

PRODUÇÃO E COMPONENTES DA PRODUÇÃO EM SISTEMAS DE CULTIVOS ASSOCIADOS E EXCLUSIVOS DE MILHO E FEIJÃO¹⁾

Geraldo Antônio de Andrade Araújo²⁾
Luiz Antonio Nogueira Fontes³⁾
Nei Fernandes Lopes⁴⁾
José Domingos Galvão³⁾

1. INTRODUÇÃO

O plantio do feijão com o milho é prática bastante difundida entre os agricultores de recursos limitados, que vêm, ao longo do tempo, transferindo-a de geração a geração, sem que ocorra melhoria dos sistemas de plantio. Seu uso é limitado a áreas pequenas, em regiões de grande demanda de mão-de-obra. No Brasil, de modo geral, o sistema associado de milho e feijão, apesar da grande variação no arranjo das plantas, não possibilita redução da dependência de mão-de-obra.

Além da mecanização, é necessário que a pesquisa procure adequar sistemas de plantio associado mais eficientes para essa classe de agricultor, que é responsável por 75% da produção de feijão. Nesse caso, qualquer incremento na produtividade do sistema resultará num aumento considerável de produção para o País.

Dentro das diversas modalidades de cultivo múltiplo, a produtividade depende das populações utilizadas, da distribuição de plantas na área, dos cultivares envolvidos e das complexas relações ecológicas entre as plantas e o ambiente. Quando o milho e o feijão são associados, a produtividade da leguminosa cai, enquanto a da graminea não é influenciada (1, 2, 10, 14). De acordo com o sistema e época de plantio, as populações de plantas que permitem maior produtividade são variáveis.

¹⁾ Aceito para publicação em 24-4-1986.

²⁾ Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG. Cx. Postal 216. 36570 Viçosa, MG.

³⁾ Departamento de Fitotecnia da UFV. 36570 Viçosa, MG.

⁴⁾ Departamento de Biologia Vegetal da UFV. 36570 Viçosa, MG.

Comparando a produtividade de sistemas de plantio associados de milho e feijão, vários estudos têm mostrado que a distribuição do milho em faixas alternadas com o feijão se iguala e, às vezes, se mostra superior ao sistema intercalar de substituição (8, 13, 15), com a possibilidade de se produzirem grãos de feijão de melhor qualidade no período das «água».

A produtividade dos sistemas depende também dos cultivares envolvidos. SANTA CECÍLIA (12) observou que a variedade 'Rico 23' era muito produtiva em monocultivo, porém, associada ao milho, não produzia bem. Da mesma forma, Galad *et alii*, citados por CROOKSTON e HILL (5), verificaram que havia linhagens de milho mais tolerantes à competição que outras, quando plantadas com a soja.

Pretendeu-se com este trabalho avaliar alguns sistemas de plantio de milho e feijão, através dos componentes da produção.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Viçosa, em solo classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo Cámbico, fase terraço, de textura argilo-arenosa.

Os tratamentos foram distribuídos no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram utilizados o milho híbrido 'Ag-403', de porte anão, e o feijão 'Ricobaio 1014', de crescimento indeterminado e ereto (tipo II) (17).

Milho e feijão foram plantados nos sistemas exclusivo e associado, tendo a leguminosa sido plantada no período da «seca» e das «água». Os sistemas de semeadura foram: milho exclusivo (ME), feijão exclusivo (FE), milho e feijão em faixas alternadas (MFF), milho e feijão intercalar (MFI) e intercalar de substituição (FS).

