

ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA NA CONSORCIAÇÃO MILHO-FEIJÃO¹

FERNANDO COSTA SANTA CECÍLIA², MAGNO ANTÔNIO PATTO RAMALHO³
e JOÃO CARLOS GARCIA⁴

RESUMO - Com o objetivo de fornecer subsídios para a recomendação de fertilizantes para o sistema associado milho-feijão (*Zea mays* L.) - (*Phaseolus vulgaris* L.), foram conduzidos experimentos durante o ano agrícola 1978/79, em duas localidades do Estado de Minas Gerais: Lavras e Patos de Minas. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, segundo um esquema de parcela subdividida, com quatro repetições. Os tratamentos das subparcelas foram uma combinação de três níveis de nitrogênio (0-75-150 kg/ha) com três níveis de P_2O_5 (0-150-300 kg/ha). Constatou-se, para a cultura do feijão, uma interação significativa entre o nível de fertilizantes utilizado e o arranjo usado. No experimento de Lavras, as maiores respostas foram obtidas para P_2O_5 e, em Patos de Minas, para nitrogênio. As estimativas das doses dos fertilizantes que forneceriam o maior lucro variou com o arranjo utilizado, sendo que os maiores valores foram obtidos para o arranjo em que o feijão foi semeado na mesma linha do milho. Os resultados obtidos evidenciam a possibilidade do incremento na renda dos agricultores com o uso de insumos modernos, mesmo em uma prática tradicional como a consorciação de culturas.

Termos para indexação: nitrogênio, fósforo, práticas agrícolas, métodos de plantio, economia de fertilizantes.

EFFECT OF NITROGEN AND PHOSPHORUS APPLICATIONS ON INTERCROPPING CORN-BEANS

ABSTRACT - In the growing season of 1978/79, field experiments were conducted in two regions of Minas Gerais state, Lavras and Patos de Minas, with the objective of providing informations to the fertilizing recommendations in the corn-beans (*Zea mays* L.) - (*Phaseolus vulgaris* L.) intercrop system. The experimental design used was the randomized block according to a scheme of split plot, with four replications. The split plot treatments were a combination of three levels of nitrogen (0-75-150 kg/ha) with three levels of P_2O_5 (0-150-300 kg/ha). For the bean crop, a significant interaction between the fertilizer level and the arrangement used was found. In the experiment conducted in Lavras, best responses were obtained for P_2O_5 , and in Patos de Minas, for nitrogen. The estimates of levels of fertilizers which guarantee bigger profits varied in relation to the arrangement, and the highest values were found in the arrangement where beans and corn were planted on the same line. The results show the possibility of increasing income to producers through the use of modern technologies, even in a traditional practice as that of the intercropping system.

Index terms: nitrogen, phosphorus, agricultural practices, planting methods, fertilizer economy.

INTRODUÇÃO

Em inúmeras oportunidades tem sido evidenciada a vantagem da associação milho-feijão em relação ao monocultivo (Fontes et al. 1976, Francis & Sanders 1978, Lepiz 1971, Oscar et al. 1973, Pinchinat & Desir 1976, Platero et al. 1977, Santa Cecília & Vieira 1978, Vieira et al. 1980). Estes resultados têm sobretudo contribuído para mostrar

que a associação de culturas é uma opção viável para incrementar a produção de alimentos, com maior eficiência no uso da terra, melhor aproveitamento da mão-de-obra e menor risco, especialmente nas regiões tropicais e subtropicais.

A associação milho-feijão no Brasil é normalmente realizada por pequenos agricultores e apresenta geralmente baixa produtividade devido ao pouco uso de insumos modernos, especialmente fertilizantes. Apesar de existir um grande número de pesquisas com fertilizantes nas culturas de milho e feijão, estas se restringem apenas ao monocultivo. Na realidade, não há evidências que mostrem ser a resposta aos fertilizantes no monocultivo semelhante à verificada no sistema associado e muito menos, se esta resposta varia com o arranjo espacial das duas culturas.

¹ Aceito para publicação em 12 de maio de 1982.

² Eng.^o Agr.^o, Dr., Prof. Titular do Dept.^o de Biol., Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Bolsista do CNPq - Caixa Postal 37, CEP 37200 - Lavras, MG.

