Estudio del fósforo en suelos de America Central. II. Formas y su relacion con las plantas. *Turrialba*, 18 333-47, 1968.
- GRAHAM, P.H. & HALLIDAY, J. Inoculation and nitrogen fixation in the genes *Phaseolus*. In: VINCENT, J.M. *Exploiting the legume Rhizobium simbi-*