Milho Exclusivo (ME) — plantio de milho em fileiras espaçadas de um metro, com 0,25 m entre as plantas dentro da fileira. *Feijão Exclusivo (FE)* — plantio de feijão em fileiras distanciadas de 0,50 m, com 0,10 m entre as plantas na fileira. *Milho e Feijão em Faixas Alternadas (MFF)* — plantio alternado de duas linhas de milho e quatro de feijão, espaçadas de 0,50 m. Nesse sistema, a distribuição das plantas de milho e feijão na fileira foi igual à dos respectivos sistemas exclusivos. O milho e o feijão, nesse sistema, são denominados MF e FF, respectivamente. *Milho e Feijão Intercalar (MFI)* — plantio de milho no espaçamento de um metro entre fileiras, simultaneamente ao feijão das «água», este em duas fileiras intercaladas às do milho, espaçadas de 0,50 m e a 0,25 m das fileiras de milho. As distâncias entre as plantas de milho e feijão dentro da fileira foram de 0,25 m e 0,10 m, respectivamente. O milho e o feijão, nesse sistema, são denominados MI e FI, respectivamente. *Sistema Intercalar de Substituição (FS)* — plantio de feijão da «seca» nas entrelinhas do milho. Nesse sistema, o plantio do feijão foi feito quando as plantas de milho se encontravam na fase de maturação e a distribuição das fileiras de feijão, bem como a distância entre as plantas, foi semelhante à do sistema descrito anteriormente (MFI).

Foram aplicados por hectare 1.000 kg de fosfato de Araxá, com 6,71% de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico a 2%, na relação 1:1.000, e 30 kg de K₂O, incorporados ao solo por meio de gradagem. Os sulcos de feijão e milho foram adubados, usando-se a fórmula 30-30-10, com 16 e 32 g · m⁻¹, respectivamente. A adubação em cobertura do feijão e do milho foi feita aos 21 e 45 dias após a emergência das plantas, respectivamente, distribuindo-se 10 e 20 g de sulfato de amônio por metro de sulco.

O plantio do feijão da «seca» foi feito após limpeza da área e aração com microtrator das parcelas destinadas ao feijão exclusivo e em faixas alternadas ao milho. As parcelas destinadas ao feijão intercalar de substituição foram capinadas, para eliminação das ervas daninhas. Não foi realizada adubação no sulco de plantio. Entretanto, 20 dias após a emergência das plantas, fez-se uma adubação de cobertura, aplicando-se 10 g de sulfato de amônio por metro de sulco.

Analisaram-se os seguintes parâmetros:

Para o milho — produção de grãos: peso de 1.000 grãos secos; peso médio da espiga; rendimento de grãos na espiga; produção média de grãos · planta⁻¹; índice de colheita (H_i); índice de espiga; produção de palhada e número de plantas · ha⁻¹. *Para o feijão* — produção de grãos; peso médio de 100 grãos; produção de palhada; índice de colheita (H_i); número médio de vagens · planta⁻¹; número médio de grãos · vagem⁻¹; número de plantas · ha⁻¹ e peso de grãos · planta⁻¹. *Para o sistema de plantio*, o índice de equivalência de área (U).

O índice de colheita foi calculado pela fórmula $H_i = 100 W_g \cdot W_t^{-1}$, em que H_i representa o índice de colheita, W_g e W_t o peso dos grãos secos e o peso total seco obtido após secagem em estufa de circulação de ar forçada, a 70°C, até peso constante.

O índice de equivalência de área (U) foi calculado pela fórmula $U = Y_{MA} \cdot Y_{ME}^{-1} + Y_{FA} \cdot Y_{FE}^{-1}$, em que Y_{MA} e Y_{ME} representam os rendimentos do milho nos sistemas associado e exclusivo, respectivamente, e Y_{FA} e Y_{FE} os rendimentos do feijão das «águas» nesses sistemas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Milho

Os valores médios obtidos com a cultura do milho, nos três sistemas, estão no Quadro 1. A menor produção de grãos obtida no sistema em faixas alternadas resultou do menor número de plantas por hectare. A competição entre as plantas de milho e de feijão, no sistema intercalar, provocou redução na produção de grãos de milho, em relação ao sistema exclusivo. Vários autores verificaram a não-influência do feijão na produção de milho nos sistemas associados, no período das «águas», quando a população do feijão, por hectare, não ultrapassa 160 mil plantas (14, 18). Os resultados aqui encontrados, com a população de 200 mil plantas · ha⁻¹, evidenciam que o feijoeiro influenciou a produção de milho no sistema intercalar. O que mais contribuiu para o decréscimo na produção de grãos de milho foi o peso médio da espiga e o número de plantas · ha⁻¹.