³ Eng.^o Agr.^o, Dr., Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) - EMBRAPA, Caixa Postal 151, CEP 35700 - Sete Lagoas, MG.

⁴ Eng.^o Agr.^o, Ph.D., CNPMS-EMBRAPA, Sete Lagoas, MG.

Com o objetivo de fornecer subsídios para a recomendação de fertilizantes na consorciação milho-feijão, foram conduzidos dois experimentos, envolvendo níveis de fósforo e de nitrogênio em diferentes arranjos das duas culturas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos durante o ano agrícola 1978/79 em duas localidades do Estado de Minas Gerais: Lavras e Patos de Minas. A composição química dos solos utilizados está apresentada na Tabela 1.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, segundo um esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Como tratamento das parcelas foram colocados os arranjos das duas culturas: feijão e milho semeados na mesma linha; e feijão semeado entre as linhas de milho. Em ambos os casos, a semeadura das duas culturas foi realizada simultaneamente. O tratamento das subparcelas foi uma combinação de três níveis de nitrogênio (0, 75 e 150 kg/ha), com três níveis de P_2O_5 (0, 150 e 300 kg/ha). Cada subparcela foi formada por cinco linhas de milho com 6,0 m de comprimento. As fileiras de cada extremidade constituíram a bordadura bem como o primeiro e último metro de cada fileira das linhas centrais.

O adubo nitrogenado foi aplicado metade por ocasião do plantio e metade aos 45 dias, em cobertura. A adubação potássica foi a mesma em todos os tratamentos: 60,0 kg/ha de K_2O , tendo como fonte deste elemento o cloreto de potássio.

A adubação foi realizada apenas no sulco de plantio do milho. O feijão semeado entre as linhas do milho não recebeu fertilizante.

A cultivar de milho utilizada foi o híbrido duplo 'Cargill III' e a de feijão a 'Carioca 1030'. O espaçamento do milho, em ambos os arranjos, foi de 1,0 m com 5,0 plantas/m. Para o feijão, semeado tanto dentro da linha como entre as linhas do milho, foram utilizadas dez plantas/m, perfazendo uma população de 100 mil plantas de feijão/ha.

Foi realizada a análise estatística da produção de grãos em kg/ha, das duas culturas isoladamente. Realizou-se também uma análise econômica, visando derivar as doses de fertilizantes que possibilitem alcançar o lucro máximo.

A quantidade de fertilizantes que maximiza o lucro é aquela que iguala o valor do produto marginal do adubo aplicado ao preço deste. Esta relação pode ser expressa matematicamente como na equação 1:

$$P_p \cdot \frac{d f(A)}{d(A)} = P_A \quad (1)$$

onde:

P_p é o preço do produto;

$F(A)$ é a equação que representa a resposta da planta (em termos de produção) às doses de fertilizantes;

P_A é o preço do adubo;

A é a quantidade do fertilizante;

d é o símbolo de derivada.

O termo da esquerda desta equação é conhecido como valor do produto marginal e expressa o valor da quantidade adicional do produto, possível de obter pelo uso de mais uma unidade de adubo.

Como no caso do consórcio, estão envolvidos dois produtos, milho e feijão, a condição de lucro máximo é fornecida pela equação 2:

$$P_M \cdot \frac{d M(A)}{d A} + \frac{P_F d F(A)}{d A} = P_A \quad (2)$$

onde:

P_M , P_F e P_A : são, respectivamente, os preços por unidade do milho, do feijão e do adubo.

$M(A)$ e $F(A)$: são as funções de resposta do milho e do feijão com respeito ao uso de adubo A.

As funções $M(A)$ e $F(A)$, para cada um dos locais, foram obtidas a partir da equação 3:

$$Y_i = b_0 \cdot e^{b_1 D} \cdot N^{b_2} + b_3 D \cdot p^{b_4} + b_5 D \quad (3)$$

TABELA 1. Resultados da análise química dos solos onde foram instalados os experimentos. Lavras e Patos de Minas. Ano agrícola 1978/79.