O número de grãos · planta⁻¹ no sistema intercalar foi bem menor que nos dois outros.

Um dos períodos críticos no ciclo de vida do milho inicia-se, aproximadamente, duas semanas antes da emissão dos estilos-estigmas da espiga, continuando até duas a três semanas depois (16). A ocorrência de um estresse antes da emissão do estílo-estigma pode causar insuficiente desenvolvimento das espigas (16) e, após a polinização, limitar o tamanho ou provocar aborto de grãos (6). ARAÚJO *et alii* (4) verificaram que plantas de milho intercaladas com feijoeiros apresentaram menor acúmulo de matéria seca desde a fase inicial de crescimento, em relação ao milho plantado no sistema exclusivo. Acredita-se que a limitação ocorrida durante esse período inicial tenha sido efeito de fatores ambientais, principalmente luz. A deficiência nutricional representa uma possibilidade remota,

QUADRO 1 - Valores médios de produção de grãos e de outras características agronômicas do milho nos sistemas de plantio exclusivo (ME), intercalar (MI) e em faixas alternadas ao feijoeiro (MF)

| Características | Sistemas de plantio do milho | | | |
|------------------------------------|------------------------------|----|--------|----|
| | ME | MI | MF | |
| Produção de grãos (kg/ha) | 5731 | a | 4865 | b |
| peso de 1000 grãos (g) | 351,8 | a | 390,6 | a |
| Peso médio da espiga (g) | 169,1 | a | 139,6 | b |
| Rendimento de grãos na espiga (%) | 82,9 | a | 80,4 | a |
| Produção média de grãos/planta (g) | 140,4 | a | 121,4 | b |
| Número médio de grãos/planta | 396,0 | a | 315,6 | b |
| Índice de colheita (%) | 40,4 | a | 48,0 | a |
| Índice de espiga (%) | 1,02 | a | 1,00 | a |
| Produção de pahada (kg/ha) | 7190 | a | 4483 | ab |
| Número de plantas/ha | 40.825 | a | 40.002 | a |
| | | | 26.694 | b |

Em cada linha, as médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

apesar da sua influência sobre o número de grãos · espiga⁻¹, segundo Schereiber, citado por GAMBOA (9), uma vez que a quantidade de nutrientes aplicada no sulco de plantio é suficiente para garantir o desenvolvimento normal das plantas de milho e de feijão. Dentre as causas mais prováveis do menor crescimento inicial das plantas de milho no sistema intercalar, talvez a competição por luz tenha sido a mais importante. A maior velocidade de crescimento da leguminosa, sete dias antes da emergência do milho, fez com que os feijoeiros sombrassem a gramineia, prejudicando sua taxa assimilatória líquida inicial (3).

O número final de grãos é estabelecido antes do período do rápido incremento da matéria seca dos grãos (11). A produção de grãos deve, portanto, ser alterada durante esse período, devido a variações na taxa de acúmulo de matéria seca e, ou, na duração do período de enchimento de grãos (7, 11).

3.2. Feijão das «Águas»

No Quadro 2 estão os valores médios dos parâmetros estudados. A produção final de grãos foi prejudicada nos sistemas associados, sobretudo no sistema intercalar. Analisados em termos de peso de grãos · planta⁻¹, os sistemas exclusivos e em faixas alternadas equivalem-se. Isso quer dizer que a competição entre plantas de milho e feijão em faixas alternadas teve início num período que não trouxe grande prejuízo para a produção de grãos de feijão.

A diferença de produção entre sistemas exclusivos e em faixas alternadas foi devida à diferença no número de plantas de feijão · ha⁻¹, uma vez que as produções de grãos · planta⁻¹ não diferiram estatisticamente. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por outros autores (13, 15). THOMAS (15) verificou que a competição com o milho reduziu a produção do feijoeiro de 19,9 e 65,6%, nos sistemas em faixas alternadas e intercalar. No presente trabalho, o sistema intercalar apresentou produção de grãos de feijão equivalente a 45,7% do plantio em regime exclusivo, enquanto o de faixas alternadas correspondeu a 61% da produção do sistema exclusivo.

No sistema em faixas, além de a competição movida pelo milho iniciar-se mais tarde, suas características fazem com que a competição não seja tão intensa, como no sistema intercalar, porque as duas fileiras de feijão mais próximas do milho ficam a 0,50 m e as outras duas fileiras a 1,00 m, sofrendo, assim, pouca ou nenhuma competição do milho. O mesmo não acontece com o feijoeiro no sistema intercalar, em que suas fileiras ficam a 0,25 m das do milho, o que aumenta a pressão de competição interespecífica.

Houve diferença significativa entre os índices de colheita dos sistemas FI e FE, provocada pela menor produção de grãos do sistema intercalar, visto que as produções de palhada não diferiram estatisticamente.

O número de vagens · planta⁻¹ e o número de grãos · vagem⁻¹ foram os componentes de produção responsáveis pela menor produtividade do sistema intercalar, em relação ao exclusivo. Quanto ao sistema em faixas alternadas, o número de plantas · ha⁻¹ e o número de grãos · vagem⁻¹ foram os fatores que mais ocasionaram redução na produção final.

O número de vagens · planta⁻¹ e o número de grãos · vagem⁻¹ foram reduzidos no sistema intercalar pela competição por fatores ambientais entre plantas de feijão e milho. Como a competição interespecífica iniciou-se mais cedo, a produção de fotoassimilados e a mobilização de assimilados não foram suficientes para manter o bom crescimento das vagens e das sementes (3). Quanto ao sistema em faixas alternadas, o número de vagens · planta⁻¹ não foi prejudicado, apenas o

QUADRO 2 - Valores médios de produção de grãos e de outras características agronômicas do feijão das "água", nos sistemas de plantio exclusivo (FE), intercalar (FI) e em faixas alternadas (FF) ao milho

| Características | Sistemas de plantio do feijoeiro | | |
|-------------------------------|----------------------------------|-----------|-----------|
| | FE | FI | FF |
| Produção de grãos (kg/ha) | 1441 a | 659 c | 879 b |
| Peso médio de 100 grãos (g) | 15,9 a | 14,7 a | 16,4 a |
| Produção de palhada (kg/ha) | 1343 a | 1002 a | 1147 a |
| Índice de colheita (%) | 48,3 a | 36,4 b | 40,0 ab |
| Número médio de vagens/planta | 11,0 a | 7,3 b | 13,5 a |
| Número médio de grãos/vagem | 4,2 a | 3,5 b | 3,5 b |
| Número de plantas/ha | 200.104 a | 200.075 a | 133.396 b |
| Peso de grãos/planta (g) | 7,20 a | 3,29 b | 6,58 a |

Em cada linha, as médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

número de grãos · planta⁻¹. Como, neste caso, a competição com as plantas de milho estabeleceu-se mais tarde, supõe-se que seu efeito tenha sido apenas na formação dos grãos, provocando aborto ou enchimento deficiente dos óvulos fecundados.

Os índices de equivalência de área dos sistemas intercalar e em faixas alternadas foram de 1,31 e 1,32, respectivamente. Não diferiram estatisticamente entre si e mostraram a superioridade dos sistemas associados sobre o monocultivo.

3.3. Feijão da «Seca»

No Quadro 3 estão os valores médio dos parâmetros estudados. A produção final de grãos foi prejudicada nos sistemas associados, provavelmente pela competição por fatores ambientais. A diferença na produção de grãos entre os sistemas associados foi devida ao menor número de plantas · ha⁻¹ no sistema em faixas alternadas. Ao contrário do que ocorreu com o feijão das «água», a competição por luz nos sistemas associados diminuiu à medida que as plantas de feijão cresceram. Isto é, na «seca», a interceptação de luz é maior no início do estabelecimento das plantinhas de feijão, por causa da posição das folhas do milho, que tombam à medida que vão secando e quebrando pela ação dos ventos. No sistema em faixas alternadas, as fileiras de feijão adjacentes às de milho foram mais prejudicadas que as centrais, devido ao sombreamento, provocado pela elevada densidade de plantas de milho.

O peso de 100 grãos foi maior no sistema intercalar de substituição, talvez devido à menor taxa de senescência foliar. Este fenômeno pode ter sido a principal causa da produção de fotoassimilados por um período mais longo, o que, de certa forma, explica o maior peso do grão.