Locais	Al^{+++}	$Ca^{++} + Mg^{++}$	K^+	P ppm	pH $H_2O - 1:2,5$
	meq/100 g TFSE				
Lavras	0,6	1,7	0,12	01	5,0
Patos de Minas	0,1	1,6	0,07	24	5,6

onde:

- Y_i é a produção (kg/ha) de milho ou feijão,
 e é a base dos logaritmos neperianos,
 D é a variável "dummy" que toma valor zero, para observações com feijão na linha, e um para feijão na entrelinha,
 N e P são as doses de nitrogênio e fósforo (kg/ha) que possibilitaram o nível Y_i de produção,
 b_i ($i=1 \dots 5$) são as estimativas dos coeficientes da equação.

Para ajustamento das equações necessárias à análise econômica, as variáveis do modelo foram selecionadas por meio de um programa "step wise". A partir destas equações, foram estimadas as doses de fertilizantes que forneceriam o maior lucro, nas condições estudadas, e com base nos preços vigentes na época da safra do ano agrícola de 1980/81.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em ambos os locais, e para as duas culturas, não houve diferença significativa entre os dois sistemas de consorciação milho e feijão utilizado. Observa-se, contudo, na Tabela 2 (ensaio de Lavras), que a produtividade média do milho, quando o feijão foi semeado entre as linhas, foi cerca de

10,0% superior à obtida quando a leguminosa foi semeada na mesma linha. Fato contrário constatou-se, em termos da produtividade do feijão (Tabela 3). Este resultado do experimento de Lavras mostra uma ligeira tendência de competição das plantas de feijão sobre as de milho, quando estas estão juntas na mesma linha. No ensaio de Patos de Minas, ocorreu o inverso, porém as diferenças foram menos acentuadas (Tabelas 2 e 3). Em experimento conduzido em Lavras, por dois anos consecutivos, Andrade et al. (1974) não observaram diferença no sistema associado, para ambas as culturas, quando o plantio do feijão foi realizado na mesma linha do milho, em relação ao sistema com plantio de feijão entre as linhas. Fardim (1976) verificou, na média de três locais, redução na produção de feijão de 26,0% no plantio dentro da linha, sendo que o milho, como no caso anterior, não foi afetado pelo sistema de plantio. Salienta-se, contudo, que neste ensaio o feijão entre as linhas do milho foi também adubado e a população de plantas por área foi o dobro da utilizada entre as linhas.

A produtividade média da cultura do milho em Patos de Minas superou a obtida em Lavras em 60,0% (Tabela 2). Para o feijão, ocorreu o contrário; em Lavras, a produtividade média foi 171,0% superior à obtida em Patos de Minas. Este resulta-

TABELA 2. Produtividade média de grãos de milho, em kg/ha, obtida em diferentes níveis de nitrogênio e fósforo, utilizados em dois sistemas de plantio associado de milho e feijão. Ensaios conduzidos em Lavras e Patos de Minas, MG, ano agrícola 1978/79.

Sistema de plantio	Níveis de N (kg/ha)	Lavras				Patos de Minas			
		Níveis de P_2O_5 (kg/ha)				Níveis de P_2O_5 (kg/ha)			
		0	150	300	\bar{X}	0	150	300	\bar{X}
Feijão dentro da linha de milho	0	1.316	5.153	4.809	3.759	4.812	4.845	5.225	4.961
	75	2.334	5.779	5.647	4.587	7.766	8.789	8.360	8.308
	150	2.368	5.919	7.105	5.131	8.966	9.984	10.702	9.884
	\bar{X}	2.006	5.617	5.854	4.492	7.181	7.873	8.099	7.716
Feijão entre as linhas de milho	0	1.791	4.411	5.396	3.866	3.908	4.460	5.012	4.460
	75	3.274	6.197	7.403	5.625	7.614	7.801	7.902	7.772
	150	2.366	6.204	7.516	5.362	9.205	10.147	10.146	9.832
	\bar{X}	2.477	5.604	6.772	4.951	6.909	7.469	7.686	7.355
	\bar{X}	2.241	5.611	6.313	4.722	7.045	7.671	7.891	7.536

TABELA 3. Produtividade média de grãos de feijão, em kg/ha, obtida em diferentes níveis de nitrogênio e fósforo, empregados em dois sistemas de plantio associado de milho e feijão. Ensaios conduzidos em Lavras e Patos de Minas, MG, ano agrícola 1978/79.