O número de vagens · planta⁻¹ foi menor no sistema intercalar de substituição, graças ao maior sombreamento imposto pelas plantas de milho, conforme se deduz do Quadro 3.

O peso de grãos · planta⁻¹ foi maior no sistema exclusivo, devido à sua maior produção de vagens, uma vez que não houve diferença no número de sementes · vagem⁻¹ entre os três sistemas.

Uma das razões do uso, pela maioria dos pequenos produtores rurais, do sistema de plantio intercalar de feijão na época de «seca» prende-se ao menor risco que a cultura corre diante da pequena precipitação pluvial característica desse período. A menor exposição do solo e das plantas de feijão aos raios solares, aliada, talvez, à menor movimentação do ar entre as plantas de milho, que cobrem a área, faz com que a perda de água seja menor. Essa situação pode ser fundamental, principalmente nos locais em que ocorre baixa precipitação pluvial ou veranico.

4. RESUMO

O experimento foi instalado em Viçosa, Minas Gerais, em um solo classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço. Os sistemas de cultivos estudados foram os exclusivos de milho e feijão no período das «água» e da «seca»; o intercalar de milho e feijão; o intercalar de substituição; e o sistema em faixas alternadas de milho e feijão.

A produção de grãos de milho nos sistemas associados foi inferior à do exclusivo. Na população de 200 mil plantas · ha⁻¹, os feijoeiros, no sistema intercalar, competiram com o milho, provocando-lhe redução na produção de grãos.

QUADRO 3 - Valores médios da produção de grãos e de outras características agronômicas do feijão da "seca", nos sistemas de plantio exclusivo (FE), intercalar de substituição (FI) e em faixas alternadas ao milho.

| Características | Sistemas de plantio do feijoeiro | | |
|---------------------------|----------------------------------|-----------|-----------|
| | FE | FI | FF |
| Produção de grãos (kg/ha) | 1.325 a | 757 b | 584 c |
| Peso de 100 grãos (g) | 19,00 b | 20,0 a | 18,3 b |
| Peso da palhada (kg/ha) | 1.153 a | 730 b | 496 c |
| Índice de colheita (%) | 50,0 a | 47,4 a | 50,6 a |
| Número de vagens/planta | 8,9 a | 6,0 b | 6,8 b |
| Peso de grãos/planta (g) | 6,6 a | 3,8 b | 4,4 b |
| Número de plantas/ha | 200.074 a | 200.148 a | 133.382 b |
| Número de sementes/vagem | 4,9 a | 4,2 a | 4,9 a |

Em cada linha, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Da mesma forma que o milho, a produção de grãos de feijão, tanto no período das «água» quanto no da «seca», nos sistemas associados, foi inferior à do exclusivo.

A redução da produção de grãos de feijão nos sistemas intercalar e intercalar de substituição foi devida ao menor número de vagens · planta⁻¹. No sistema em faixas alternadas, a produção de grãos do feijão plantado no período das «água» foi reduzida, por causa do menor número de plantas · ha⁻¹ e do menor número de grãos · vagem⁻¹. No período da «seca», além do menor número de plantas · ha⁻¹, o peso de grãos por planta contribuiu para a redução da produção de grãos.

5. SUMMARY

(YIELD AND YIELD COMPONENTS OF CORN AND BEAN IN ASSOCIATED AND SOLE CROPPING)

A field experiment was conducted in a Red-Yellow Podzol, terrace phase, in Viçosa, Minas Gerais, Brazil. The planting systems tested were corn and bean in sole, cropping row intercropping, strip intercropping, and relay intercropping. The bean was planted in rainy and dry periods. Corn grain yield in associate systems was smaller than in sole cropping. In the row intercropping system, high bean plant population (200,000 plants · ha⁻¹) reduced corn yield. Similarly, there was a reduction of bean yield in associate cropping systems, in both planting periods. The reduction of the bean yield in the row and relay intercropping systems was due to smaller pod number per plant and seeds per pod, while in the strip intercropping system the yield of the bean planted in the rainy period was reduced because of the smaller number of plants per hectare and seeds per pod. However, in the dry period, the bean yield was reduced owing to the smaller number of plants per hectare and lesser grain weight per plant.