Sistema de plantio	Níveis de N (kg/ha)	Lavras				Patos de Minas			
		Níveis de P ₂ O ₅ (kg/ha)				Níveis de P ₂ O ₅ (kg/ha)			
		0	150	300	\bar{X}	0	150	300	\bar{X}
Feijão dentro da linha do milho	0	169	659	780	536	57	125	122	101
	75	193	851	734	593	312	231	194	245
	150	136	804	883	608	202	228	270	233
	\bar{X}	166	771	799	579	190	195	195	193
Feijão entre as linhas de milho	0	406	706	654	589	222	164	181	189
	75	354	561	620	512	256	195	137	196
	150	306	505	550	454	358	226	161	248
	\bar{X}	355	591	608	518	279	195	160	211
	\bar{X}	261	681	704	548	234	195	177	202

do pode ser explicado, considerando-se que, neste último local, a produtividade média do milho foi excelente, acima de 7.500 kg/ha. Nesta condição a cultura do milho foi altamente competitiva com a do feijão associado.

A resposta aos níveis de P₂O₅, para o milho, foi marcante no experimento conduzido em Lavras (Tabela 1 e Fig. 1). Ocorreu um incremento de 150,0% na produtividade do milho que recebeu o equivalente a 150 kg/ha de P₂O₅ em relação à testemunha. Porém, quando se compara a produtividade obtida com 300 kg/ha em relação com a de 150 kg/ha, este incremento foi de apenas 12,0%. Neste mesmo local, a resposta aos níveis de N foi linear, observando-se que o incremento da produtividade, devido a este elemento, foi de 34,0% e 37,0% em relação à da testemunha, para os níveis de 75 e 150 kg/ha de N, respectivamente.

Em Patos de Minas, para o milho, o fertilizante que apresentou maior resposta foi o nitrogênio, com um incremento em relação à testemunha de 70,6% e 109,0%, para 75 e 150 kg/ha de N, respectivamente (Tabela 2, Fig. 1). Para P₂O₅ a resposta foi linear, porém para cada kg de P₂O₅ adicionado, o incremento na produtividade do milho foi de apenas 2,82 kg.

Para o feijão, a interação de níveis de fós-

foro x sistema de plantio foi significativa em ambos os locais. Constata-se (Fig. 2) que, em Lavras, a resposta aos níveis de fósforo foi quadrática para o feijão semeado dentro da linha e linear para o feijão entre as linhas de milho. Deve-se enfatizar que a resposta ao fertilizante foi muito mais acentuada para o feijão semeado na mesma linha do milho. Observa-se, na Tabela 3, que o incremento na produtividade dos feijões que receberam o equivalente a 150 kg/ha de P₂O₅, foi de 364,0% e 66,0% em relação à testemunha, para o plantio efetuado dentro da linha e entre as linhas do milho, respectivamente. Como a adubação foi realizada apenas no sulco de plantio do milho, o feijão semeado junto com esta gramínea deve ter absorvido com mais facilidade o P₂O₅ adicionado.

Em Patos de Minas, não ocorreu resposta significativa aos níveis de P₂O₅ utilizados, no caso do feijão semeado dentro da linha. Porém, entre as linhas, a resposta foi linear (Fig. 2), havendo redução estimada de 0,40 kg de feijão para cada kg de P₂O₅ aplicado. Uma explicação possível para estes resultados é que tendo o adubo fosfatado contribuído para o incremento na produtividade do milho (Fig. 1), houve um aumento na competição do milho sobre o feijão semeado entre as linhas, causado provavelmente por um maior desenvolvimen-

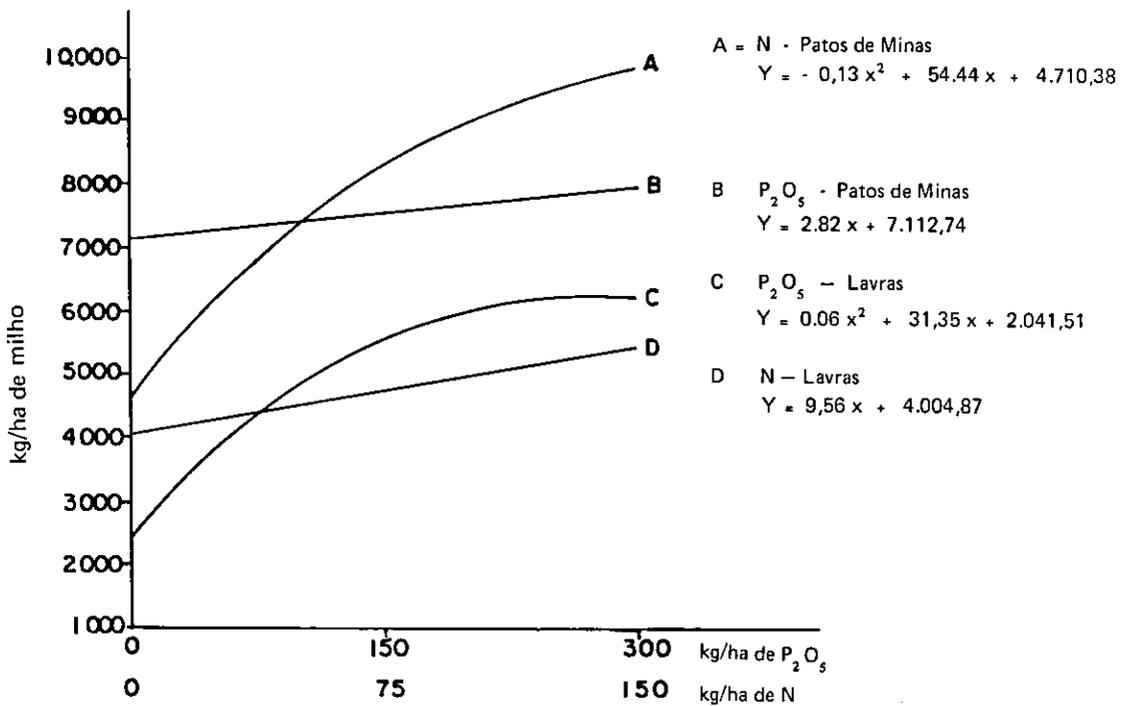


FIG. 1. Equações de regressão para o efeito dos níveis de P_2O_5 e nitrogênio na produção de milho (kg/ha), ensaio de Lavras e Patos de Minas. Ano agrícola.

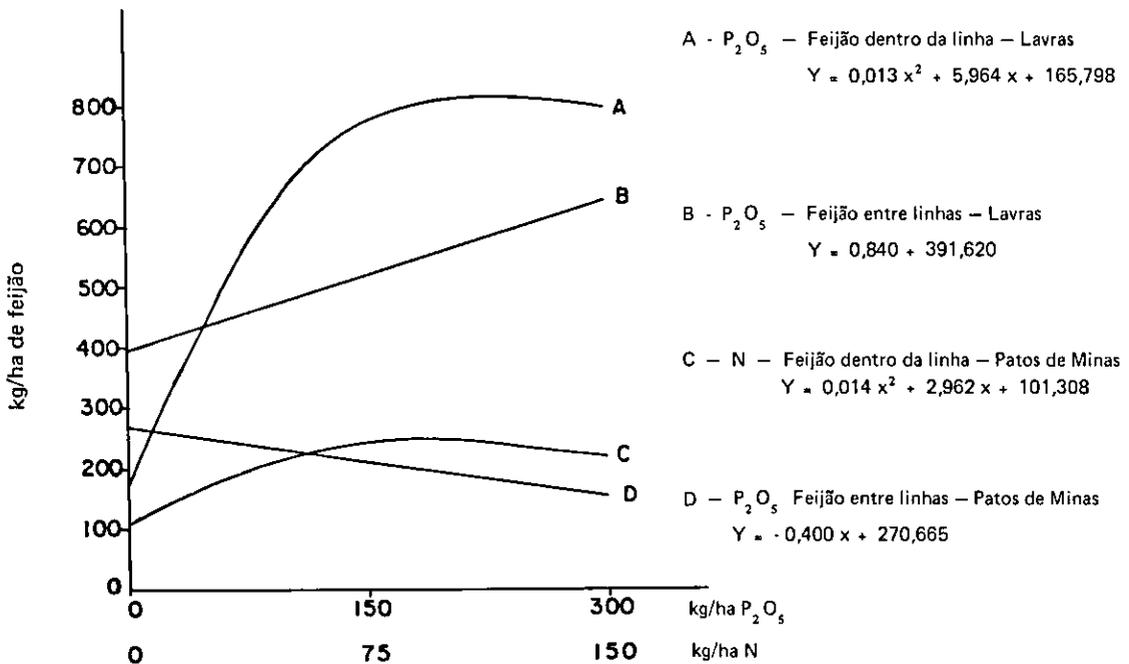


FIG. 2. Equações de regressão para o efeito dos níveis de P_2O_5 e nitrogênio na produção do feijão (kg/ha), associado entre e dentro da linha do milho, ensaio de Lavras e Patos de Minas. Ano agrícola 1978/1979.

to no sistema radicular da gramínea, que possibilitou exploração de um maior volume de solo.