6. LITERATURA CITADA

1. AIDAR, H. & VIEIRA, C. Cultura associada de feijão e milho. III — Efeitos de populações de plantas sobre o feijão da «seca». *Rev. Ceres*, 26:465-473. 1979.
2. AIDAR, H.; VIEIRA, C.; OLIVEIRA, L.M. & VIEIRA, M. Cultura de feijão e milho. II — Efeitos de populações de plantas no sistema de plantio simultâneo de ambas as culturas. *Rev. Ceres*, 26:102-111. 1979.
3. ARAÚJO, G.A. de A. Crescimento de plantas e conversão da energia solar em sistemas de cultivos associados e exclusivos de milho e feijão. Viçosa, UFV, 1983. 129 p. (Tese D.S.)
4. ARAÚJO, G.A. de A.; FONTES, L.A.N.; LOPES, N.F.; GALVÃO, J.D. & SEDIYAMA, G.C. Crescimento de plantas e conversão de energia solar em sistemas de cultivos associados e exclusivos de milho e feijão. I — Análise de crescimento e conversão de energia solar e milho. *Rev. Ceres*, 32:412-434. 1985.

5. CROOKSTON, R.K. & HILL, D.S. Grain yields and land equivalent ratios from intercropping corn and soybeans in Minnesota. *Agron. Journal*, 71:41-44. 1979.
6. DAYNARD, T.R. & DUCAN, W.G. The black layer and grain maturity in corn. *Crop Sci.*, 9:473-476. 1969.
7. DAYNARD, T.R.; TANNER, J.W. & DUCAN, W.G. Duration of the grain filling period and its relation to grain yield in corn *Zea mays L.* *Crop Sci.*, 11: 45-48. 1971.
8. FONTES, L.A.N.; GALVÃO, J.D. & COUTO, W.S. Estudo de sistemas culturais de milho e feijão, no município de Viçosa, Minas Gerais, *Rev. Ceres*, 23: 484-496. 1976.
9. GAMBOA, A. *Fertilización — Rendimientos elevados*. Piracicaba, Instituto Internacional de la Potassa, 1980, 72 p. Boletim II.
10. HART, R.D. A bean, corn and manioc policulture cropping system. II. A comparison between the yield and economic return from monoculture and polyculture cropping systems. *Turrialba*, 25:377-384, 1975.
11. JONHSON, D.R. & TANNER, J.W. Calculation of the rate and durations of grain filling in corn. *Crop Sci.*, 12:485-486. 1972.
12. SANTA CECÍLIA, F.C. *Comportamento de variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) de diferentes hábitos de crescimento cultivados em associação com o milho*. Viçosa, UFV, 1977. 80 p. (Tese de D.S.).
13. SERPA, J.E.; FONTES, L.A.N.; GALVÃO, J.D. & CONDÉ, A.R. Comportamento do milho e do feijão em culturas exclusivas, consorciadas e em faixas alternadas. *Rev. Ceres*, 28:236-252. 1981.
14. SOUZA FILHO, B.F. & ANDRADE, M.J.B. de. *Influência de diferentes populações de plantas no consórcio milho e feijão*. Niterói, Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro, 1982. 4 p.
15. THOMAS, J.C. *Sistemas culturais milho-feijão: comportamento de três sistemas de cultivos associados em diferentes densidades de plantio de milho*. Viçosa, UFV, 1979. 55 p. (Tese M.S.).
16. TOLLENAAR, M. Sink-source relationships during reproductive development in maize. A. Review. *Maydica* 22:49-75. 1977.
17. VIEIRA, C. Novo cultivar de feijão: Ricobaio 1014. *Rev. Ceres*, 24:212-215. 1977.
18. VIEIRA, C.; AIDAR, H. & VIEIRA, F.F. População de plantas de milho e de feijão no sistema de cultura consorciada, utilizada na Zona da Mata de Minas Gerais. *Rev. Ceres*, 22:282-290. 1975.