A interação níveis de N x sistema de plantio também foi significativa para o feijão, no experimento de Patos de Minas. No desdobramento da interação, observou-se que a resposta aos níveis de N só ocorreu no feijão semeado dentro da linha (Fig. 2), havendo um incremento na produtividade do feijão em relação à da testemunha, de 142,6% e 130,7% para 75 kg/ha e 150 kg/ha de N, respectivamente.

As equações de resposta do milho e feijão ao nitrogênio e fósforo estão apresentadas na Tabela 4. Todos os coeficientes estimados foram significativos ao nível de 5,0% de probabilidade, com exceção do coeficiente b_1 , para o feijão em Lavras (significativo a 11,0% de probabilidade) e b_1 para o milho no mesmo local (significante a 7%). Substituindo-se o valor de D, na equação, por zero (para o feijão na linha) e por um (para o feijão na entrelinha) são obtidas as equações de resposta aos fertilizantes para estas duas condições.

Observa-se, na Tabela 4, que, em Patos de Minas, a equação de resposta para o milho foi a mesma nos dois arranjos. Para o feijão, entretanto, a resposta ao nitrogênio foi sensivelmente reduzida, tornando-se praticamente nula quando o plantio foi realizado na entrelinha do milho. Neste caso, passa também a fazer parte da equação o coeficiente da variável fósforo com sinal negativo. Estas observações estão de acordo com os resultados apresentados anteriormente.

Para Lavras, a resposta de ambas as culturas aos nutrientes dependeu da localização do feijão. Como também já foi comentado anteriormente, a

equação (Tabela 4) mostra um efeito significativo de competição do feijão sobre o milho, quando a leguminosa foi semeada na mesma linha da gramínea.

As doses de fertilizantes que forneceriam o maior lucro, nas condições estudadas e com os preços de 1980/81, estão apresentadas na Tabela 5. Deve-se enfatizar que estas estimativas apresentam algumas restrições, tais como:

- alto grau de controle dos experimentos;
- são observações de um único ano;
- suposição de não-restrição de gastos em fertilizantes.

Contudo, elas evidenciam que o arranjo de plantio, no sistema associado, tem influência marcante na recomendação dos fertilizantes. Devido à melhor exploração do fertilizante, a recomendação foi sempre maior quando as duas culturas foram colocadas na mesma linha de plantio. Por meio das equações ajustadas, foi possível verificar também o nível de fertilizantes a partir do qual o plantio do feijão na linha se mostra mais lucrativo. Em Patos de Minas, isto é verdade para qualquer dose acima da nula e, em Lavras, para doses acima de cerca de 4 kg de nitrogênio e 30 kg de fósforo por hectare.

Para testar a estabilidade das estimativas das doses da Tabela 5, com relação a diferentes conjuntos de preços de produtos e de insumos, elas foram recalculadas para os preços das safras 1977/78 (que apresentaram, nos últimos quatro anos, as maiores discrepâncias com relação a 1980/81). As estimativas encontradas não variaram sensivelmente das apresentadas na Tabela 5, à exceção da dosagem de fósforo, para o sistema em que o feijão foi semea-

TABELA 4. Equações de resposta de milho e feijão consorciado a nitrogênio e fósforo em Patos de Minas e Lavras, 1978/79.

Local	Produto	Equações	R ² (%)
Patos de Minas	Milho	$Y = 7144 \cdot N^{0,05} \cdot p^{0,007}$	92
	Feijão	$Y = 189 \cdot N^{0,065} \cdot 0,55 D \cdot p^{-0,03 D}$	69
Lavras	Milho	$Y = 3835 \cdot e^{0,116 D} \cdot N^{0,025} \cdot p^{0,069}$	96
	Feijão	$Y = 445 \cdot e^{0,099 D} \cdot N^{-0,015 D} \cdot p^{0,108 - 0,071 D}$	92

TABELA 5. Níveis ótimos em kg/ha, de nitrogênio e fósforo, obtidos para os ensaios de consorciação milho-feijão em Patos de Minas e Lavras.

Local	Feijão na linha		Feijão na entrelinha	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
Patos de Minas	94	12	76	04
Lavras	25	199	16	113

do na linha do milho, em Lavras, que foi reduzida de 199 para 133 kg/ha. Esta redução ocorreu devido à baixa relação entre o preço do feijão e o do fósforo naquele ano. Esta estabilidade, aliada ao fato de que nos últimos anos as relações de preços estão mais próximas das de 1980/81 do que das de 1977/78, garante certa segurança, dentro das restrições apresentadas, aos valores que se encontram na Tabela 5.

Estes resultados, apesar de não serem definitivos, servem para ilustrar as possibilidades do uso de insumos modernos em uma prática tradicional como a consorciação de culturas, de forma a elevar a renda de agricultores que se dedicam a ela. Servem também para mostrar que o pouco uso de insumos modernos, nesse sistema de cultivo, parece ser causado mais pelo reduzido número de informações a este respeito do que pela inadequação desse sistema ao uso dos insumos modernos. Mais informações são necessárias sobre a melhor dosagem dos fertilizantes, modo de aplicação de acordo com o arranjo utilizado e época de aplicação do adubo nitrogenado para maior eficiência da associação milho-feijão.

CONCLUSÕES

1. Não ocorreram diferenças nas produtividades das duas culturas, de acordo com o sistema de plantio de milho e feijão utilizado.

2. Ocorreram diferenças com relação à resposta das culturas ao uso de fertilizantes, nos dois locais de teste. Em Lavras, a maior resposta foi para os níveis de fósforo, enquanto que, para Patos de Minas, foi para os níveis de nitrogênio.

3. O arranjo de plantio tem influência marcante na recomendação de níveis de fertilizantes. Ve-

rificou-se que a recomendação deve ser superior quando as duas culturas são colocadas na mesma linha de plantio.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M.A. de; RAMALHO, M.A.P. & ANDRADE, M.J.B. de. Consorciação de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) com cultivares de milho (*Zea mays* L.) de porte diferente. *Agros, Lavras*, 4(2):23-30, jul./dez. 1974.
- FARDIM, F. Influência de sistemas de consorciação na produtividade e outras características agrônomicas do milho e do feijão. Lavras, ESAL, 61p. 1976. Tese Mestrado.
- FONTES, L.A.N.; GALVÃO, J.D. & COUTO, W.S. Estudos de sistemas culturais de milho-feijão, no município de Viçosa, Minas Gerais. *R. Ceres, Viçosa*, 23(130):484-96, 1976.
- FRANCIS, C.A. & SANDERS, J.H. Economic analysis of bean and maize systems: monoculture versus associated cropping. *Field Crops Res., Amsterdam*, 1:319-95, 1978.
- LEPIS, R.J. Asociación de cultivos maíz-frijol. *Agric. Tec. Mex.*, 3(3):98-101, 1971.
- OSCAR, M.; ANTONIO, T.F. & ROBERTO, N.E. Las asociaciones de maíz-frijol, una alternativa en el uso de los recursos de los agricultores del Plan Puebla. *Agrociencia, México*, 14:103-17, 1973.
- PINCHINAT, A.M. & DESIR, S. Producción agronómica y económica de maíz y frijol comum asociados, según tipo y población de plantas. *Turrialba, Costa Rica*, 26(3):237-40, 1976.
- PLATERO, O.H.; PEÑA, O.B.; NUÑEZ, R.E. & MARTINEZ, A.G. Análisis de rendimientos de grano y económico de las asociaciones maíz-frijol en la región este del Valle de México. *Agrociencia*, 27:135-51, 1977.
- SANTA CECÍLIA, F.C. & VIEIRA, A.C. Associated cropping of beans and maize. I. Effects of bean cultivars with different growth habits. *Turrialba, Costa Rica*, 28(2):19-23, 1978.
- VIEIRA, S.A.; BEN, J.R. & GASTAL, F.L. da C. Avaliação do cultivo de milho e feijão nos sistemas exclusivo e consorciado. *Pesq. agropec. bras., Brasília*, 15(1):19-26, jan. 1980.